

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Escuela de Ingeniería en Electrónica**



**Diseño de un sistema de supervisión remota para equipos de climatización en centrales telefónicas y nodos IP.**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

**Juan Pablo Pérez Figueroa**

**Cartago, Diciembre de 2007**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

TRIBUNAL EVALUADOR

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal



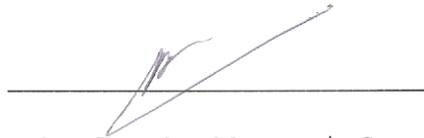
Ing. Adolfo Chávez Jiménez.

Profesor lector



Ing. Anibal Coto Cortés.

Profesor lector



Ing. Faustino Montes de Oca  
Murillo.

Profesor asesor



Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

Cartago , 05 de Diciembre 2007

## Declaración de Autenticidad

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, Diciembre 2007

  
Firma del autor

Juan Pablo Pérez Figueroa

Céd: 1-1155-0380

## Resumen

El área de las comunicaciones eléctricas del Instituto Costarricense de Electricidad cuenta con equipo digital especializado en telefonía y servicios de internet tanto para servicios fijos, móviles y comunicaciones de datos.

El equipo utilizado para transferir las señales de voz posee un elevado precio, por este motivo requiere un mantenimiento estricto, constante y principalmente de un ambiente sumamente controlado.

Si ocurre un desperfecto en los equipos de control ambiental, y el personal técnico no se encuentra en el lugar en el instante del evento, las centrales telefónicas y nodos IP, corren el riesgo de daños, ya que no contarían con un ambiente adecuado.

Mediante la aplicación de la electrónica se elaborara una interfaz compatible con el protocolo de comunicación MODBUS, que permita la recolección de alarmas y señales de funcionamiento, así como las mediciones de temperatura y humedad relativa de las centrales telefónicas y nodos IP. De la mano de esta interfaz se realizo un programa de supervisión remota que corrobore el estado de todos los sistemas de climatización y en caso de alarma se envíen de forma automática notificaciones de avería, vía correo electrónico y mensajería corta a celular SMS a los encargados de los sistemas de aires acondicionados. Lo cual permitiría una solución más rápida y certera en caso de una eventual falla.

Palabras Clave: Equipos de control ambiental, MODBUS, SMS, centrales telefónicas, nodos IP.

## Abstract

The area of electric communications of Instituto Costarricense de Electricidad, account with specialize digital equipment such as telephones as Internet services like stationary services, cellular, and dates communications.

The equipment that used to transfer the voice signals have a high price, therefore it requires a strict maintenance, constant, and especially with hard control in the environment.

If the equipments of environment control suffers any damage, and the technicians aren't there at that moment, the telephone centrals and the IP nodes, could not function because they don't have a special place.

Hopefully, with Electronics it could elaborate a compatible interface with MODBUS Protocol of communication that allows the recollection of functioning signals and alarms, like temperature and the relative moisture measures of the IP nodes and telephone centrals. With this interface, it was implemented a remote supervision program which corroborates the climates systems and in case of alarm it would send automatically damage notifications by e-mails and short cellular Messenger SMS to the people in charge of the air-conditionings. It could allow a fast and accurate in eventual damages.

Keywords: Environment control systems, MODBUS, SMS, telephone centrals, IP nodes.

## Dedicatoria

A mi hermana Gabriela Yadira Pérez Figueroa.

Gracias porque en vida siempre me diste lo mejor de ti

Le brindo todo mi esfuerzo y dedicación

En la conclusión de mi carrera universitaria,

Siempre te recordare te amo y lo seguiré haciendo.

## Agradecimiento

A mis padres Yadira Figueroa Rivera, Luis Gerardo Pérez Herra

A mi hermano Luis Gerardo Pérez Figueroa, por su apoyo

incondicional en todos los momentos de mi vida.

## Índice General

Capítulo 1: Introducción. ....	12
1.1 Problema existente e importancia de su solución .....	12
1.2 Solución seleccionada .....	13
Capítulo 2: Meta y Objetivos .....	15
2.1 Meta.....	15
2.2 Objetivo general.....	15
2.3 Objetivos específicos.....	16
Capítulo 3: Marco teórico .....	18
3.1 Descripción del sistema o proceso a mejorar.....	18
3.1.2 Sistemas de Climatización en centrales telefónicas y nodos IP. ....	18
3.1.3 Equipos de climatización industrial Liebert System Deluxe/3. ....	18
3.2 Antecedentes Bibliográficos .....	19
3.3 Descripción de los principales principios físicos y/o electrónicos relacionados con la solución del problema .....	20
3.3.1 Conexión Serial RS-485.....	20
3.3.2 Protocolo de comunicación MODBUS .....	21
3.3.3 Servidor WEB.....	25
3.3.4 Modelo OSI. ....	26
3.3.5 Puertos de la capa de transporte. ....	28
3.3.6 NAT (Traducción de Dirección de Red). ....	28
Capítulo 4: Procedimiento metodológico. ....	30
4.1 Reconocimiento y definición del problema. ....	30
4.2 Obtención y análisis de información. ....	31
4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución. ....	31
4.4 Implementación de la solución .....	34
4.5 Reevaluación y rediseño. ....	35
Capítulo 5: Descripción detallada de la solución .....	37
5.1 Análisis de soluciones y selección final.....	37

5.2.	Descripción del hardware. ....	38
5.2.1	Fuente de Alimentación Regulada. ....	38
5.2.2	Recolección de alarmas y señales de funcionamiento. ....	39
5.2.3	Sensor de Temperatura y Humedad Relativa. ....	41
5.2.4	Comunicación implementada. ....	42
5.2.5	Procesamiento de datos. ....	44
5.3.	Descripción del software ....	47
5.3.1	Programación del microcontrolador ....	47
5.3.2	Programación de Software. ....	52
Capítulo 6:	Análisis de Resultados ....	58
Capítulo 7:	Conclusiones y recomendaciones ....	74
7.1	Conclusiones. ....	74
7.2	Recomendaciones. ....	75
Capítulo 8:	Bibliografía ....	76
Apéndices	.....	78
A.1	Glosario ....	78
A.2	Manual de usuario ....	79
A.2.1	Manual de interfaz electrónica. ....	79
A.2.2	Manual de Programa de Supervisión Remota. ....	83
A.2.3	Manual de utilización de Página WEB. ....	88
Anexos	.....	90
1.	Configuración de Dispositivo Lantronix UDS-1100 IAP. ....	90
2.	Configuración de CPE ....	94
2.	Diseño del circuito Impreso. ....	96

## Índice de Figuras.

<b>Figura 1</b>	Diagrama de bloques de la solución implementada.....	14
<b>Figura 2</b>	Esquema de principio del Enlace RS-485.....	20
<b>Figura 3</b>	Tipos de codificaciones según el protocolo MODBUS.....	22
<b>Figura 4</b>	Estructura del mensaje de error según el protocolo MODBUS.....	24
<b>Figura 5</b>	Conexión realizada para análisis del protocolo.....	33
<b>Figura 6</b>	Etapa de Regulación de voltaje.....	38
<b>Figura 7</b>	Amplificadores en configuración Seguidos de Tensión.....	40
<b>Figura 8</b>	Diagrama interno del sensor SHT11.....	41
<b>Figura 9</b>	Conexión Típica del sensor SENSIRION SHT11 con un microcontrolador.....	42
<b>Figura 10</b>	Conexión de transceiver SN75176A.....	44
<b>Figura 11</b>	Conexión del Microcontrolador.....	45
<b>Figura 12</b>	Esquema principal de la programación del microcontrolador.....	47
<b>Figura 13</b>	Rutina de chequeo de mensajes MODBUS.....	48
<b>Figura 14</b>	Diagrama de subrutina.....	49
<b>Figura 15</b>	Adquisición de Datos de las alarmas y señales de funcionamiento en los sistemas de Acondicionamiento Liebert Deluxe System/3.....	50
<b>Figura 16</b>	Secuencia de reinicio para el sensor SHT11.....	51
<b>Figura 17</b>	Muestra de la trama para tomar muestra de información del sensor SHT11.....	52
<b>Figura 18</b>	Diagrama de bloques para el software generado.....	56
<b>Figura 19</b>	Conexión del convertidor de puerto RS-485 a RS-232.....	59
<b>Figura 20</b>	Muestra de las pruebas realizada mediante el software.....	60
<b>Figura 21</b>	Resultados obtenidos mediante la utilización del programa MODBUS TESTER.....	61
<b>Figura 22</b>	Espía de comunicación del programa MODBUS TESTER.....	63
<b>Figura 23</b>	Tiempo de respuesta del microcontrolador ante una petición MODBUS.....	64
<b>Figura 24</b>	Dispositivo mediador.....	65
<b>Figura 25</b>	Menú principal del programa de supervisión.....	66
<b>Figura 26</b>	Agregar Localidad.....	67
<b>Figura 27</b>	Ejemplo al agregar la localidad Sn Fco. Dos Ríos.....	67
<b>Figura 28</b>	Inspección de Localidad.....	68
<b>Figura 29</b>	Configuración de alarmas y reinicio de sensor.....	69
<b>Figura 30</b>	Visualización de una alarma desactivada.....	70
<b>Figura 31</b>	Configuración de Notificaciones.....	71
<b>Figura 32</b>	Envío de Notificación de error vía correo electrónico.....	72
<b>Figura 33</b>	Envío de Notificación de error vía mensajería SMS.....	72

<b>Figura 34</b>	Página Web con información de los equipos de control ambiental. ....	73
<b>Figura A.1</b>	Interfaz electrónica principal. ....	79
<b>Figura A.2</b>	Conexión del control de Aires Acondicionados con la tarjeta de adquisición de datos. ....	81
<b>Figura A.3</b>	Modulo Secundario.....	82
<b>Figura A.4</b>	Menú principal del programa de supervisión. ....	83
<b>Figura A.5</b>	Configuración de Notificaciones. ....	84
<b>Figura A.6</b>	Agregar Localidad. ....	85
<b>Figura A.7</b>	Descripción de función modo Automático. ....	86
<b>Figura A.8</b>	Inspección de Localidad (modo manual). ....	87
<b>Figura A.9</b>	Configuración de alarmas y reinicio de sensor. ....	88
<b>Figura A.10</b>	Ingreso a Pagina Web. ....	88
<b>Figura A.11</b>	Página Web con información de los equipos de control ambiental. ....	89
<b>Figura AN1</b>	Configuración de Lantronix mediante DEVICEINSTALLER.....	90
<b>Figura AN2</b>	Página de configuración principal de Lantronix. ....	91
<b>Figura AN3</b>	Configuración de red. ....	92
<b>Figura AN4</b>	Configuración de comunicación serie.....	92
<b>Figura AN5</b>	Configuración de protocolo y puerto a utilizar.....	93
<b>Figura AN6</b>	Página principal de configuración de CPE. ....	95
<b>Figura AN7</b>	Selección de dirección IP y categoría. ....	95
<b>Figura AN8</b>	Creación de reglas.....	95
<b>Figura AN9</b>	Diseño del circuito impreso mediante el programa Protel DXP. ....	97

## Índice de Tablas.

<b>Tabla 1</b>	Funciones básicas y códigos de operación.....	23
<b>Tabla 2</b>	Comparación de diversos protocolos de capa física.....	43
<b>Tabla 3</b>	Diagnostico de Fallas según indicadores visuales.....	46
<b>Tabla 4</b>	Subconjunto de funciones MODBUS utilizadas. ....	49
<b>Tabla 5</b>	Señales digitales y descripción de las mismas. ....	50
<b>Tabla 6</b>	Códigos de las señales de alarmas. ....	51
<b>Tabla 7</b>	Mediciones de los amplificadores operacionales en modo seguidor de tensión.....	58
<b>Tabla AN1</b>	Reglas a configurar en el CPE. ....	96

## Capítulo 1: Introducción.

En este capítulo se describen brevemente las principales características del problema a resolver, así como detalles importantes que se utilizaron en la solución del mismo.

### 1.1 Problema existente e importancia de su solución

El departamento de gestión y mantenimiento de Red del Instituto Costarricense de Electricidad se encarga de velar por el adecuado funcionamiento de diferentes equipos utilizados en las centrales telefónicas entre ellos: Plantas de Emergencia, Sistemas de Alimentación ininterrumpida (UPS), Bancos de Baterías, Sistemas de Rectificación de Voltaje, además de sistemas de agua helada y Aires Acondicionado. Una de las funciones del departamento de gestión es dar un mantenimiento adecuado a las unidades antes mencionadas, actualmente esta unidad funcional se encuentra desarrollando un sistema de gestión de alarmas que consiste en integrar todos los equipos de forma remota para poder supervisarlos y tomar acciones en caso de fallas. Los sistemas de climatización ambiental en las centrales telefónicas son en su mayoría de la marca Liebert modelo Deluxe System/3, estos equipos son los encargados de mantener una temperatura y humedad relativa controlada para los equipos de telecomunicaciones, de ahí la importancia de su adecuado funcionamiento. Para estos equipos de climatización se vende una solución de supervisión remota pero esta tiene la desventaja de poseer un alto costo, razón por la cual el Instituto Costarricense de Electricidad requirió de una alternativa funcional para la supervisión de los equipos. Una adecuada implementación de la supervisión remota compatible con las unidades de transmisión remota con que cuenta la institución, permitirá reducir las pérdidas económicas producidas por fallas en los equipos de climatización, reducir el tiempo de atención de las averías presentes en las centrales telefónicas y contar con un historial de fallas relativas a los sistemas de climatización.

## 1.2 Solución seleccionada

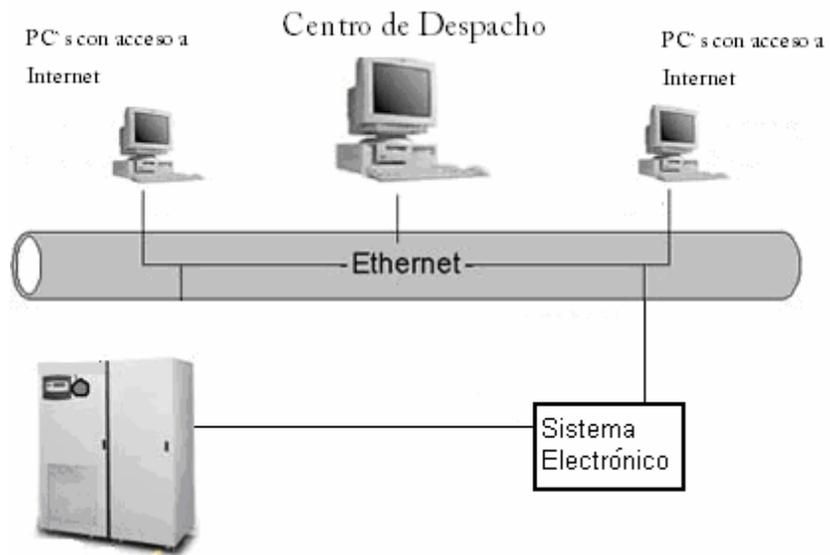
Dentro de los requerimientos enumerados por la empresa, se solicitó que el sistema de supervisión fuera realizado bajo el protocolo de comunicación industrial MODBUS, este es un protocolo de intercambio de información creado por la empresa MODICOM y su uso es abierto. Otro de los requerimientos de la empresa fue el envío de mensajería vía correo electrónico y mensajería corta SMS, en caso de fallo de una unidad de aire acondicionado, además de la creación de una página web instalada en las centrales telefónicas, en donde el personal a cargo pueda acceder la información relativa a los sistemas de climatización.

En la figura 1 se muestra un diagrama de bloques mostrando la solución planteada, en esta se puede observar la computadora principal (ubicada en el centro de despacho<sup>1</sup>) esta máquina se encarga de ejecutar el programa principal realizado en Visual Basic las 24 horas del día y en caso de que alguno de los equipos de control ambiental de las centrales telefónicas del país falle, envíe las notificaciones respectivas. Las otras computadoras en el diagrama simbolizan computadoras de escritorio que mediante el acceso a Internet podrán ver las condiciones actuales de los sistemas de climatización.

Lo anterior, es sumamente útil en caso de que un sistema se alarme en horas no laborales, con ello los encargados de los sistemas de aires acondicionados recibirán la notificación y podrán acceder a la localidad remotamente desde cualquier sitio con acceso a internet y verificar el tipo de falla que aconteció y a su vez podrá verificar si la falla es temporal o requiere atención inmediata.

---

<sup>1</sup> Centro de despacho = Sección del departamento encargada del reporte de averías.



**Figura 1** Diagrama de bloques de la solución implementada.

## Capítulo 2: Meta y Objetivos

### 2.1 Meta

Permitir que el ICE cuente con una herramienta de supervisión para sistemas de climatización, facilitando con ello la atención pronta de fallas por parte del personal técnico encargado, garantizando así que las centrales telefónicas y nodos IP cuenten con niveles adecuados de operación y así evitar daños en los equipos de telecomunicaciones.

**Indicador:** Garantizar una herramienta de supervisión de los equipos de climatización instalados en las centrales telefónicas y nodos IP obteniendo con ello una reducción en los tiempos de atención de averías para los equipos de acondicionamiento ambiental.

### 2.2 Objetivo general

Diseñar un sistema de supervisión de los sistemas de acondicionamiento para las centrales telefónicas y nodos IP del Instituto Costarricense de Electricidad, con el fin de contar con un eficiente sistema de supervisión remota, capaz de enviar alarmas da fallo mediante correos electrónicos y mensajes cortos a celular.

**Indicador:** Comunicación de alarmas e indicaciones de los equipos de aires acondicionados ubicados en las centrales telefónicas con una terminal remota con conexión a Internet, envío de correos electrónicos y mensajes cortos a celular, como respuesta a una falla.

## 2.3 Objetivos específicos

1. Determinar un método funcional que permita la transmisión de indicadores, alarmas y condiciones ambientales de los equipos de control ambiental Liebert Deluxe System/3.

**Indicador:** Método confiable para la recopilación de alarmas e indicadores en los equipos de refrigeración en las centrales telefónicas y nodos IP.

2. Desarrollar un sistema para la recolección y transmisión de variables tales como alarmas y datos, hacia una unidad remota mediante la utilización del protocolo de comunicaciones MODBUS.

**Indicador:** Transmisión confiable de datos mediante la utilización del protocolo MODBUS RTU.

3. Desarrollar un programa de cómputo enlazado a la red Internet que permita la supervisión de los equipos de aires acondicionados de forma automática.

**Indicador:** Programa con interfaz gráfica, que permita al usuario analizar las condiciones de operación de los aires acondicionados.

4. Implementar un sistema de mensajería que permita la transmisión de alertas en los sistemas de climatización, al personal encargado del mantenimiento. Mediante el sistema de correo electrónico y mensajes cortos SMS al celular.

**Indicador:** Transmisión de alarmas mediante el envío de mensajes cortos a celular y correos electrónicos al personal encargado.

5. Creación de una aplicación Web para que el personal técnico pueda supervisar el equipo de climatización desde cualquier dispositivo compatible con TCP/IP.

**Indicador:** Implementación de una aplicación WEB, que permita la visualización de alarmas e indicadores desde cualquier dispositivo compatible con TCP/IP.

## Capítulo 3: Marco teórico

En este capítulo se resumen las características principales de los equipos utilizados, a su vez también se da una descripción de los métodos utilizados para la recopilación de la información importante para el desarrollo de la solución. Además de explicar en detalle diversos principios electrónicos utilizados en la solución del problema

### 3.1 Descripción del sistema o proceso a mejorar.

#### 3.1.2 Sistemas de Climatización en centrales telefónicas y nodos IP.

El Instituto Costarricense de Electricidad cuenta con equipo digital especializado en telefonía y servicios de internet tanto para servicios fijos, móviles y comunicaciones de datos.

#### 3.1.3 Equipos de climatización industrial Liebert System Deluxe/3.

Los sistemas de control ambiental Liebert modelo System Deluxe /3 fueron diseñados para mantener las condiciones de temperatura y humedad controlados mediante la utilización de un control inteligente de lógica difusa. Su diseño permite el funcionamiento las 24 horas del día los 365 días del año en localidades que cuenten con equipo electrónico sensible<sup>2</sup>.

Los equipos modelo System Deluxe /3 cuentan con un control de temperatura que permite estabilizar la alta densidad de la carga de calor que se genera en salas de equipos electrónicos especializados, manteniendo un entorno estable. Dado a que los equipos en estas salas pueden generar grandes cantidades de calor en áreas pequeñas, aproximadamente de seis a diez veces la densidad de calor normal de espacio de oficinas. Un sistema de refrigeración no puede sobrellevar estas cargas, en cambio los sistemas de climatización industrial Liebert mantienen el entorno estable con una gran precisión.

Todo equipo electrónico especializado debe ser protegido de la condensación interna y factores como las descarga de electricidad estática.

---

<sup>2</sup> Referencia: Technical Data Deluxe System/3.

Mantener el nivel de humedad en las localidades es tan importante como el mantenimiento adecuado de la temperatura. Un alto nivel de humedad puede provocar la condensación dentro de los equipos electrónicos y con ello un daño potencial para el hardware. En cambio si la humedad es demasiado baja, la electricidad estática puede perturbar el funcionamiento de los equipos o inclusive generar fallos en el sistema. Por esta razón los sistemas de control ambiental consideran como variables importantes estos aspectos y los regulan de una forma óptima en sus equipos de climatización Liebert Deluxe System /3.

Los sistemas de climatización objeto de estudio, poseen un panel de indicaciones de estado (Calentamiento, Enfriamiento, Humidificación y Deshumidificación) y alarmas (Alta y baja Temperatura, Alta y baja humedad, cambio de filtro de aire, pérdida de flujo, alta presión de calentamiento y una alarma local), en el sitio en donde se encuentran instalados. Estos indicadores permiten conocer, el estado y funcionamiento del equipo, y a su vez la presencia de alarmas permite saber si se presenta algún problema o si las unidades requieren mantenimiento.

### **3.2 Antecedentes Bibliográficos**

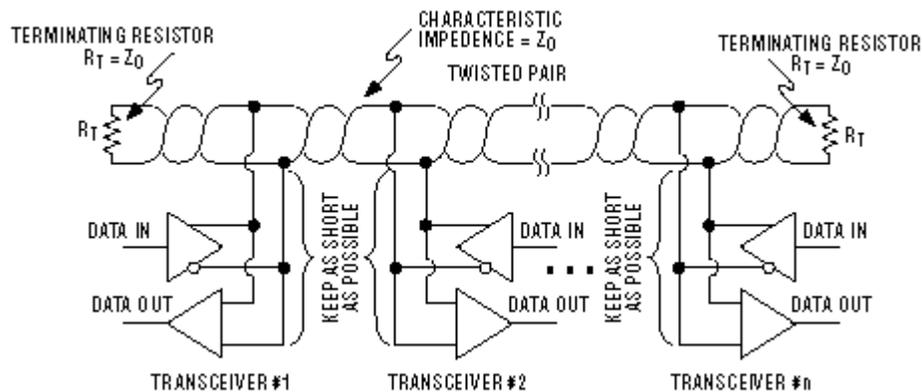
Como fuente fundamental de información se utilizaron diversos libros, acerca del protocolo de comunicación MODBUS y sus variantes, estos aspectos fueron fundamentales para la selección adecuada del protocolo de comunicación MODBUS RTU. La utilización de libros de programación de alto nivel en el lenguaje Visual Basic, fue de gran ayuda para la creación de un programa de interfaz gráfica compatible con el sistema operativo Windows. Otra fuente utilizada en gran escala en el presente trabajo fueron las Hojas de Datos de los componentes y equipos utilizados (Aires Acondicionados, Microcontrolador, Transductores, Amplificadores Operacionales, Mediadores de Red) lo cual permitió analizar las características eléctricas, conexiones, recomendaciones del fabricante y configuraciones. El uso de internet fue de gran ayuda para la búsqueda de mecanismos y técnicas para la transmisión de datos utilizando

diversos protocolos. Por otra parte la ayuda de ingenieros del ICE fue vital en aspectos técnicos como: el funcionamiento de la red interna, el servidor de correo electrónico Microsoft Exchange y las configuraciones necesarias para el envío de alertas vía correo electrónico y mensajería corta a celular SMS.

### 3.3 Descripción de los principales principios físicos y/o electrónicos relacionados con la solución del problema

#### 3.3.1 Conexión Serial RS-485

Se trata de un protocolo de comunicaciones a nivel de capa física del modelo OSI, en donde se emplea únicamente un par trenzado (en la configuración de 2 hilos), para una transmisión tipo semi-duplex en donde sólo se permite utilizar una única línea de transmisión para transmitir y recibir datos, se requiere un software de control ubicado en la capa 2 del modelo OSI enlace de datos, con la función de conmutar la línea, en caso de que se requiera transmitir o recibir información<sup>3</sup>. El esquema de principio del enlace puede verse en la Figura 2.



**Figura 2** Esquema de principio del Enlace RS-485<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Referencia: Autómatas Programables.

<sup>4</sup> Figura tomada de: [http://www.bb-elec.com/tech\\_articles/rs422\\_485\\_app\\_note/overview.asp#top](http://www.bb-elec.com/tech_articles/rs422_485_app_note/overview.asp#top).

El protocolo es ideal para transmitir información a altas velocidades, pero la velocidad es afectada directamente con la distancia, ejemplo de ello es que se logran velocidades de hasta 35 Mbps a 10 metros de distancia y 100Kbps a 1200 metros de distancia. El medio físico de transmisión admite hasta 32 estaciones conectadas al mismo par trenzado. Tal y como lo muestra la figura anterior es necesario la colocación de resistencias de terminación en los nodos externos de la red de un valor de  $150\Omega$ .

Los datos se transmiten sin relación de masa, se utiliza una transmisión serial tipo diferencia la cual consiste en la diferencia de tensión entre las dos líneas del par trenzado. Se utiliza una línea invertida y otra no invertida. La línea invertida se caracteriza generalmente por el índice "A" o "-" a diferencia de la línea no invertida lleva "B" o "+". Para lo cual el receptor evalúa únicamente la diferencia de tensión entre ambas líneas de la siguiente forma:

$$A - B < -0,3V = \text{Nivel lógico 1}$$

$$A - B > +0,3V = \text{Nivel lógico 0}$$

Esta característica permite hacer que la información no sea tan susceptible a perturbaciones externas como señales eléctricas que pudieran alterar los datos, por estas características este protocolo es ampliamente utilizado en la industria.

### 3.3.2 Protocolo de comunicación MODBUS

MODBUS es un protocolo de comunicaciones desarrollado en 1979 por Modicon correspondiente a una marca registrada por GOULD INC, para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Se convirtió en un protocolo de comunicaciones estándar en la industria por su fácil implementación, acceso

abierto, requerir poco desarrollo, además de manejar bloques de datos sin suponer restricciones<sup>5</sup>.

La estructura lógica de este protocolo es del tipo maestro-esclavo con acceso al medio controlado por maestro, el número máximo de estaciones es de 63 esclavos mas una estación maestra, pero se restringe al medio físico utilizado los cuales pueden ser diversos entre ellos: RS-232, RS-485, fibra óptica, RS-422, BC 0-20mA. Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos los cuales se detallan a continuación:

- Punto a punto: este tipo de intercambio de información se da una demanda el maestro y el esclavo responde la consulta, este tipo de mensaje puede ser de reconocimiento.
- Mensaje difundido: En estos mensajes solo el maestro se comunica con todos los dispositivos esclavos sin esperar respuesta por esto se le llama comunicación unidireccional. La función de estos mensajes generalmente es el envío de información de configuración y reset de estaciones esclavas.

### Características del Protocolo

Existen dos tipos de codificación de datos dentro de la trama MODBUS, la primera es ASCII o puramente binario y la segunda estándar RTU (Unidad de transmisión remota) de acuerdo a sus siglas en el idioma Ingles ver figura 3.



**Figura 3** Tipos de codificaciones según el protocolo MODBUS.

<sup>5</sup> Referencia: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%207.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%207.pdf)

En ambos casos cada mensaje obedece a una trama que contiene cuatro campos principales los cuales son:

- Número de Esclavo: el tamaño de este mensaje es de 1 byte, como se mencionó anteriormente permite direccionar hasta 63 dispositivos esclavos, con rango de direcciones que van del 0x01h hasta 0x3Fh, el numero 0x00h se reserva para mensajes difundidos.
- Código de Función: De igual forma que el número de esclavo el tamaño de este mensaje es de 1 byte. Cada función permite al maestro transmitir datos u órdenes a los esclavos, pero existen 2 diferentes tipos de órdenes:
  - Órdenes de lectura/escritura: generalmente se usan para manipular los datos en los registros o en la memoria de los diferentes esclavos.
  - Órdenes de control del esclavo

En la tabla 1 se muestran la lista de funciones MODBUS con sus respectivos códigos de operación.

Función	Código	Tarea
0	00 <sub>H</sub>	Control de estaciones esclavas
1	01 <sub>H</sub>	Lectura de <i>n</i> bits de salida o internos
2	02 <sub>H</sub>	Lectura de <i>n</i> bits de entradas
3	03 <sub>H</sub>	Lectura de <i>n</i> palabras de salidas o internos
4	04 <sub>H</sub>	Lectura de <i>n</i> palabras de entradas
5	05 <sub>H</sub>	Escritura de un bit
6	06 <sub>H</sub>	Escritura de una palabra
7	07 <sub>H</sub>	Lectura rápida de 8 bits
8	08 <sub>H</sub>	Control de contadores de diagnósticos número 1 a 8
9	09 <sub>H</sub>	No utilizado
10	0A <sub>H</sub>	No utilizado
11	0B <sub>H</sub>	Control del contador de diagnósticos número 9
12	0C <sub>H</sub>	No utilizado
13	0D <sub>H</sub>	No utilizado
14	0E <sub>H</sub>	No utilizado
15	0F <sub>H</sub>	Escritura de <i>n</i> bits
16	10 <sub>H</sub>	Escritura de <i>n</i> palabras

**Tabla 1** Funciones básicas y códigos de operación<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Tabla tomada del sitio web:

<[http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_Application\\_Protocol\\_V1\\_1a.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1a.pdf)

- Campo de Sub funciones: esta trama es de tamaño variable y depende del código de función utilizado, se emplea para ejecutar la instrucción indicada en el código de función
- Palabra de control de errores: de longitud de datos de 2 bytes este mensaje se encarga de verificar la concordancia de los datos mediante un algoritmo de suma o algoritmos polinomiales por sus siglas en inglés significa chequeo de redundancia cíclica.

En caso de que el dispositivo MODBUS no pueda responder un mensaje por peticiones inválidas se enviará un mensaje de respuesta al dispositivo maestro respondiendo, el por qué no pudo responder la trama solicitada de acuerdo con el mensaje de la figura 4.

Nº Esclavo (00-3F <sub>H</sub> )	Código Función	Código Error	CRC H L
--	-------------------	-----------------	------------

**Figura 4** Estructura del mensaje de error según el protocolo MODBUS.

El código de función es el mismo que el dispositivo maestro envió en la solicitud de información, en cambio el código de error el esclavo responde el motivo por el cual no se respondió el mensaje. Se enumeran a continuación los errores MODBUS:

1. Código de Función Erróneo.
2. Dirección incorrecta.
3. Datos Incorrectos.
6. Autómata Ocupado.

### 3.3.3 Servidor WEB.

Se llama servidor WEB<sup>7</sup> a un programa que implementa el protocolo HTTP (protocolo de transferencia de hipertexto por sus siglas en inglés). Este protocolo fue diseñado para transferir: páginas web o HTML este último permite el uso de textos complejos, formularios, botones, animaciones entre otros.

La función de un servidor web es esperar peticiones de clientes mediante el protocolo HTTP, lo que generalmente se conoce como navegador. El navegador genera una solicitud al servidor WEB y este le responde con la información que el cliente solicitó. Una vez que el servidor envía la información al usuario este es el responsable de interpretar el código HTML, el servidor solo se encarga de enviar el código de la página, sin llevar a cabo ninguna interpretación de la misma. Dentro de los servicios WEB más comunes se pueden citar dos aplicaciones WEB las cuales son:

- Aplicaciones del lado del cliente: En este tipo de aplicaciones el servidor proporciona el código de las aplicaciones al cliente y este mediante el navegador las ejecuta, comúnmente este tipo de aplicaciones son del tipo Java o Javascript, es necesario el uso de plug-ins de Sun Microsystems empresa creadora de este tipo de aplicaciones, en el dispositivo del cliente.
- Aplicaciones en el lado del servidor: en este caso la aplicación se ejecuta en el servidor web, una vez concluido este proceso, se genera código HTML, que es enviado al cliente por medio del protocolo HTTP.

---

<sup>7</sup> Referencia: [http://es.wikipedia.org/wiki/Servidor\\_web](http://es.wikipedia.org/wiki/Servidor_web)

### 3.3.4 Modelo OSI.

El modelo de referencia OSI, lanzado en 1984, proporcionó a los fabricantes un conjunto de normas que facilitaría una mayor compatibilidad e interoperabilidad entre los tipos de tecnologías de red producidos por distintas empresas alrededor del mundo.

Cada capa del modelo OSI ejecuta diversas funciones, para que un paquete de datos pueda viajar desde el origen hasta el destino a través de la red. A continuación se resume la función de cada capa del modelo OSI<sup>8</sup>.

Capa 7 Aplicación: Es la capa del modelo OSI más cercana al usuario. La misma proporciona servicios de red, como acceso e impresión de ficheros en las aplicaciones de usuario. En esta capa también se establece la disponibilidad de socios de comunicación deseados. A manera de ejemplo dos aplicaciones de capa 7 son HTTP y Telnet.

Capa 6 Presentación: es la encargada de asegurar que la información que se envía a la capa superior (aplicación), de un sistema sea leído por la capa 7 del sistema destino. Dentro de las tareas más importantes de esta capa se encuentra la cifrado y descifrado, dentro de los ejemplos de estándares presentes en esta capa se encuentra PICT, JPEG (estándares gráficos) y MPEG (estándar de video).

Capa 5 Sesión: esta capa tiene la función de establecer, administrar y finalizar las sesiones entre dos hosts en una comunicación, se informa de problemas de las capas de orden superior. Ejemplos de protocolos de esta capa son: NFS (Sistemas de archivos de red) y ASP (Protocolo de sesión Apple Talk).

Capa 4 Transporte: El objetivo de esta capa es lograr un servicio fiable entre hosts, empleando la detección y recuperación de errores en el transporte y la información en el control de flujo. Ejemplos de algunos protocolos de capa 4 son: TCP (Protocolo para el control de la transmisión), UDP (Protocolo de datagrama de usuario) y SPX (Intercambio de paquetes secuenciado).

---

<sup>8</sup> Referencia: Guía del primer año. CCNA1 y 2

Capa 3 Red: Esta capa proporciona conectividad y selecciona la ruta entre dos sistemas (hosts), que pueden estar ubicados en redes diferentes. Además de ello esta capa se encarga del direccionamiento lógico. Ejemplos de protocolos de esta capa son: IP (protocolo internet), IPX (Intercambio de paquetes inter redes) y AppleTalk.

Capa 2 Enlaces de Datos: Se encarga de proporcionar el tránsito de datos confiable a través del enlace físico, además del direccionamiento físico; de la topología de la red y de la distribución ordenada de las tramas y control del flujo de datos.

Capa 1 Física: se definen en esta capa las especificaciones eléctricas, mecánicas, procedimientos y funciones para mantener, activar y desactivar, el enlace físico entre dos sistemas finales.

### 3.3.5 Puertos de la capa de transporte.

Los puertos de la capa de transporte se basan en dos números de 16 bits utilizados para identificar los puntos finales en una conexión. Para ello una conexión de red es identificada por una secuencia compuesta por 4 partes dirección IP y puerto de origen, dirección IP y puerto de destino. Tanto los protocolos UDP como TCP utilizan puertos para la identificación de los puntos de la conexión<sup>9</sup>.

El uso de puertos es muy útil ya que en muchos casos se pueden requerir servicios diferentes, lo cual causaría problemas de direccionamiento de paquetes, por ello se requiere asignar un número de puerto entre hosts para asegurar de que el paquete llegue al servicio adecuado. Existen números de puertos reservados y están documentados según el RFC<sup>10</sup> 1700. La Agencia de asignación de números internet controla los números de puerto en el intervalo de 0 a 1024.

Los números de puerto tienen asignado los siguientes rangos:

- Los números menores a 255 son para aplicaciones públicas
- El rango comprendido entre 255 a 1023 están asignados a compañías con aplicaciones comerciales.
- Los números superiores a 1023 están sin regular.

### 3.3.6 NAT (Traducción de Dirección de Red).

“Es un mecanismo utilizado por routers IP para intercambiar paquetes entre dos redes que se asignan mutuamente direcciones incompatibles. Consiste en convertir en tiempo real las direcciones utilizadas en los paquetes transportados. También es necesario editar los paquetes para permitir la operación de protocolos que incluyen información de direcciones dentro de la conversación del protocolo. Su uso más común es permitir utilizar direcciones privadas y aún así proveer conectividad con el resto de Internet. Existen rangos de direcciones privadas que

---

<sup>9</sup> Referencia: Guía del primer año. CCNA1 y 2.

<sup>10</sup> RFC documento concerniente a redes cuyo contenido es una propuesta oficial.

pueden usarse libremente y en la cantidad que se quiera dentro de una red privada. Si el número de direcciones privadas es muy grande puede usarse solo una parte de direcciones públicas para salir a Internet desde la red privada. De esta manera simultáneamente solo pueden salir a Internet con una dirección IP tantos equipos como direcciones públicas se hayan contratado. Esto es necesario debido a la progresiva escasez de direcciones provocada por el agotamiento de éstas.”<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Definición tomada de [http://es.wikipedia.org/wiki/Network\\_Address\\_Translation](http://es.wikipedia.org/wiki/Network_Address_Translation)

## Capítulo 4: Procedimiento metodológico.

### 4.1 Reconocimiento y definición del problema.

Los sistemas de climatización en cuestión son responsabilidad de la Unidad de Gestión de Red y Mantenimiento del Instituto Costarricense de Electricidad, por lo cual esta unidad funcional es la encargada de velar por que estas unidades operen de forma óptima y adecuada. En una entrevista con el encargado del departamento, se planteo el problema directo de la falta de supervisión de los equipos de aires acondicionados en las centrales telefónicas y nodos IP, el problema en si consiste en que las unidades solo poseen un panel de indicaciones de estado y alarmas, en el sitio en donde se encuentran instalados. Estos indicadores permiten conocer, el estado y funcionamiento del equipo, y a su vez la presencia de alarmas permite saber si tienen algún problema o si requieren de mantenimiento.

Si ocurre un desperfecto en los equipos de control ambiental, y el personal técnico no se encuentra en el lugar en el instante del evento, las centrales telefónicas y nodos IP, corren el riesgo de daños, ya que no contarían con un ambiente adecuado. A su vez tampoco se cuenta con un estudio de las fallas que han presentado los equipos de aires acondicionados en el tiempo de operación.

Dadas estas circunstancias el departamento solicito un sistema prototipo de supervisión remota estilo SCADA<sup>12</sup> instalado en una computadora personal en el centro de despacho de averías, que permitirá una constante vigilancia de los equipos de control ambiental, y en caso de acontecer alguna señal de alerta se envíe un reporte de avería a los encargados de aires acondicionados vía correo electrónico y a su vez mediante el uso de mensajería corta a celular SMS.

Otra de las características solicitadas fue el diseño de una página WEB que permita ver el estado de las centrales telefónicas en caso de que sucediera alguna eventualidad, esto permitirá que el encargado verifique la condición de los equipos

---

<sup>12</sup> SCADA: Programa de supervisión control y adquisición de datos.

antes de trasladarse a la zona del problema. Si la falla fue temporal, esta característica pondrá al tanto al personal y les ayudará a tomar las acciones del caso.

#### **4.2 Obtención y análisis de información.**

Las visitas a las centrales telefónicas, guiadas por el personal técnico de los equipos de aires acondicionados fueron de gran importancia, ya que es precisamente este equipo de trabajo el encargado no solo de la instalación del equipo sino también de dar mantenimiento y reparación de las unidades, este personal brindó información vital en este aspecto.

Otra fuente de información consultada fueron los manuales de instalación, mantenimiento y operación de los equipos de control ambiental, así como los diagramas eléctricos de las unidades, ya que permitieron obtener una visión más amplia del funcionamiento de estos equipos.

Para la búsqueda de la solución se utilizaron diversas fuentes de información como lo fueron libros acerca de recolección de datos, protocolos a nivel de capa física, protocolos de comunicación, programación a alto nivel entre otros.

No se puede dejar de lado la gran ayuda de la herramienta internet, en la medida en que se recabó información sobre los componentes electrónicos utilizados, manuales de fabricante, información sobre protocolos entre otros.

La ayuda de ingenieros del Instituto Costarricense de Electricidad, fue un punto fundamental en el desarrollo del proyecto. Tanto en aspectos relativos a la estructura y uso de la red institucional, como del envío de alarmas a celular, y configuraciones de equipos CPE en centrales telefónicas.

#### **4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución.**

Como primer paso se procedió a buscar información sobre los equipos de climatización Liebert Deluxe System/3, con los encargados de los sistemas de refrigeración del instituto Costarricense de Electricidad, el personal a cargo facilitó

los manuales de mantenimiento, operación e instalación además de diagramas eléctricos del control de los aires acondicionados.

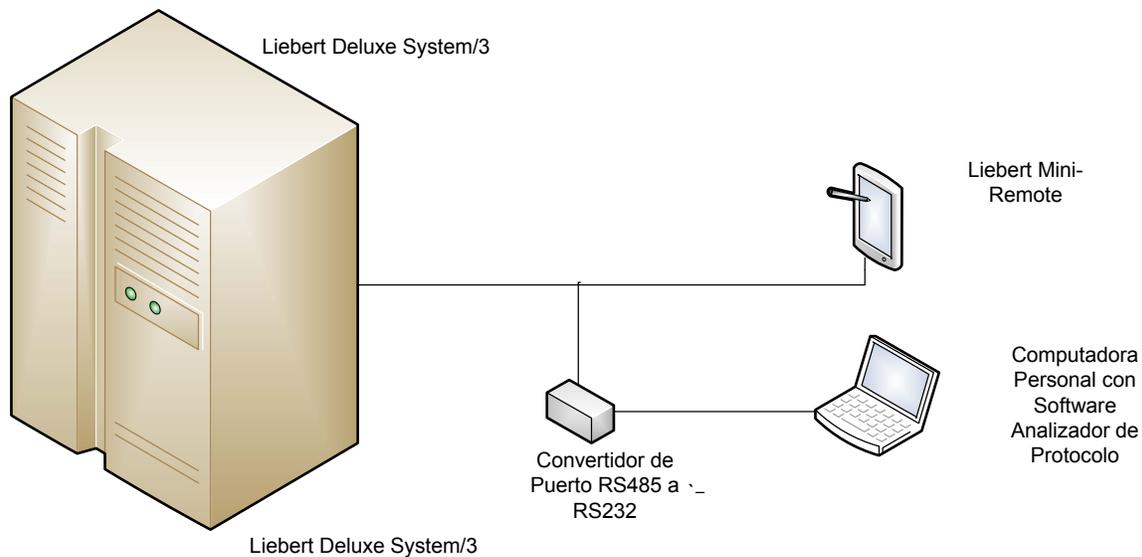
La primera solución planeada fue tomar la información proveniente de un puerto de comunicaciones RS-485 con los cuales cuentan los sistemas de refrigeración. El fabricante del equipo especifica en los manuales que el protocolo utilizado es propietario, por lo cual se procedió a contactar a los distribuidores de los aires acondicionados, con el fin de obtener información acerca de este protocolo pero no cuentan con ella.

Como siguiente paso se contactó directamente con la compañía fabricante del equipo a través de correos electrónicos; sin embargo, aclararon que el protocolo utilizado era propietario y se vendía la solución para la supervisión de los sistemas de climatización por lo que no podían brindar la información solicitada.

El departamento de gestión y mantenimiento adquirió con el equipo de climatización un dispositivo de supervisión local llamado Mini Remote, este se conecta directamente en el puerto RS-485, y lee: alarmas, señales de estatus, y mediciones de temperatura y humedad que requería el departamento para la supervisión remota.

Por este motivo se procedió a idear una solución para obtener la información, por lo cual se investigó en internet sobre técnicas para descifrar protocolos. Se encontraron diversas técnicas y programas que sirven para analizar las tramas de información, así como velocidades de comunicación, paridad de datos, control de flujo entre otras características.

Con el fin de obtener la información se conectó un convertidor del puerto RS-485 a RS-232 y de esta forma analizar los datos en una computadora de escritorio con los programas citados anteriormente, tal y como lo muestra la figura 5. Al conectar este convertidor entre el sistema de refrigerador y el dispositivo local no se alteran los datos ya que el convertidor está configurado como escucha y su estado es de alta impedancia, característica de un dispositivo esclavo en una red multipunto según el estándar RS-485.



**Figura 5** Conexión realizada para análisis del protocolo.

Se realizaron diversas pruebas y se recolectaron datos considerando las mismas condiciones del equipo de climatización, se generaron alarmas al sistema para analizar el cambio en la trama de datos, se varió la temperatura y humedad relativa para recabar información de la misma en la trama de datos.

Al analizar las tramas de datos con el programa 232 ANALIZER se recopilaron datos importantes sobre el protocolo utilizado, pero también se encontró que el fabricante del equipo codifica la información de forma aleatoria cada vez que se envían los datos. De forma tal, que los datos en la trama cambian de posición de acuerdo con una llave generada.

Por estas razones además de recomendaciones de expertos se procedió a buscar una forma alternativa de solución en donde, se obtuvieran los mismos resultados en la recolección de alarmas, señales de estatus, y mediciones de temperatura y humedad.

Se recurrió a analizar los diagramas eléctricos de los equipos de aires acondicionados, mediante los mismos se encontró un puerto de datos con las señales de alarmas y condiciones de funcionamiento más importantes de los aires acondicionados.

Para la supervisión remota, también se pensó en las señales analógicas de temperatura y humedad, por lo que se investigaron diversos sensores de alta precisión que no afectaran a gran escala el presupuesto de la empresa sin sacrificar la precisión en las mediciones. Esto a su vez permitirá al personal técnico calibrar los sistemas de control ambiental de una forma más precisa y estándar. Además de ello permitirá contar con un sistema de mediciones con redundancia en las centrales que cuenten con dos o más sistemas de climatización ambiental, ya que se compararan los niveles de las mediciones en la sala y si existe una diferencia significativa en los datos se enviarán notificaciones de alarmas.

#### **4.4 Implementación de la solución**

Al implementar la solución primero fue necesario trabajar en el circuito de adquisición de alarmas y señales de funcionamiento, verificando que las señales eléctricas fueran acondicionadas para su uso en el microcontrolador, después de ello se implementaron las rutinas en el microcontrolador para la recolección de las señales, y el manejo del sensor de temperatura y humedad.

Una vez corroborados estos datos se implemento el envío y recepción de datos mediante la utilización del protocolo RS-485, fueron requeridas diversas pruebas con múltiples esclavos para comprobar el funcionamiento adecuado, en un sistema maestro-esclavos.

Realizadas las pruebas de forma exitosa se prosiguió a diseñar el circuito impreso de la interfaz electrónica, este proceso requirió aprender a utilizar el programa Protel DXP, ya que era requisito del Laboratorio de Circuitos Impresos del ICE. El diseño se muestra en el anexo 3 del presente documento.

La implementación del protocolo de comunicación MODBUS fue una de las tareas realizadas en el tiempo de entrega del circuito impreso. Además de la

programación de diversas subrutinas de prueba de comunicación mediante el programa Visual Basic 6.0.

En paralelo a estas aplicaciones se estudio el lenguaje de programación JAVA, y se realizaron diferentes programas de prueba para la implementación de la pagina WEB explicadas con más detalle en el próximo capítulo.

Una vez terminado el circuito impreso se procedió a instalar módulos en la localidad llamada El Alto de Guadalupe, y con esta interfaz electrónica realizar pruebas remotas para depurar y mejorar el programa de supervisión remota instalado en el centro de despacho de averías.

De acuerdo con la opinión de profesionales del departamento de Gestión de Red y Mantenimiento se realizaron pruebas del sistema en funcionamiento durante dos semanas, y se convoco al personal encargado de los sistemas de aires acondicionados a una charla, en donde se les presento la solución implementada, y se recibieron sugerencias acerca de mejoras que se pudieran implementar, dentro de la solución general.

#### 4.5 **Reevaluación y rediseño.**

Dentro de la solución original se comprendía el uso del dispositivo administrador de red Lantronix XPORT AR, este dispositivo cuenta con las características requeridas para el desarrollo del proyecto dentro de las cuales se mencionan:

- Manejo del protocolo de capa física RS-485.
- Servidor WEB con memoria de 4Megas para implementación de páginas web.
- Pines para su montaje en circuito impreso.

Este dispositivo no se utilizó en la elaboración del prototipo ya que el departamento contaba con los dispositivos administradores de red Lantronix

UDS1100-IAP, esta serie es más robusta para aplicaciones industriales y maneja múltiples protocolos razón por la cual su precio es elevado al compararlo con el modelo XPORT AR.

La solución elaborada es completamente compatible con el modelo Lantronix XPORT, por lo que no sería necesario cambiar la configuración realizada en este proyecto (La configuración se muestra en el anexo 1).

Incluir puntos de prueba en el circuito impreso, sería de gran importancia en caso de que las interfaces electrónicas presenten fallas. De manera tal que el personal técnico pueda realizar un protocolo de mediciones, mediante el cual podrá identificar el tipo de error que presentan las tarjetas electrónicas.

En el prototipo realizado solo se contemplo la creación de la página WEB para la supervisión de los sistemas de control ambiental, pero esta no cuenta con ningún tipo de seguridad de forma tal que cualquier persona que cuente con la dirección IP y el número de puerto de la página de los aires acondicionados puede ingresar. Esto no es conveniente ya que los servidores web instalados en los administradores de red Lantronix solo permiten el acceso de un único usuario. Por esta razón sería de suma importancia que el ingreso a la página sea restringido implementando mecanismos de seguridad.

## Capítulo 5: Descripción detallada de la solución

### 5.1 Análisis de soluciones y selección final

La solución principal radicaba en descifrar el protocolo de comunicación, utilizado por los equipos de acondicionamiento ambiental, bajo esta premisa se realizaron diversas pruebas, y técnicas para descifrar el protocolo obteniendo resultados no satisfactorios, explicados en el capítulo anterior. Por esta razón junto con aspectos importantes como lo fueron:

- Tiempo utilizado en descifrar el protocolo
- Derechos legales de la empresa sobre el protocolo propietario
- Técnica avanzada en la codificación de datos.

Todos estos aspectos conllevaron a buscar una solución alternativa, que contara con las mismas características planteadas en la solución inicial.

En busca de una solución alternativa se procedió a analizar el diagrama eléctrico de los aires acondicionados, encontrándose un puerto de datos con las señales digitales de alarmas y señales de funcionamiento del sistema. Estas señales permitirían a una interfaz electrónica la recolección de los datos requeridos, considerando aspectos como un adecuado acondicionamiento de los equipos que no interfiriera con el desempeño y funcionamiento normal del equipo.

El diseño de esta interfaz electrónica contemplaría el uso externo de sensores de temperatura y humedad que permitirían analizar el desempeño de los aires acondicionados con redundancia en las mediciones, y a su vez permitiría que los encargados de aires acondicionados, contaran con equipos de alta precisión en la mediciones, con los cuales podrían calibrar de una forma adecuada y estándar todas las unidades de acondicionamiento ambiental.

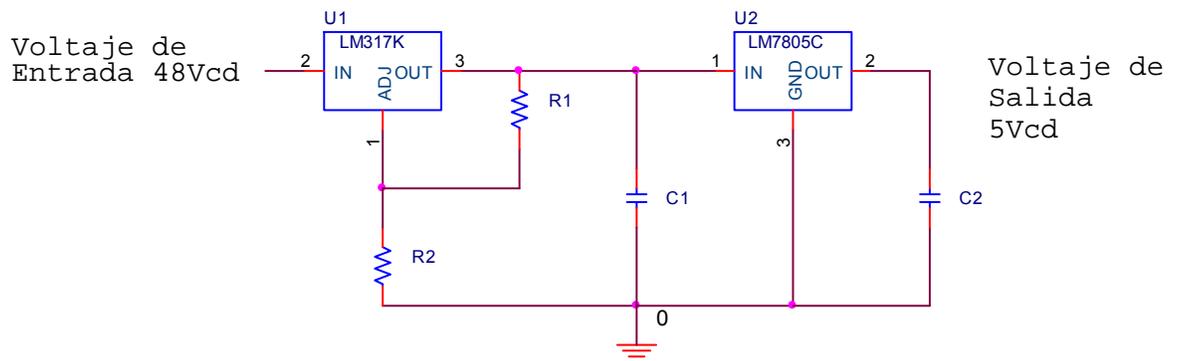
## 5.2. Descripción del hardware.

### 5.2.1 Fuente de Alimentación Regulada.

Las centrales telefónicas cuentan con sistemas especializados de alimentación ininterrumpida de energía, estos suministran la energía en caso de que la red eléctrica falle, los equipos tienen un voltaje de salida en corriente directa de aproximadamente 48V. Este voltaje, se necesita regular a niveles de tensión menores para poder operar la circuitería TTL.

Como etapa de entrada, se seleccionó un regulador variable LM317. Éste, integrado de 3 pines, puede proporcionar una corriente de 1,5 Amperios sobre una tensión de salida de 25 a 37 voltios. De igual forma, se optó por una salida de voltaje de 25 voltios, esto por cuanto la etapa siguiente consta de un regulador de voltaje lineal LM780.

Este regulador, puede soportar tensiones de entrada de 7 a 25 voltios, así se divide en todas sus posibilidades el voltaje máximo que pueden soportar los dispositivos evitando daños por calentamientos excesivos. El circuito utilizado para la etapa de alimentación regulada se muestra en la figura 6 a continuación:



**Figura 6** Etapa de Regulación de voltaje.

Para el cálculo de las resistencias utilizadas, para el regulador variable, se procedió de acuerdo a la fórmula suministrada por el fabricante en su hoja de datos (ver ecuación 5.1). Al requerir una salida de 25v, este voltaje también será útil para la alimentación el dispositivo de red Lantronix UDS1100-IAP.

$$V_{OUT} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot V_{REF}$$

$$\text{donde } V_{REF} = 1,25V$$

$$\text{y } I_{ADJ} = 50\mu A$$

$$25V = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot 1,25V$$

Ecuación 5.1

Suponiendo el valor de R1 de 1k

despejando R2

$$R_1 = 1K\Omega$$

$$R_2 = 19K\Omega$$

Ya que el circuito general es de poco consumo de potencia se dispuso a hacer 2 tarjetas diferentes, las principales cuentan con la etapa de regulación de voltaje y las secundarias tienen la entrada de voltaje de de la tarjeta principal logrando con ello un ahorro en la compra de componentes. Esto es posible ya que el regulador de tensión LM7805 entrega una corriente máxima de carga de 1 A y el consumo de tarjeta independientemente es de 40 mA, esto permite conectar diferentes interfaces electrónicas para la adquisición de datos, haciendo que el sistema sea escalable en el caso de necesitar instalar nuevas unidades de aires acondicionados. La fuente de voltaje de 25 voltios salida de la primera etapa de regulación también le brinda la alimentación al dispositivo de red Lantronix UDS1100-IAP, este tiene un consumo de máximo corriente de 100mA.

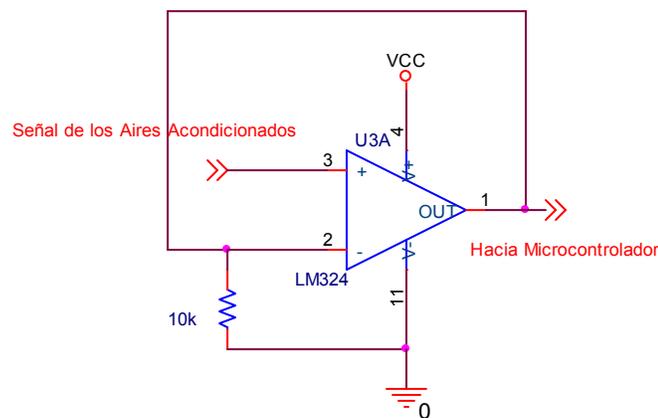
### 5.2.2 Recolección de alarmas y señales de funcionamiento.

Como se mencionó anteriormente los equipos de climatización Liebert Deluxe System /3 cuentan con un puerto de datos, en el cual se encuentran las señales de alarmas y funcionamiento más importantes de los equipos, por esta razón la recolección de las señales se extrajo de este punto del sistema.

Fue necesario el uso de amplificadores operacionales, ya que estos cuentan con una resistencia de entrada elevada, logrando con ello no exigir corriente al sistema de control de los aires acondicionado, además de acondicionar las señales requeridas y de esta forma poder utilizarlas directamente como entradas en el microprocesador.

La elección del amplificador operacional se hizo principalmente pensando en la alimentación monopolar, y de esta forma no elevar los costos en componentes adicionales, el amplificador utilizado fue el LM324N de la marca ST, dentro de las características más importante de este circuito integrado es que en el mismo encapsulado cuenta con 4 amplificadores, lo que permitió que el tamaño del circuito impreso no fuera mayor. El uso de 3 circuitos integrados fue suficiente para las doce señales requeridas provenientes de los sistemas de climatización.

Los amplificadores operacionales se utilizaron en la configuración seguidor de tensión, esta configuración, resulta útil para incrementar la impedancia de entrada y además de ello produce una salida similar a la entrada. La figura del circuito utilizado se muestra en la figura 7, únicamente para una de las señales de entrada.



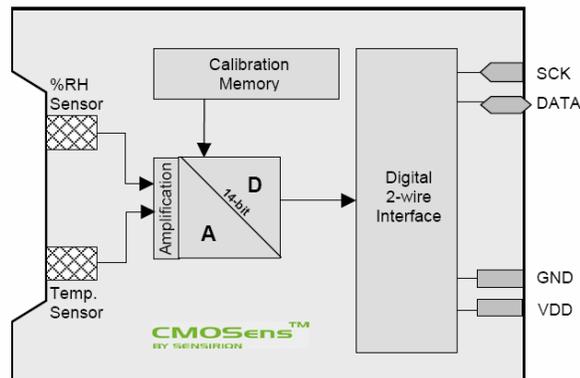
**Figura 7** Amplificadores en configuración Seguidos de Tensión.

### 5.2.3 Sensor de Temperatura y Humedad Relativa.

El dispositivo utilizado para medir las condiciones de temperatura y humedad relativa fue de la marca SENSIRION modelo SHT11, dicha marca se especializa en la elaboración de sensores y este modelo en específico es utilizado en aplicaciones de instrumentación, equipo médico, sistemas de aire acondicionado entre otros. Entre las características principales de este dispositivo se encuentran:

- Bajo consumo de potencia
- Calibrados de fabrica
- Tamaño pequeño
- Interface serial de dos líneas

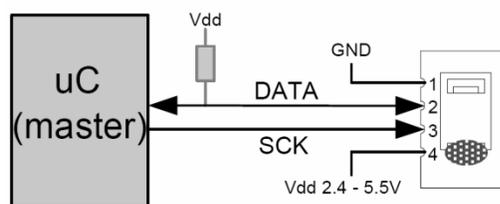
El diagrama interno del dispositivo se constituye por los sensores de temperatura y humedad, una memoria de calibración, amplificadores de las señales de los sensores, un convertidor Analógico a digital de 14 bits lo cual lo hace muy preciso, además de la interface digital la cual permite la conexión serial con el microcontrolador, el diagrama se muestra en la figura 8.



**Figura 8** Diagrama interno del sensor SHT11<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> Figura tomada de la pagina del fabricante:  
[www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/SensirionDocs.pdf](http://www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/SensirionDocs.pdf)

La conexión del sensor SHT11 se muestra en la figura 9, es necesaria la utilización de una resistencia de Pull-up en la línea de datos de 1K $\Omega$  según lo especifica el fabricante. Para la transmisión bidireccional de datos entre el sensor y el microcontrolador PIC 16F873A, fue necesario el uso del protocolo SENSIBUS, este protocolo es muy similar al protocolo I2C pero tiene algunas diferencias como lo son: el que sólo permite la conexión de un único sensor, la distancia entre el sensor y el microcontrolador es muy pequeña apenas 15 cm.



**Figura 9** Conexión Típica del sensor SENSIRION SHT11 con un microcontrolador<sup>14</sup>.

El sensor permite el cambio en la resolución de las mediciones de temperatura y humedad, como la aplicación de los aires acondicionados requiere un alto nivel de precisión se utilizó la máxima resolución del ADC interno para temperatura de 14bits, y de igual forma la humedad relativa de 12 bits. El uso de estos niveles de resolución implica un mayor tiempo de espera al tomar las mediciones, aproximadamente 55ms.

#### 5.2.4 Comunicación implementada.

Se implementó la etapa de comunicación con el fin de que la interfaz tuviera la capacidad de interactuar con los demás dispositivos del sistema a implementar, tales como: el administrador de red remoto Lantronix UDS1100-IAP, y a través de este dispositivo poder intercambiar información con de la computadora del centro

<sup>14</sup> Figura tomada de la pagina del fabricante:  
[www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/SensirionDocs.pdf](http://www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/SensirionDocs.pdf)

de gestión de alarmas, vía internet o bien de usuarios que accedan vía pagina web por medio del servidor ubicado en los administradores de red remoto.

La elección del tipo de comunicación se baso principalmente, pensando en características propias del sistema, como lo fueron: tipo de protocolo a implementar, múltiples unidades esclavas o secundarias, distancia entre dispositivos. Todas estas características, conllevaron a analizar diversos protocolos de comunicación los cuales se resumen en la siguiente tabla.

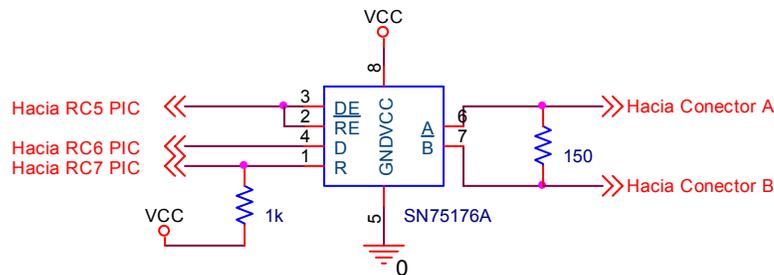
**Tabla 2** Comparación de diversos protocolos de capa física.

Especificaciones	RS-232	RS-422	RS-485	
Máxima Velocidad	20 KB/s	10 MBit/s	10 MBit/s	
Distancia máxima	15 metros	1200 metros	1200 metros	
Máximo número de dispositivos	Punto a punto 1	10	32	
Full-duplex	si	si	2 Hilos	no
			4 Hilos	Si
Modo de operación	Terminación Simple	Diferencial	Diferencial	

Al comparar estas características se optó por la utilización del protocolo de comunicación 485, principalmente por que soporta múltiples dispositivos, solo requiere 2 hilos, y la transmisión de datos tipo diferencial presenta mayor inmunidad al ruido eléctrico.

El circuito utilizado en la etapa de comunicación se muestra en la figura 10, este esquema muestra la utilización del circuito integrado SN75176A, este es un transceiver que convierte las señales tipo diferencial, en señales TTL, compatibles con el microcontrolador y así poder manipular las mismas. El estado normal de la salida del integrado denominadas con los nombres A y B en la figura, es de alta impedancia, de esta forma no afectan la comunicación cuando no se transmite información, cuando se requiere transmitir información el microcontrolador tiene que poner en alto pin 2 y 3 del transceiver esto permitirá que el mismo cambie de estado y pueda enviar la información, entre las terminales A y B, es necesario

poner una resistencia de terminación de 150Ω únicamente cuando los dispositivos sean los primeros o últimos en una RED 485.



**Figura 10** Conexión de transceiver SN75176A.

### 5.2.5 Procesamiento de datos.

Como unidad central de proceso se seleccionó el microcontrolador PIC 16F873A este procesador cuenta 21 pines configurables como E/S<sup>15</sup>, además de ello cuenta con un puerto USART específico para la comunicación serial RS485 utilizada en la solución planteada, otra característica importante en este microcontrolador es el contar con un pin I/O con la capacidad de funcionar como salida de colector abierto, esta característica fue fundamental para el manejo de los sensores digitales de temperatura y humedad.

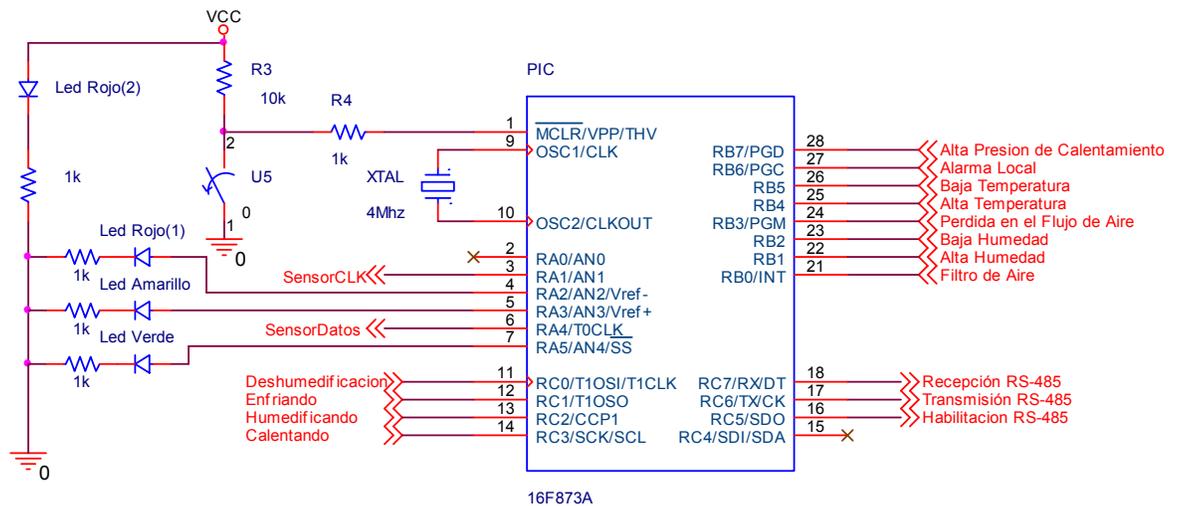
En la figura 11 se muestra el circuito de conexión del microcontrolador, en donde se observa el uso del puerto B exclusivo para las señales de alarmas provenientes de la etapa de acondicionamiento, a su vez la parte baja del puerto C, fue utilizada como entrada para las señales de funcionamiento de los equipos de climatización. La parte alta del puerto C específicamente los pines RC5, RC6 y RC7 fueron utilizados para el control, transmisión y recepción de información respectivamente con el dispositivo maestro en este caso el dispositivo Lantronix UDS1100 IAP, enlazado con una computadora personal, mediante el acceso a la red.

<sup>15</sup> Pines configurables como entrada o salida de señales digitales

Entre otras características mostradas en la figura se encuentra la conexión con el sensor de Temperatura y humedad, mediante los pines RA1 como reloj y RA4 como pin de entrada y salida para el trasiego bidireccional de información.

Como se mencionó anteriormente el uso de un sólo dispositivo con la capacidad de tomar mediciones de temperatura y humedad de gran precisión, que transmita la información únicamente con la utilización de dos hilos permite un eficiente manejo del hardware. Se observa en la figura el uso de un circuito de reinicio para el microcontrolador, este se utilizó de esta forma según recomienda el fabricante<sup>16</sup>.

Se diseñó una etapa de auto diagnóstico en caso de errores que consta de 4 indicadores visuales LED, estos permiten que en caso de error, el personal técnico cuente con una forma rápida para identificar qué tipo de problema presenta la interfaz electrónica según sea el color del LED que se active o desactive, en la tabla 3 se muestra la descripción de errores según los diodos leds de acuerdo al esquema de la figura 11.



**Figura 11** Conexión del Microcontrolador.

<sup>16</sup> Obtenido de la pagina WEB del fabricante de microcontroladores Microchip

**Tabla 3** Diagnostico de Fallas según indicadores visuales.

Color del Led Activo	Descripción
Rojo(1)	Salida sin asignar
Amarillo	Verificar sensor de Temperatura y Humedad
Verde	Revisar Conexión serie
Rojo(2)	Si esta desactivado revise la alimentación

## 5.3. Descripción del software

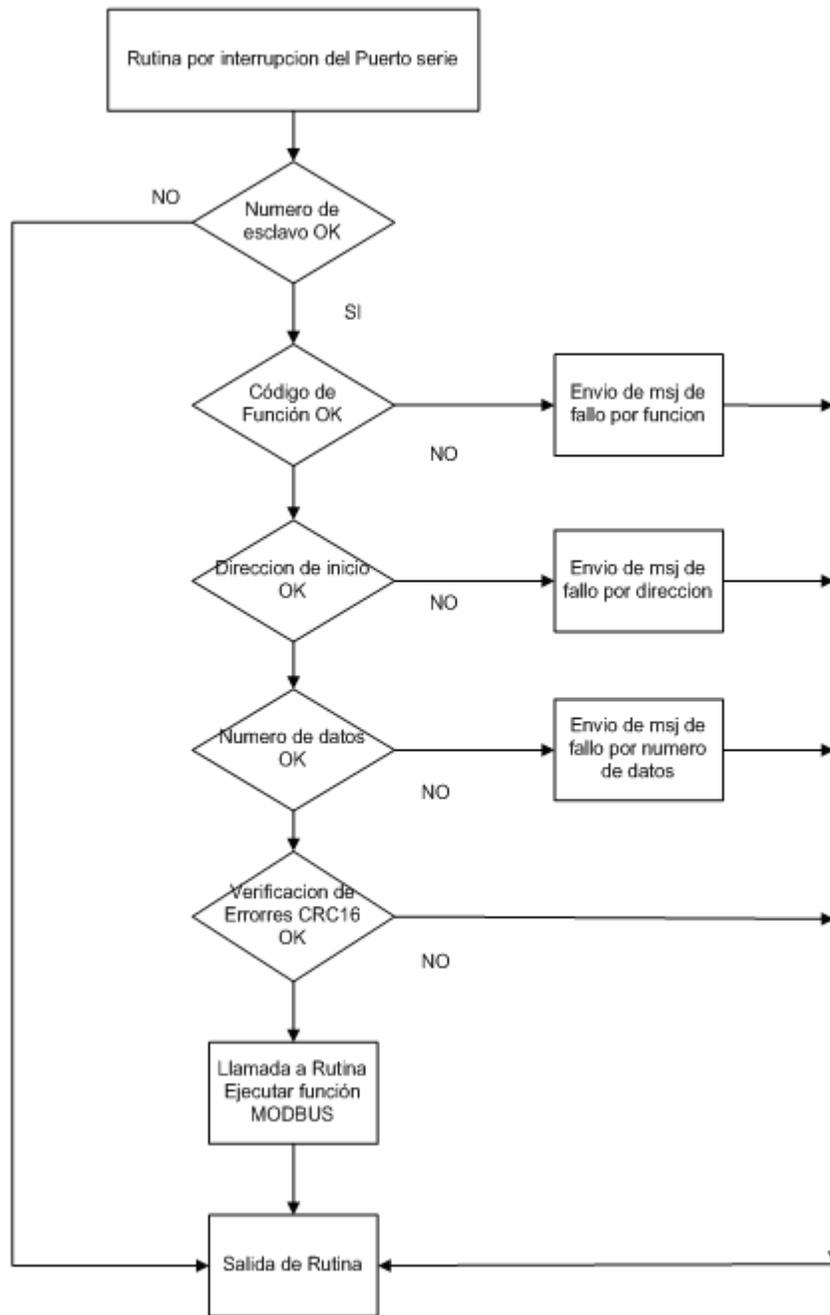
### 5.3.1 Programación del microcontrolador

A continuación se muestra un diagrama (ver figura 12), resumen de las funciones programadas en el microcontrolador, el cual se describirá con mayor detalle explicando las diferentes etapas del programa.



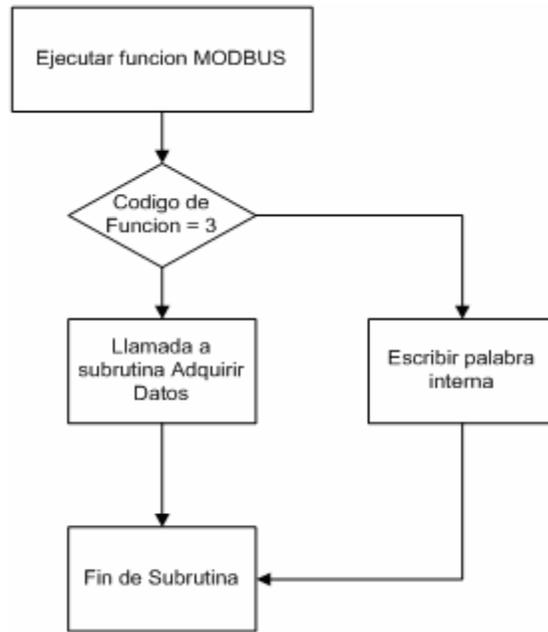
**Figura 12** Esquema principal de la programación del microcontrolador.

Una vez que se da una interrupción serial se llama a una rutina en donde se analiza la trama de datos de acuerdo con los mensajes de una trama MODBUS, si el número de esclavo concuerda con el programado en la interface, se comparan los siguientes campos de la trama, de forma contraria si el número de esclavo no concuerda, se asume que el dato no es para el esclavo, por ende no se toma ninguna acción y se espera una nueva interrupción valida. Si el número de esclavo si concuerda se compara todos los campos según la estructura MODBUS y se toman las acciones respectivas según se muestra en la figura 13.



**Figura 13** Rutina de chequeo de mensajes MODBUS.

Una vez que se corroboran los datos de la trama MODBUS y estos sean validos, se toman acciones dependiendo del código de función, tal y como se muestra en la figura 14. Para la aplicación de la supervisión de aires acondicionados solo fue necesario contar con dos funciones MODBUS: una para la lectura de registros, y la otra para la escritura de registros internos como se muestra en la tabla 4.



**Figura 14** Diagrama de subrutina.

**Tabla 4** Subconjunto de funciones MODBUS utilizadas.

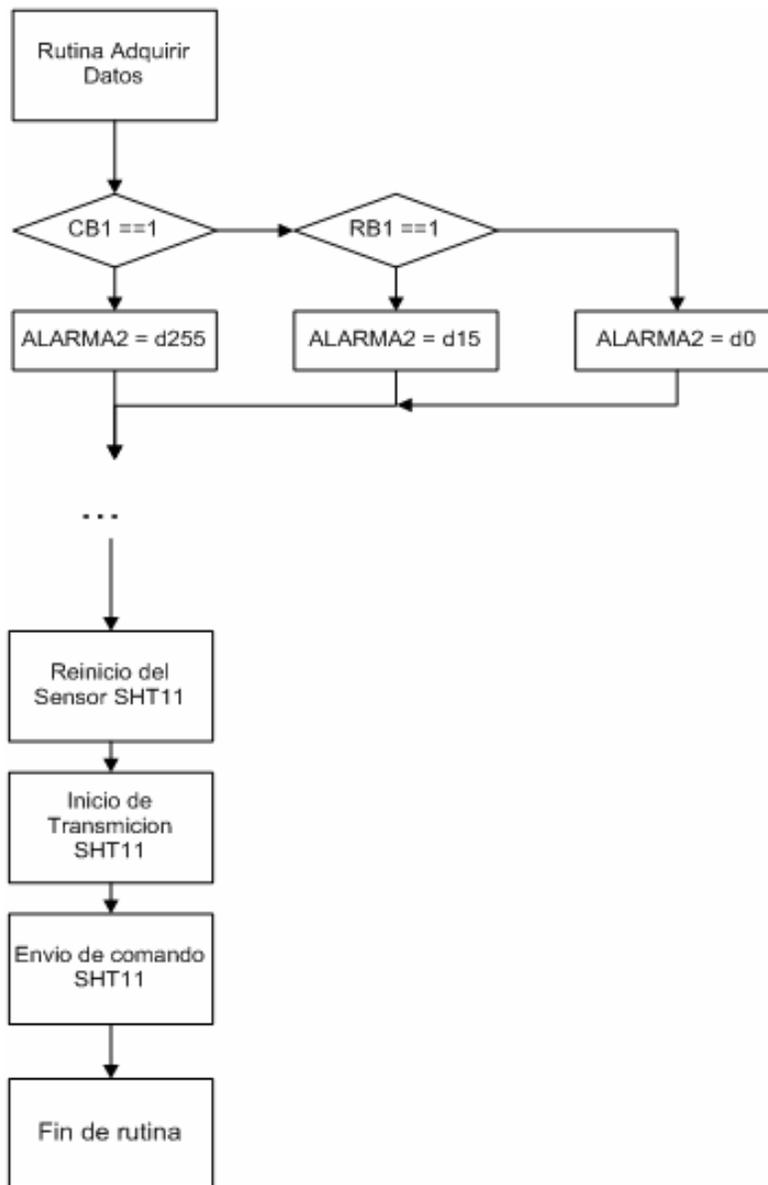
Numero de Función	Descripción de la función
03	Lectura de n palabras internas o salidas
06	Escritura de una palabra

La función de lectura de palabras se utiliza para obtener las condiciones de las alarmas y las señales de funcionamiento del sistema, al igual que las mediciones de temperatura y humedad relativa. Una de las funciones contempladas dentro del protocolo MODBUS es la lectura de bits, esta no se utilizó para las señales digitales, ya que se implementó una característica adicional para deshabilitar la lectura de alarmas, esta función permitiría silenciar la supervisión de señales en casos especiales. La tabla 5 muestra la estructura de las señales digitales y su descripción para interpretarlos como palabras internas. Para comprobar la condición de una alarma se llama a la rutina adquirir datos, esta revisa el bit correspondiente a cada alarma según el registro CB. Este registro se configura de acuerdo con la función 6 sub función 1.

**Tabla 5** Señales digitales y descripción de las mismas.

Dato del palabra	Descripción del dato
0x0000h	Alarma presente
0x000Fh	Alarma no presente
0x00FFh	Alarma desactivada

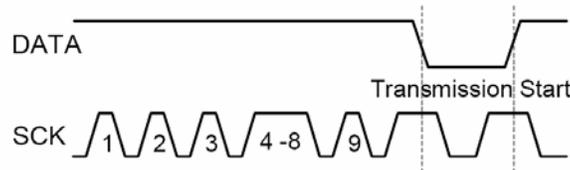
A continuación se muestra un resumen de la rutina de adquisición de datos programada en el microcontrolador PIC 16F873A.



**Figura 15** Adquisición de Datos de las alarmas y señales de funcionamiento en los sistemas de Acondicionamiento Liebert Deluxe System/3.

Otra de las utilidades de la función 6 es el reinicio del sensor SENSIRION SHT11, si existiera algún problema con el sensor, esta función se encarga de reiniciar el mismo con las configuraciones de fabrica, la sub función a utilizar es la número 2.

La medición de temperatura y humedad requirió la implementación del protocolo SENSIBUS en el microcontrolador, este protocolo requiere una serie de secuencias a seguir para tomar el dato, la primera de ellas es enviar un código de reinicio seguido de una secuencia de inicio de transmisión, el cual se muestra en la figura 16.



**Figura 16** Secuencia de reinicio para el sensor SHT11<sup>17</sup>.

Una vez enviada esta secuencia se procede a transmitir un comando con la petición de la medición deseada, la lista de comandos se muestra en la tabla 6.

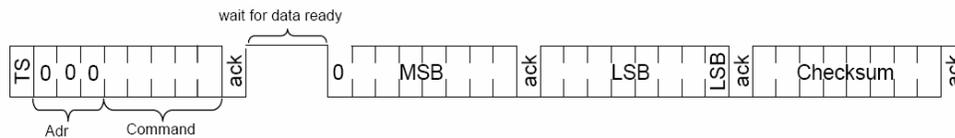
**Tabla 6** Códigos de las señales de alarmas.

Comando	Código
Medición de Temperatura	00000011
Medición de Humedad	00000101
Reinicio general	00011110

Enviado el comando para la medición requerida, es necesario que el microcontrolador pause el envío de la señal de reloj al sensor, seguidamente se tiene que esperar que el sensor tome las mediciones, esta acción tarda aproximadamente 55ms. Una vez que las mediciones están listas el dispositivo de

<sup>17</sup> Figura tomada de la pagina del fabricante:  
[www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/SensirionDocs.pdf](http://www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/SensirionDocs.pdf)

medición se encarga de poner un 0 lógico en la línea de datos indicando que se pueden éstas se pueden tomar, esto indica al controlador que tiene que enviar la señal de reloj nuevamente y tomar las mediciones solicitadas. El Sensor cuenta con un byte para la verificación de errores CRC-8. Un ejemplo de la petición y respuesta de los datos se muestra en la siguiente figura.



**Figura 17** Muestra de la trama para tomar muestra de información del sensor SHT11<sup>18</sup>.

### 5.3.2 Programación de Software.

La aplicación de software se divide en dos etapas, la principal consiste en un programa que se encarga de consultar todas las centrales telefónicas que cuentan con sistemas de climatización Liebert System Deluxe/3, si existiese alguna falla en algún aire acondicionado se envía una notificación de error, al correo electrónico y un mensaje corto a celular, del personal encargado de mantenimiento.

Si el personal técnico desea ver las condiciones del equipo que presenta fallas podrá acceder al mismo mediante una aplicación Java instalada en la central telefónica, explicada con más detalle a continuación.

#### 5.3.2.1 Aplicación del centro de Gestión de Alarmas.

La aplicación del centro de gestión de alarmas tiene la función de supervisar las 24 horas del día las condiciones de funcionamiento y las

<sup>18</sup> Figura tomada de la pagina del fabricante:  
[www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/SensirionDocs.pdf](http://www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/SensirionDocs.pdf)

condiciones de alarmas de los equipos de climatización, el programa estará corriendo sin la necesidad de que una persona esté al tanto de las acciones del software, ya que en caso de que una localidad esté alarmada, se enviará de forma automática una notificación de correo electrónico y un mensaje corto a celular a los encargados.

El diagrama de la figura 18 muestra los bloques principales del programa de supervisión remota, instalado en el centro de gestión de alarmas del departamento de gestión y mantenimiento de Instituto Costarricense de Electricidad, se resumen a continuación las características de los bloques principales.

**Cargar Matriz de Localidades:** La función de este bloque es invocar un archivo en donde se encuentran los datos de las localidades a supervisar tales como el nombre la dirección IP y la zona de procedencia de la localidad. Estos datos se guardan en un archivo de texto nombrado PING.txt, ubicado en la carpeta de instalación del programa.

**PING<sup>19</sup> General:** este módulo se encarga de probar el estado de la comunicación del centro de despacho de averías, con cada una de las localidades pre cargadas en el archivo Ping.txt. Si existiera un error en la comunicación se envía un mensaje de error, el modulo también indica el tiempo de respuesta<sup>20</sup> con cada una de las localidades.

Una vez cargada la matriz con las características de las localidades y verificar el enlace con cada una de las localidades se podrá seleccionar, diferentes opciones detalladas a continuación.

**Agregar Localidad:** Esta opción permite modificar el archivo de texto y con ello agregar una o más localidades para la supervisión remota.

**Configuración de la mensajería:** En este modulo el programa guarda y configura variables importantes en el envío de alertas como lo son:

---

<sup>19</sup> Este programa es útil para verificar si una instalación TCP/IP es satisfactoria.

<sup>20</sup> Tiempo de ida y vuelta de un paquete al destino.

- Correos Electrónicos de personal de supervisión de aires acondicionados.
- Números telefónicos de personal de supervisión de aires acondicionados.
- Tiempo en que se enviarán las alarmas en caso de ocurrir.

Este último es importante ya que en caso de ocurrir una alarma se podrá configurar el tiempo de envío de mensajería, por defecto se envía la primera alerta a la hora en que ocurre la falla, tres mensajes más a los 3, 15 y 60 minutos, después de ello se envían mensajes cada hora hasta que el error sea corregido. Todos estos tiempos se pueden configurar según el operador del programa lo desee.

**Selección de Modo:** este módulo se subdivide en dos sub módulos. El primero es el MODO AUTOMÁTICO, que tiene la función de solicitar información a las diferentes localidades, utilizando el protocolo MODBUS. Una vez que las interfaces electrónicas, responden la petición de estado, el programa de gestión verifica las condiciones de las alarmas, si existiera un problema se enviará de forma automática una notificación vía correo electrónico y mensajería corta a celular, igualmente se modificará un reporte de errores, generado en el programa Microsoft Excel, indicando en el reporte las características de la falla.

Si la localidad no tuvo errores se continúa con la localidad siguiente, en caso de falla de una localidad, se marcará con una bandera de error y no se chequeará el estado de la misma, hasta que llegue el momento de enviar el próximo mensaje a los encargados (3, 15, 60 minutos, dependiendo de la configuración). Si en este nuevo chequeo la localidad no tuvo errores, la notificación no será enviada y la marca de error se removerá. Este sistema ayuda a no saturar la red enviando peticiones de estado a equipos alarmados y a su vez

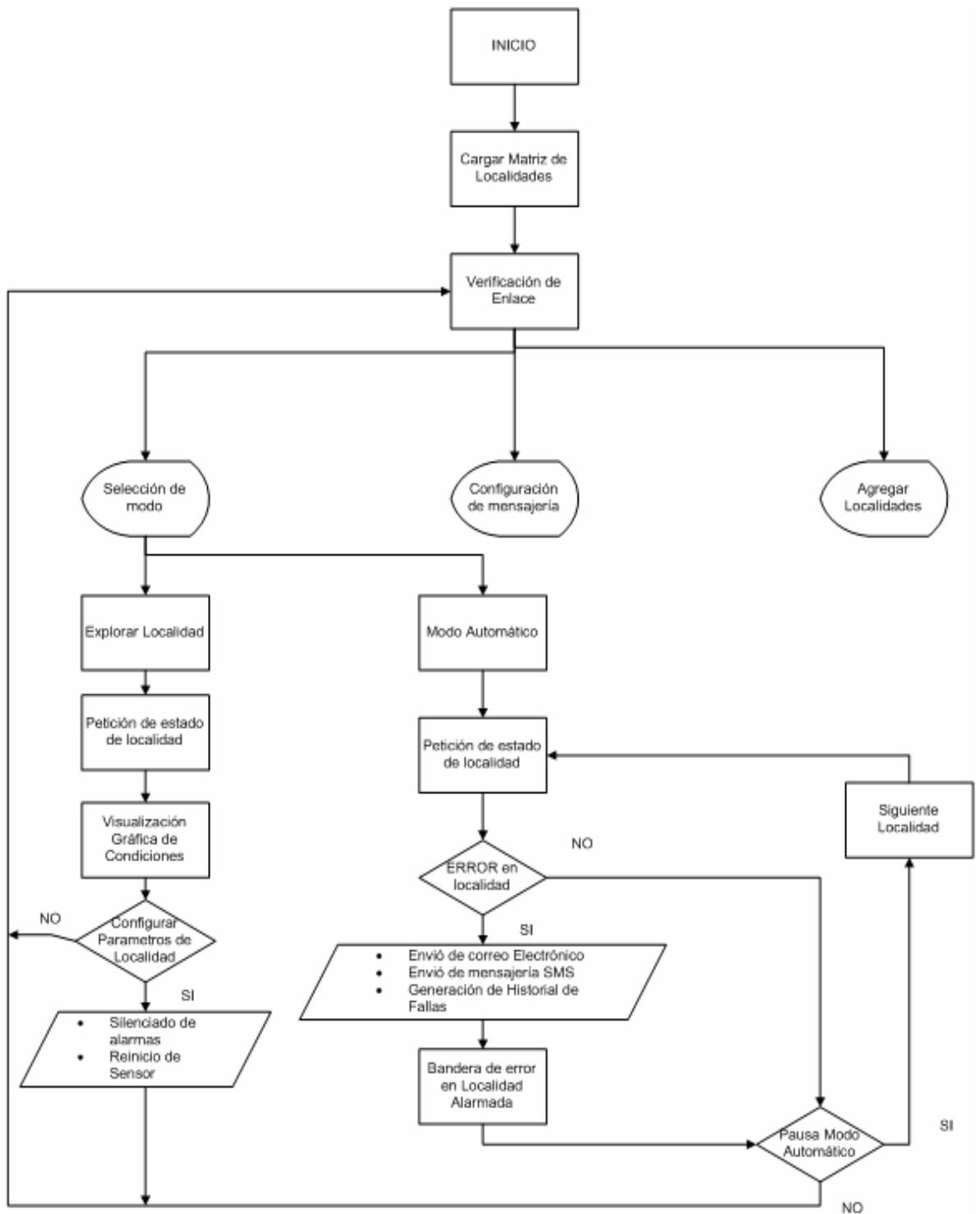
si se verifica que el sistema tuvo una alarma intermitente, no seguir enviando avisos de falla<sup>21</sup>.

El segundo sub módulo lleva el nombre de EXPLORAR LOCALIDAD, a diferencia del sub módulo anterior, este bloque tiene la función de mostrar gráficamente las condiciones de alarmas, señales de funcionamiento, temperatura y humedad relativa de los módulos presentes en las diversas centrales telefónicas del país (misma función que realiza el sub modulo Modo Automático pero en segundo plano<sup>22</sup>). En este módulo se podrán enviar comandos a las interfaces electrónicas mediante la utilización del protocolo MODBUS, para silenciar alarmas y reiniciar los sensores en caso de errores de medición en los mismos.

---

<sup>21</sup> Para este caso el personal técnico, tendrá acceso a una página WEB para corroborar el estado del equipo.

<sup>22</sup> Sin visualización gráfica.



**Figura 18** Diagrama de bloques para el software generado.

### 5.3.2.2 Aplicación JAVA.

Se seleccionó hacer la aplicación en el lenguaje de programación de alto nivel JAVA, puesto que se debió crear una página WEB e instalarla en un servidor WEB ubicado en el dispositivo mediador de red Lantronix UDS1100-IAP, éste dispositivo permite la instalación de páginas WEB de archivos específicos, los cuales son de extensión de archivo \*.COB. El fabricante a su vez facilita un convertidor de aplicaciones java al formato descrito anteriormente.

La función principal de la pagina WEB es permitir que el personal encargado de mantenimiento de los equipos de climatización ambiental Liebert Deluxe System/3, cuente con una interfaz gráfica, en donde puedan visualizar las condiciones instantáneas de los equipos desde cualquier dispositivo compatible con TCP-IP con acceso a internet que cuente con un navegador WEB con los plugins<sup>23</sup> JAVA instalados.

La utilidad de página WEB es únicamente de visualización de las condiciones de los equipos en la misma, no se tienen las opciones de configuración de alarmas ni reinicio de sensores.

---

<sup>23</sup> Los plugins permiten a un navegador realizar funciones específicas como ver gráficos en formatos especiales o reproducir archivos multimedia.

## Capítulo 6: Análisis de Resultados

El circuito acondicionador de las señales de alarmas y señales de funcionamiento provenientes de los sistemas de aires acondicionados Liebert Deluxe System/3, para lo cual se tomaron diversos datos de las señales y se tabularon en la tabla 7 mostrada a continuación.

**Tabla 7** Mediciones de los amplificadores operacionales en modo seguidor de tensión.

Señal	Nivel Lógico	Voltaje de salida (Vcd)
Filtro de Aire	Bajo	0.28
	Alto	4.70
Alta humedad	Bajo	0.20
	Alto	4.83
Baja Humedad	Bajo	0.27
	Alto	4.76
Perdida en flujo de aire	Bajo	0.24
	Alto	4.82
Alta Temperatura	Bajo	0.25
	Alto	4.93
Baja Temperatura	Bajo	0.17
	Alto	4.81
Alarma Local	Bajo	0.24
	Alto	4.78
Alta presión	Bajo	0.21
	Alto	4.83
Deshumidificación	Bajo	0.18
	Alto	4.74
Enfriando	Bajo	0.19
	Alto	4.76
Humidificando	Bajo	0.20
	Alto	4.77
Calentando	Bajo	0.19
	Alto	4.81

Los niveles obtenidos se encuentran en un rango aceptable para el uso de los mismas señales como entradas digitales en el microprocesador.

Antes de implementar el protocolo de comunicaciones se Modbus se hicieron diferentes pruebas para comprobar aspectos básicos de funcionamiento como el manejo del sensor de temperatura y humedad, y el correcto funcionamiento del protocolo RS-485. Estas pruebas se realizaron mediante la utilización de un convertidor de puerto RS-485 a RS-232 (ver figura 19).



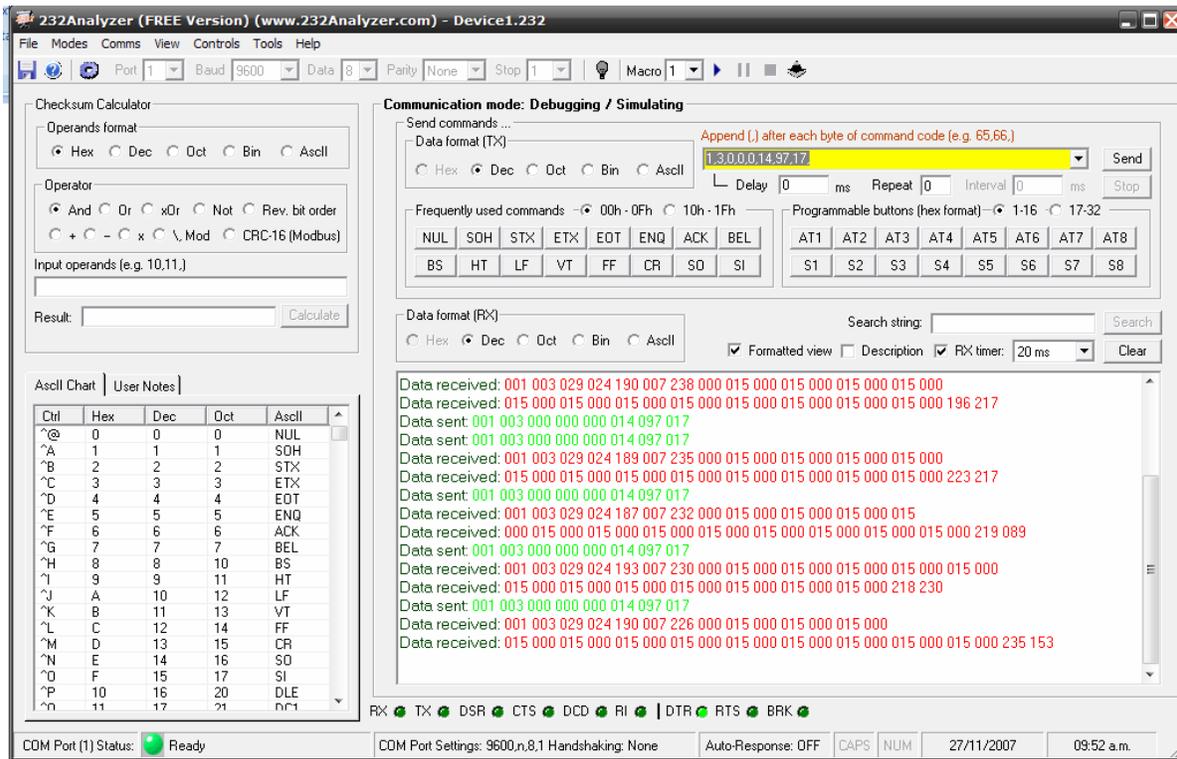
**Figura 19** Conexión del convertidor de puerto RS-485 a RS-232

Dichos ensayos permitieron probar la comunicación y realizar cambios en la programación del PIC, que permitieron obtener una efectiva comunicación con la utilización de la topología maestro con múltiples esclavos, un problema existente fue la correcta utilización de los transductores DS75176 ya que si dos transmitían a la vez se generaba un choque de datos por lo cual fue imprescindible la sincronización cuando se requería habilitar la salida de estos circuitos integrados, y la desactivación de los mismos.

La utilización del Software 232 ANALYZER<sup>24</sup>, fue importante para comprobar la comunicación con el microcontrolador en la figura 20, se muestra la utilización de una solicitud de datos al microcontrolador, las letras en verde indican la información enviada y las letras en rojo muestran la respuesta de la interfaz electrónica.

---

<sup>24</sup> Programa de uso abierto, descargado de la pagina del fabricante <http://www.232analyzer.com/232default.htm>



**Figura 20** Muestra de las pruebas realizada mediante el software

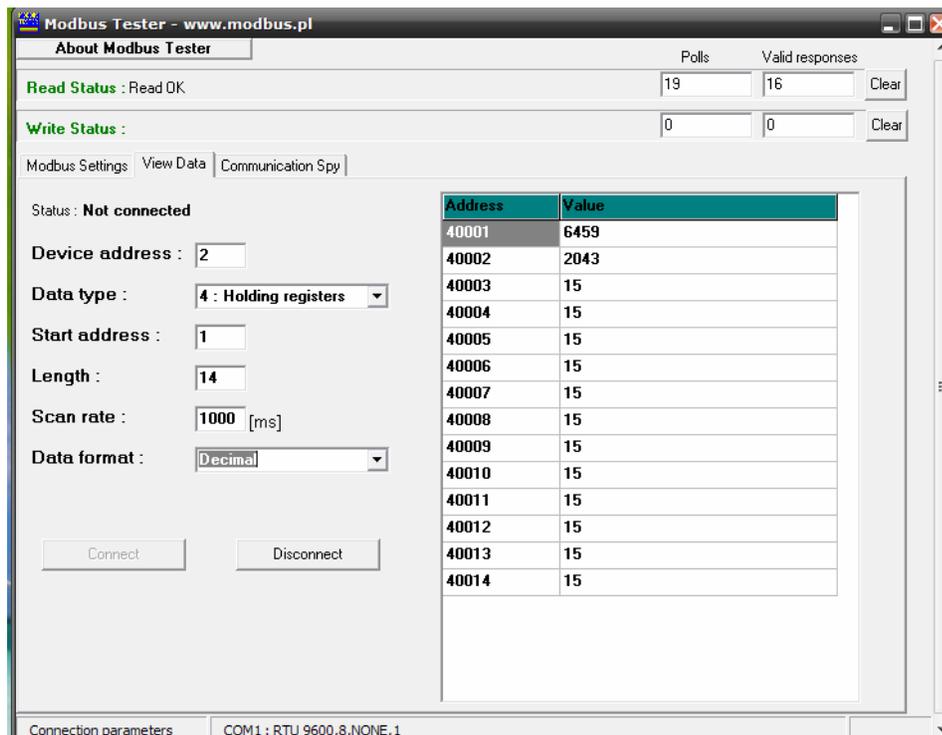
Una vez comprobada de forma exitosa la comunicación mediante el protocolo RS-485, pruebas de adquisición de datos, además del manejo correcto de los sensores se procedió a programar en el PIC16F873A, rutinas para el manejo del protocolo de información MODBUS, que permitieron una correcta integración compatible con los sistemas de transmisión remota utilizados en el departamento de gestión de red y mantenimiento del Instituto Costarricense de Electricidad.

Se chequeó el funcionamiento del protocolo de comunicación MODBUS siempre con la utilización del convertidor de puerto, pero con la utilización del programa MODBUS TESTER<sup>25</sup> este software tiene la capacidad de interrogar dispositivos que utilicen dicho protocolo. En el programa se necesitan ingresar diversos datos de la comunicación utilizada como:

<sup>25</sup> Programa de uso abierto, descargado de la pagina del fabricante [www.modbus.pl](http://www.modbus.pl)

- Tipo de comunicación Modbus = RTU.
- Velocidad de comunicación = 9600bps
- Bits de datos = 8
- Paridad = ninguna
- Bits de parada = 1
- Time out = 1s

Una vez configurados estos datos se solicitan los datos del dispositivo esclavo a interrogar tal y como se muestra en la figura 21.



**Figura 21** Resultados obtenidos mediante la utilización del programa MODBUS TESTER.

El uso de esta aplicación permitió verificar el funcionamiento del protocolo MODBUS implementado en el microcontrolador, los datos de la figura anterior se ordenan según se muestra en la tabla 8 a continuación.

**Tabla 8** Registros MODBUS.

Número de Registro	Descripción de Registro
40001	Dato de Temperatura
40002	Dato de humedad
40003	Alarma 1
40004	Alarma 2
40005	Alarma 3
40006	Alarma 4
40007	Alarma 5
40008	Alarma 6
40009	Alarma 7
40010	Alarma 8
40011	Status 1
40012	Status 2
40013	Status 3
40014	Status 4

El programa también cuenta con una opción llamada **Espía de Comunicación**, esta utilidad permite ver la trama de datos. La figura 22 muestra una trama correcta (color negro) y un envío de error de cantidad de datos según lo establece una trama de error MODBUS (color rojo), los caracteres de color azul en este programa indican las peticiones hacia la interfaz electrónica por parte del programa.





**Figura 23** Tiempo de respuesta del microcontrolador ante una petición MODBUS.

El tiempo de respuesta obtenido fue de 340 ms, este dato es importante para el cálculo del tiempo de respuesta del programa de supervisión remota, al establecer el tiempo máximo de respuesta.

Concluyendo de forma satisfactoria estas pruebas se prosiguió a la realización de pruebas mediante la utilización del dispositivo administrador de red remoto Lantronix UDS1100-IAP (ver figura 24). Para utilizar este dispositivo se requiere configurar diversos parámetros según se indica en el anexo 1.



**Figura 24.** Dispositivo mediador.

Se seleccionó este dispositivo por la confiabilidad en la transmisión de datos y por características internas como lo son manejo de protocolo MODBUS además, de manejar el protocolo de capa física implementado en el circuito funcional el RS-485. Otra de las características funcionales es la de contar con un servidor de páginas web de 2 MB de capacidad lo cual permite el diseño robusto de las mismas utilizando el lenguaje JAVA.

Configurado el dispositivo fue necesario desarrollar una aplicación mediante el software Microsoft Visual Basic 6.0. La función principal de esta aplicación es que se ejecute de forma continua, haciendo peticiones de estado a todos los equipos de control ambiental Liebert Deluxe System/3.

Esta aplicación se instalará en el centro de despacho, donde se ejecutan todos los programas de supervisión remota, que están a cargo del departamento de Gestión de Red y Mantenimiento del ICE. Se muestra a continuación en la figura 25 el menú principal del programa de supervisión, en este menú el operador tendrá diversas opciones entre ellas:

- Poleo automático de Centrales telefónicas.
- Consulta individual de estado de las centrales telefónicas.
- Ingreso de nuevas localidades.
- Configuración de Mensajería.



**Figura 25** Menú principal del programa de supervisión.

Una vez en el menú principal, el operador podrá visualizar la lista de localidades que se van a supervisar. Si deseara agregar una ventana bastará con pulsar el botón llamado Agregar Localidad y se desplegará el menú mostrado en la figura 26; como modo de ejemplo se agregara una localidad



**Figura 26** Agregar Localidad.

Dentro del menú de Agregar Localidad solo se tendrá que llenar la información solicitada, y pulsar el botón Listo. Esta localidad se agregara a la lista de localidades del menú principal como se muestra en la figura 27.



**Figura 27** Ejemplo al agregar la localidad Sn Fco. Dos Ríos.

Como se muestra en la figura anterior la localidad San Francisco de Dos Ríos fue agregada de forma correcta; es importante verificar que la casilla de error no tenga notificaciones, ya que puede ser indicio de un fallo de conexión.

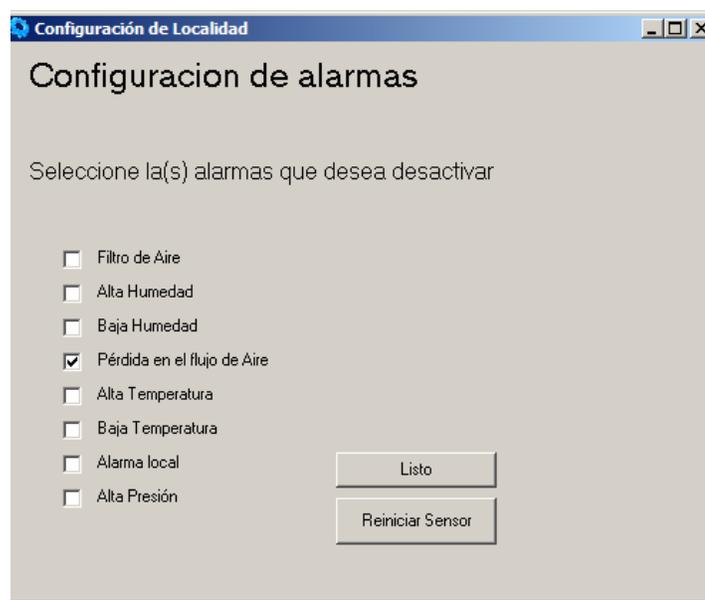
Básicamente los parámetros que se muestran en la figura 27, pertenecen a un chequeo de enlace de conexión, pero no se verifica la comunicación con las interfaces electrónicas instaladas en los equipos de control ambiental; para ello es necesario que el operador seleccione la localidad individualmente y esto se logra pulsando un doble click sobre la localidad, lo que desplegará el menú mostrado en la figura 28.

Este menú permite la visualización de todas las alarmas, señales de funcionamiento de los equipos de refrigeración y a su vez las mediciones de temperatura y humedad relativa.



Figura 28 Inspección de Localidad.

En caso de que exista una falla en los equipos de control ambiental el operador puede silenciar una alarma, esta función es útil en el caso de que un repuesto de los sistemas deba conseguirse en el extranjero y no se quiere que se genere mensajería por una alarma que ya fue inspeccionada. Para ello el operador debe presionar el botón silenciar (se mostrará la ventana en la figura 29), como ejemplo se silenciará la alarma **Perdida en Flujo de Aire**, para lo cual únicamente se debe seleccionar la casilla de la alarma a desactivar.



**Figura 29** Configuración de alarmas y reinicio de sensor.

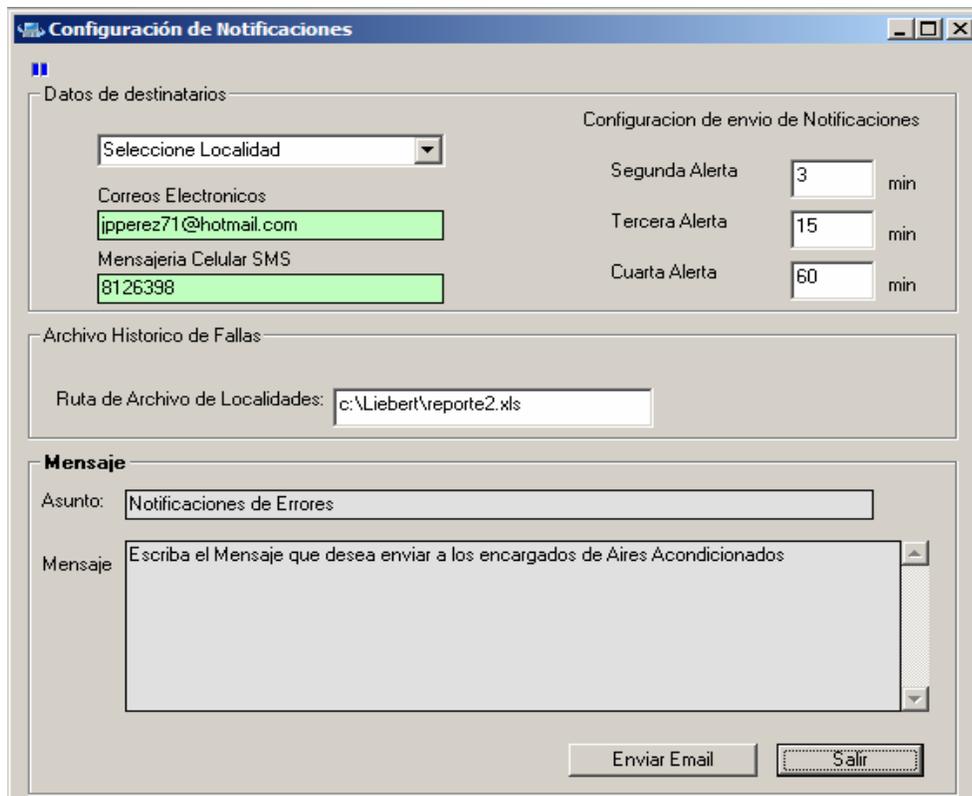
Al observar nuevamente la localidad, se visualiza cómo se deshabilita la alarma. Estas acciones se configuran mediante la utilización de la función 6 del protocolo MODBUS e indican al PIC16F873A que desactive la toma de datos de la alarma seleccionada, hasta que se vuelva a enviar el comando respectivo. Como lo muestra la figura 30 la alarma previamente desactivada se visualiza en color azul.



Figura 30 Visualización de una alarma desactivada.

El operador del programa de computo tiene la opción de configurar el envío de alarmas, mediante la opción del menú principal **Configuración de Notificaciones**, como se muestra en la figura 31. Básicamente en este menú se configurará el envío de las notificaciones al personal que se encuentre a cargo del equipo para lo cual se debe ingresar el correo electrónico y el número de teléfono celular de dicha persona.

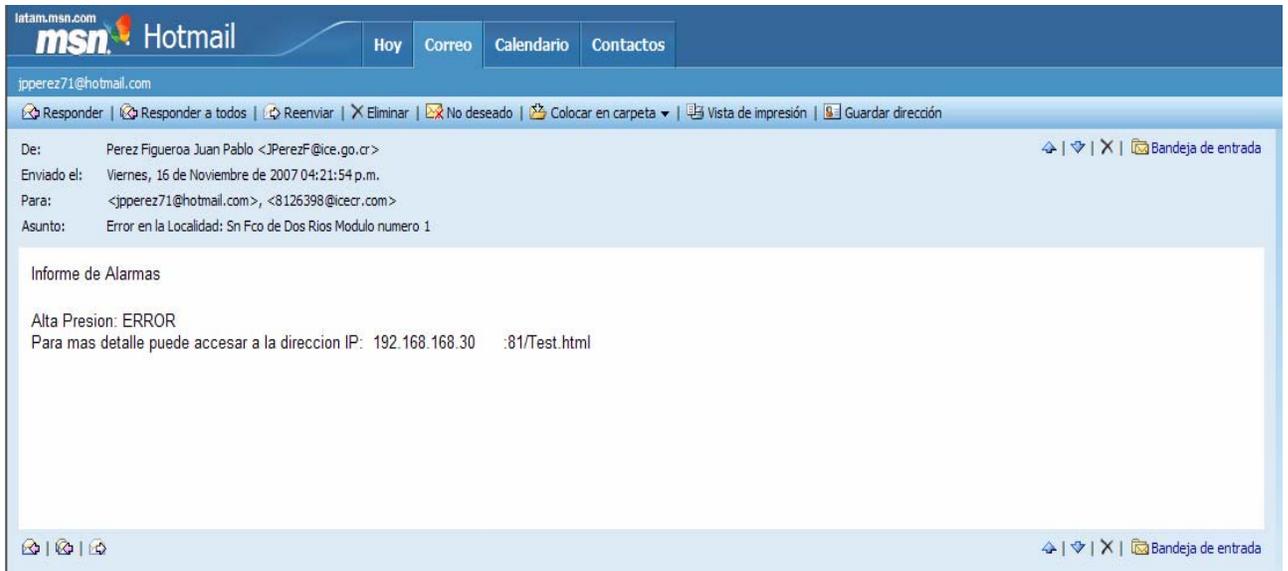
A su vez en caso de alarma se podrá configurar el tiempo en que se envían las tres primeras notificaciones de error, después de ello se enviarán notificaciones cada hora hasta que la alarma sea corregida o silenciada.



**Figura 31** Configuración de Notificaciones.

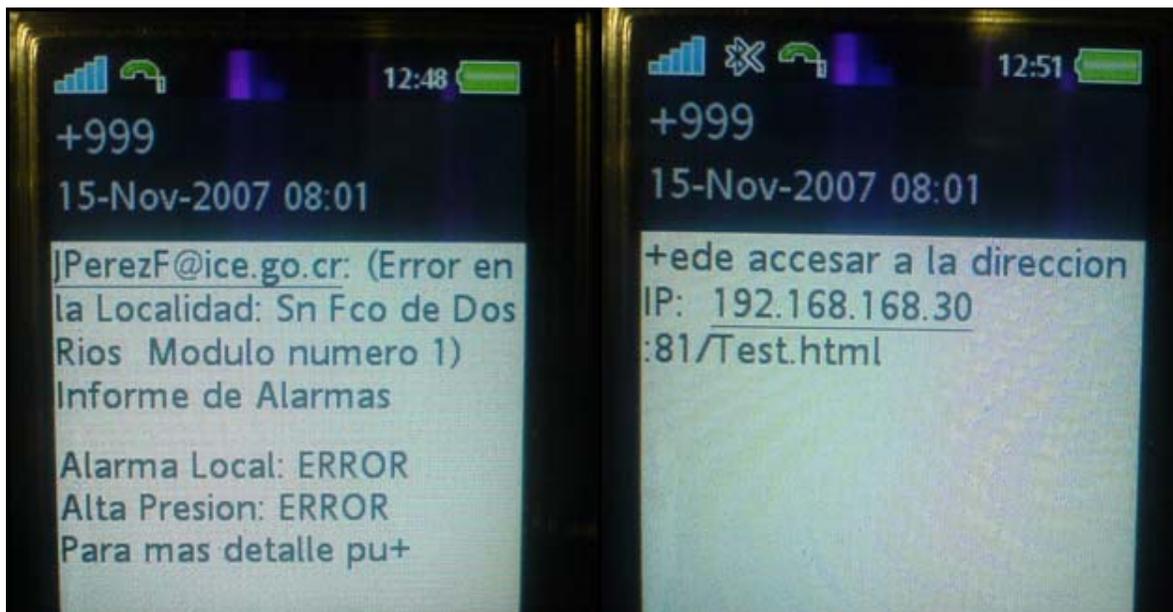
Una vez que se han agregado las localidades deseadas y configurado el software de la forma deseada, se puede ingresar al modo automático; este modo permite la inspección todas las localidades en la lista del menú principal y en caso de error en alguna de ellas se envía de forma automática el correo electrónico y el mensaje a celular a la persona registrada como encargada.

La figura 32 muestra un ejemplo del mensaje a correo electrónico reportando una falla.



**Figura 32** Envió de Notificación de error vía correo electrónico.

Así mismo, en la figura 33 se muestra el mensaje a celular enviado reportando la misma avería indicada anteriormente.

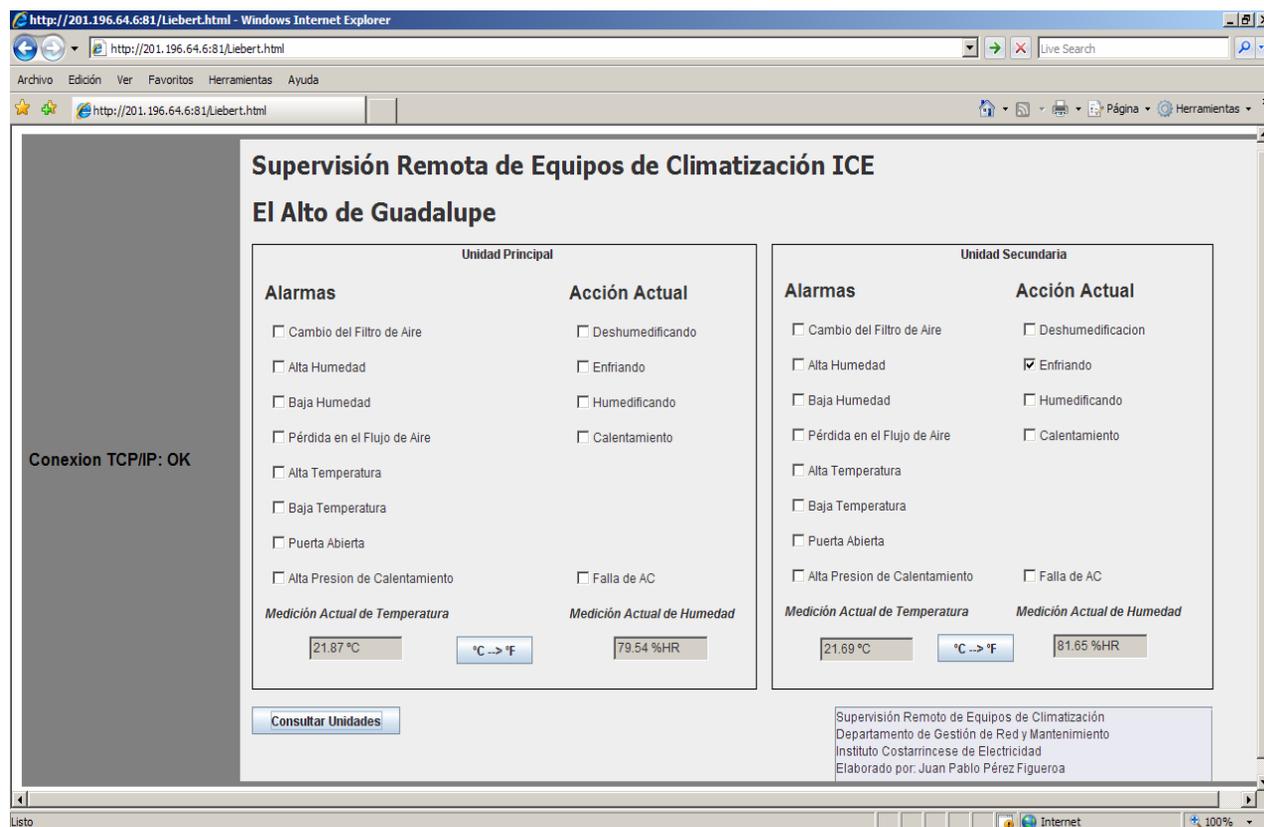


**Figura 33** Envió de Notificación de error vía mensajería SMS.

Tal y como se indica al personal técnico encargado de los aires acondicionados en el mensaje de correo electrónico y en el mensaje corto a celular, para chequear las condiciones de los equipos los mismos pueden acceder a la información, ingresando en un navegador de internet la dirección IP que se les indicó en el mensaje.

Esta dirección corresponde a la localidad en donde se encuentra el equipo de control ambiental, es necesario el uso de :81 para acceder al servidor WEB instalado en los dispositivos de administración de red remota Lantronix UDS1100-IAP, seguido de la página en formato HTML instalado en los mismos servidores WEB.

La figura 34 muestra la visualización de la página WEB desde el navegador Internet Explorer, donde se observan todos los datos de los equipos de control ambiental.



**Figura 34** Página Web con información de los equipos de control ambiental.

## Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones

### 7.1 Conclusiones.

- El uso del protocolo de capa física RS-485, permite la escalabilidad del sistema ya que es posible conectar múltiples dispositivos.
- Al utilizar una única etapa de regulación de voltaje en la interfaz principal, se da un ahorro en componentes electrónicos.
- La implementación de un programa visual instalado en el centro de despacho de averías, permite diagnosticar fallas sin necesidad de desplazarse a la central telefónica o nodo IP.
- El tiempo de atención de las averías se reduce considerablemente, con el envío de notificaciones en el momento que suceden las fallas mediante correo electrónico y mensajería corta a celular SMS.
- Las paginas HTML instaladas en los servidores WEB de los dispositivos de administración de red, permiten al personal técnico visualizar las condiciones de los equipos de control ambiental, únicamente con el uso de un dispositivo TCP/IP con acceso a internet.

## 7.2 Recomendaciones.

- Cambiar el circuito impreso e incluir puntos de prueba, que ante una eventual falla serían utilizados como referencia para el diagnostico de estos errores.
- Utilizar un dispositivo de administración de red, cuyo costo sea menor y de características similares, disminuiría el costo de la solución.
- Agregar características de seguridad a la página WEB, limitando el ingreso sólo a personal autorizado.

## Capítulo 8: Bibliografía

1. Balcells, Josep; Romeral, José Luis. **Autómatas Programables**. México: Alfaomega Grupo Editor, 1999.
2. Cisco Systems, Inc. **Guía del primer año. CCNA1 y 2.** Madrid: Pearson Educación, 2004.
3. Liebert. **Technical Data Deluxe System/3.** EEUU: Liebert, 2000.
4. Muños Clemente, Antonio; Jovanes Aguilar, Luis. **Visual Basic 6.0 Iniciación y Referencia** México: McGraw Hill, 1999.
5. Deitel, Harvey ; Deitel, Paul. **Como programar en Java.** México: Prentice Hill, 2004.
6. MODBUS-IDA [en línea]: the architecture for distributed automation.  
<[http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_Application\\_Protocol\\_V1\\_1a.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1a.pdf)>.[Consulta: Agosto 2007]
7. Manuel Jiménez Buendía [en línea]: Protocolo MODBUS.  
<[http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Tema%207.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%207.pdf) >.[Consulta: Agosto 2007]
8. Wikipedia [en línea]: Servidor WEB.  
<[http://es.wikipedia.org/wiki/Servidor\\_web](http://es.wikipedia.org/wiki/Servidor_web) >.[Consulta: Noviembre 2007]
9. Recursos Visual Basic [en línea]: Ejemplos Visual Basic.  
<<http://www.recursosvisualbasic.com.ar> >.[Consulta: Setiembre 2007]

10. Lantronix [en línea]: Web Enabling your serial Device  
<[http://ltxfaq.custhelp.com/cgi-bin/ltxfaq.cfg/php/enduser/std\\_adp.php?p\\_faqid=943&p\\_created=1075227796&p\\_sid=PFigEqOi&p\\_accessibility=0&p\\_redirect=&p\\_lva=&p\\_sp=cF9zcmNoPTEmcF9zb3J0X2J5PSZwX2dyaWRzb3J0PSZwX3Jvd19jbnQ9OTkmcF9wcm9kcz0wJnBfY2F0cz0mcF9wdj0mcF9jdj0mcF9zZWFyY2hfdHlwZT1hbnN3ZXJzLnNIYXJjaF9ubCZwX3BhZ2U9MSZwX3NIYXJjaF90ZXh0PXdlYg\\*\\*&p\\_li=&p\\_topview=1](http://ltxfaq.custhelp.com/cgi-bin/ltxfaq.cfg/php/enduser/std_adp.php?p_faqid=943&p_created=1075227796&p_sid=PFigEqOi&p_accessibility=0&p_redirect=&p_lva=&p_sp=cF9zcmNoPTEmcF9zb3J0X2J5PSZwX2dyaWRzb3J0PSZwX3Jvd19jbnQ9OTkmcF9wcm9kcz0wJnBfY2F0cz0mcF9wdj0mcF9jdj0mcF9zZWFyY2hfdHlwZT1hbnN3ZXJzLnNIYXJjaF9ubCZwX3BhZ2U9MSZwX3NIYXJjaF90ZXh0PXdlYg**&p_li=&p_topview=1)>.[Consulta: Octubre 2007]
11. B&B Electronics [en línea]: RS485 Application Note  
<[http://www.bbelec.com/tech\\_articles/rs422\\_485\\_app\\_note/table\\_of\\_contents.asp](http://www.bbelec.com/tech_articles/rs422_485_app_note/table_of_contents.asp)>.[Consulta: Agosto 2007]
12. Sensirion SHT11 Sensor Module (#28018) [en línea]:  
[www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/SensirionDocs.pdf](http://www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/SensirionDocs.pdf). [Consulta: Agosto 2007]
13. Monge Gómez, José Miguel. **Diseño e implementación de una interfaz MODBUS para la integración de grupos electrógenos a la plataforma de gestión SCADA**. Tesis. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2006.
14. Tijerino Cerna, Cesar. **Desarrollo e implementación de puente para traducción de protocolo MODBUS a MODBUS TCP y viceversa**. Tesis. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2002.

## Apéndices

### A.1 Glosario

**RS-485:** Se trata de un protocolo de comunicaciones a nivel de capa física del modelo OSI.

**MODBUS:** protocolo de comunicaciones desarrollado en 1979 por la compañía Modicon.

**LANTRONIX:** Es un dispositivo de administración de red remota que permite conectar dispositivos seriales a Ethernet, permite conexiones entrantes desde cualquier dirección IP a un puerto determinado configurable en el dispositivo, denominado Puerto Local.

**CPE:** Se trata de dispositivos terminales asociadas a equipamientos de telecomunicaciones, están localizadas en el lado del suscriptor, se encuentran conectadas con el canal de comunicaciones del proveedor de servicios de internet.

**SERVIDOR WEB:** Se llama servidor WEB a un programa que implementa el protocolo HTTP este protocolo fue diseñado para transferir: páginas web o HTML.

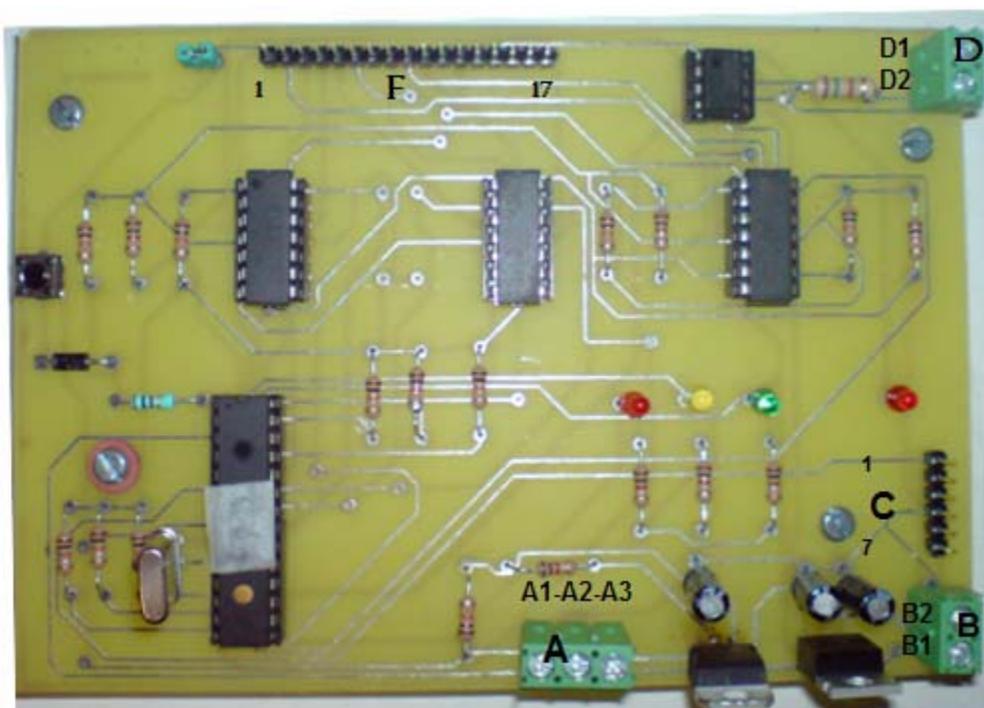
**PLUGINS:** es una aplicación que permite a un navegador realizar funciones específicas como ver gráficos en formatos especiales o reproducir archivos multimedia.

## A.2 Manual de usuario

El presente manual tiene la intención de guiar al usuario acerca de los aspectos de instalación de las interfaces electrónicas, así como el uso correcto de los programas de supervisión remota.

### A.2.1 Manual de interfaz electrónica.

Existen dos tipos de interfaces electrónicas para la recolección de señales, el primero es el modulo principal, una de las características de esta interfaz es que cuenta con una etapa de regulación de voltaje con el fin de acondicionar el voltaje de 48v presente en las centrales telefónicas. Este modulo se presenta a continuación.

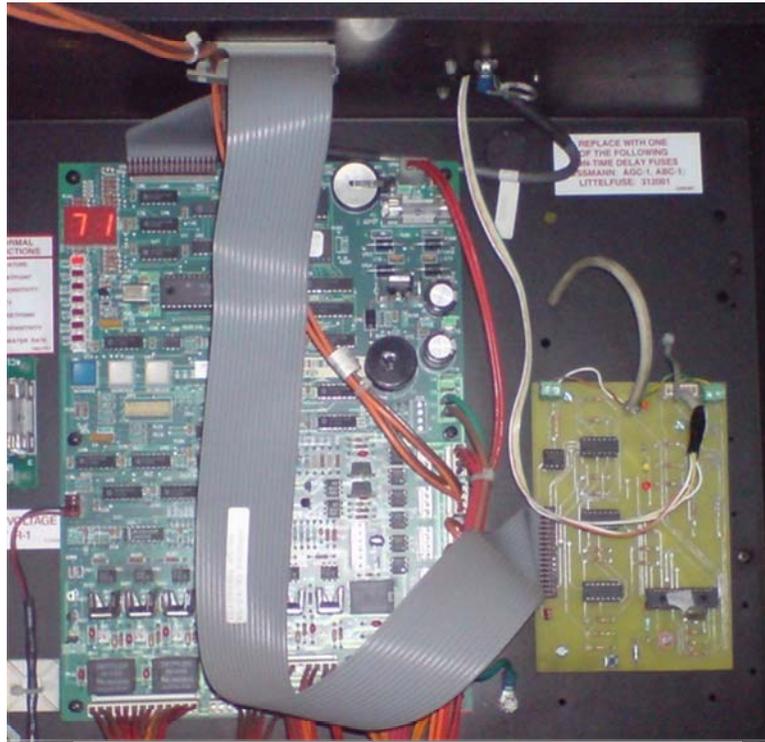


**Figura A.1** Interfaz electrónica principal.

Las conexiones se detallan de acuerdo con las letras indicadas en la figura A.1

- El punto A es un puerto de entrada y salida de alimentación, las entradas de alimentación se denotan mediante las terminales A1 (+) y A2 (común) la entrada de alimentación puede ser del rango de los 27 a los 60 voltios. Las terminales A3 (+) y A2 (común) se utilizan como salida de alimentación de 25 voltios, con el fin de suministrar alimentación al dispositivo Lantronix UDS1100-IAP.
- El puerto de conexión B como salida de voltaje hacia las demás interfaces secundarias, suministra una salida de tensión de 5 voltios, B1 es la terminal positiva y B2 es la referencia de voltaje.
- El puerto C es la conexión del modulo con el sensor SENSIRION SHT11, el pin 1 se conecta con el cable blanco del sensor, tal y como se muestra en la figura.
- Los conectores del puerto D son específicos para la conexión de la comunicación RS-485, se conectan las terminales D1 y D2 con el dispositivo Lantronix IDS1100-IAP de igual forma se conectan los cables a los demás módulos secundarios.
- El botón E se utiliza para reiniciar el microcontrolador en caso que alguno de los leds indicadores de falla se encuentren encendidos.
- El puerto F se utiliza para la conexión del puerto de datos del aire acondicionado Liebert Deluxe System /3 con la interfaz electrónica. La faja de conexión tiene indicado con color rojo la referencia de conexión, esta se

debe conectar en el pin 1 del puerto F según la figura A.1. En la figura A.2 a continuación se observa el control del los sistemas Liebert System Deluxe /3 donde se muestra conexión del puerto de datos con la tarjeta de adquisición de datos.



**Figura A.2** Conexión del control de Aires Acondicionados con la tarjeta de adquisición de datos.

Los módulos secundarios no tienen los reguladores de voltaje ya que la alimentación es suministrada por los módulos principales, solo se mencionaran las diferencias de conexión con los módulos explicados anteriormente.

- El puerto H (ver figura A.3) es la entrada de alimentación de 5v proveniente del modulo principal, el conector H1 indica la terminal positiva y el H2 el común.

- El punto G (ver figura A.3) es la resistencia de terminación, esta es reemplazable en caso necesario. Según el protocolo RS-485 es necesario su uso únicamente en el inicio y terminación de la conexión, por tanto si existen módulos intermedios no es necesario el uso de esta resistencia.

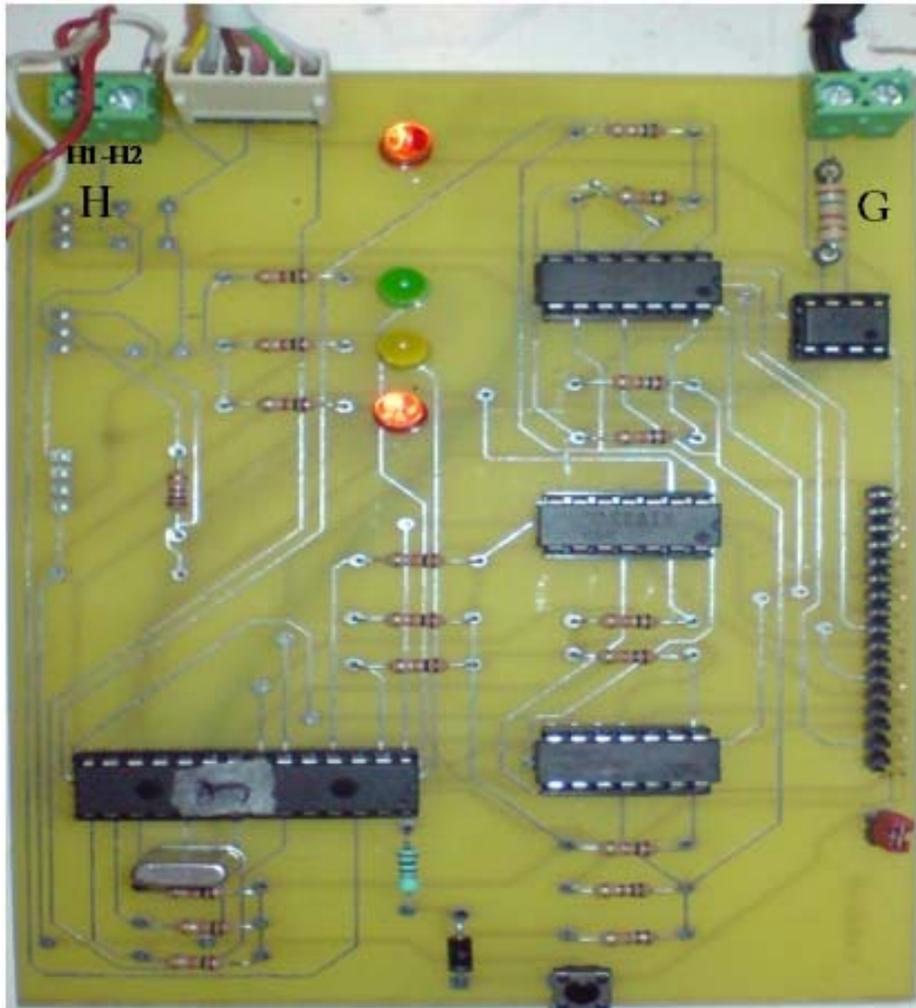
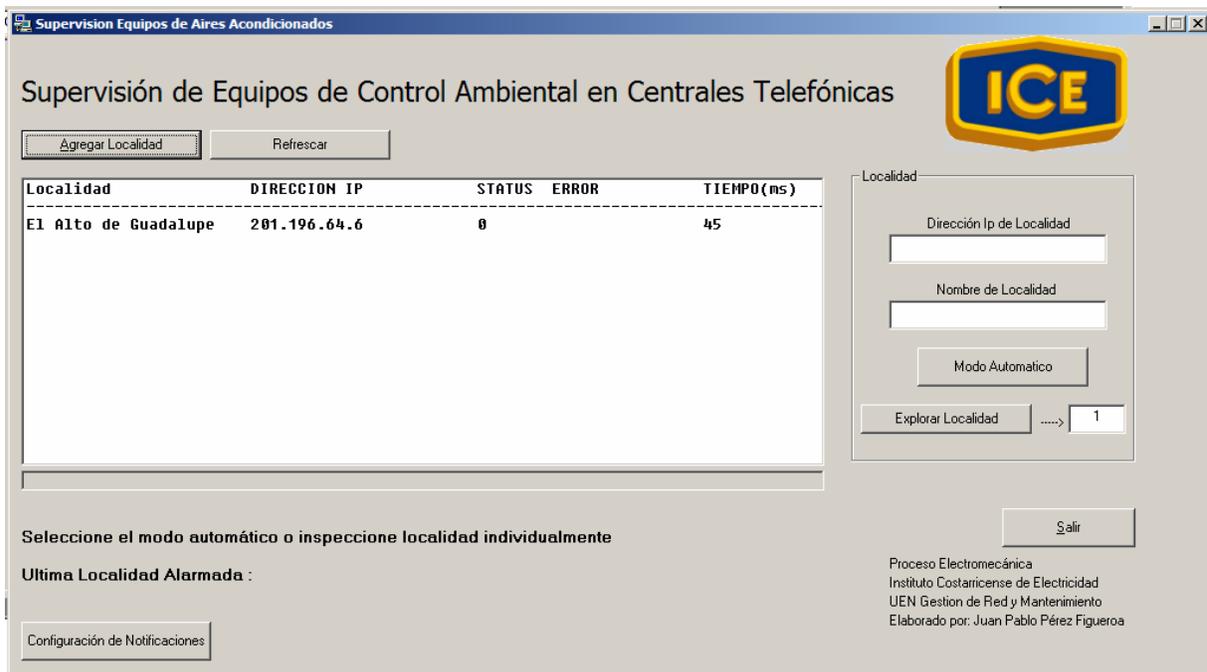


Figura A.3 Modulo Secundario.

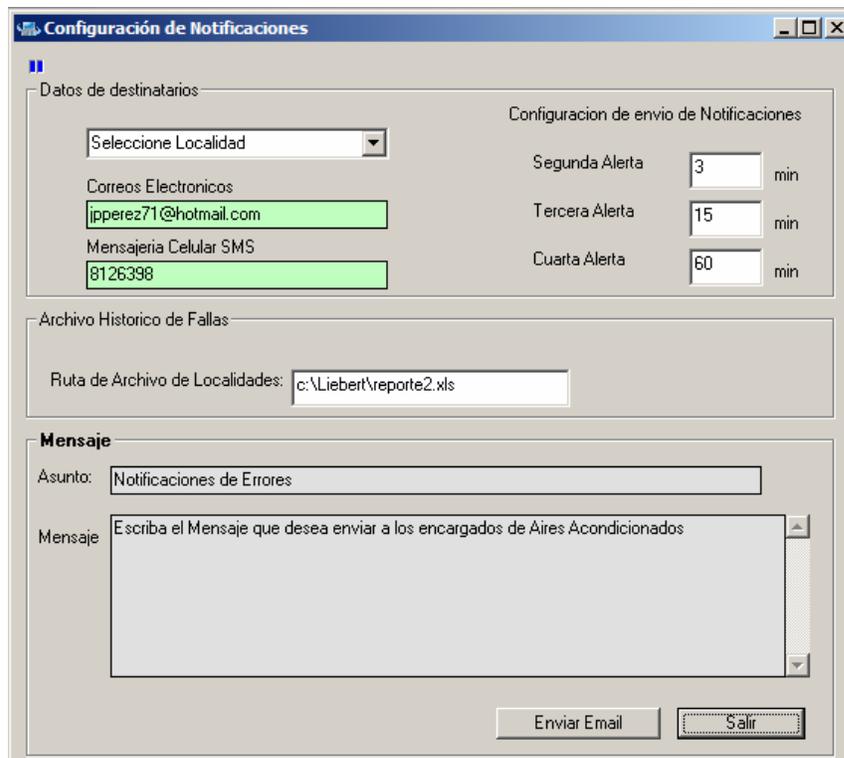
## A.2.2 Manual de Programa de Supervisión Remota.

Para ejecutar el programa es necesario que busque la carpeta llamada Liebert y ejecute el programa Liebert.exe, una vez ejecutado se desplegara el menú principal del programa de supervisión remota, que se muestra a continuación en la figura A.4.



**Figura A.4** Menú principal del programa de supervisión.

El primer paso a seguir es configurar el envío de notificaciones para ello se necesita activar con el mouse el botón **Configuración de notificaciones** una vez presionado el botón se observara un submenú igual al mostrado en la figura A.5.

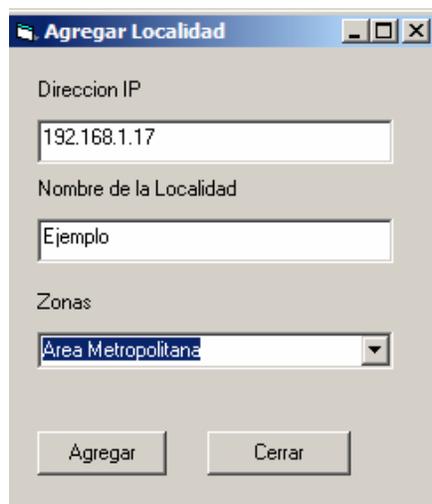


**Figura A.5** Configuración de Notificaciones.

Al acceder este menú el operador podrá configurar el correo electrónico, y el número telefónico de la persona a la que se le notificarán las averías, con solo cambiar los campos de texto con la información requerida. El operador también podrá cambiar el tiempo en que se envían las notificaciones de error cambiando el tiempo en minutos, según lo especifique el protocolo de atención de fallas del departamento. Se pueden enviar mensajes distintos a las notificaciones de error automáticas, para ello solo se requiere escribir el asunto del mensaje y el texto del mensaje seguido de presionar el botón de **Enviar Email**. Esta opción es útil para convocar reuniones del equipo de trabajo sin necesidad de abrir el correo electrónico.

Este menú tiene la opción de cambiar la ruta donde se encuentra el archivo del historial de errores, con solo cambiar la ruta de destino del archivo **Reporte2.xls**. Para volver al menú principal solo basta con dar un click sobre el botón **Salir**.

Si se instalaron físicamente nuevas interfaces electrónicas para la supervisión de Aires Acondicionados Liebert Deluxe System/3, y se necesitan incluir en el programa solo es necesario dar un click sobre el botón del menú principal llamado **Agregar Localidad** y se desplegara un submenú como el que se muestra en la figura A.6



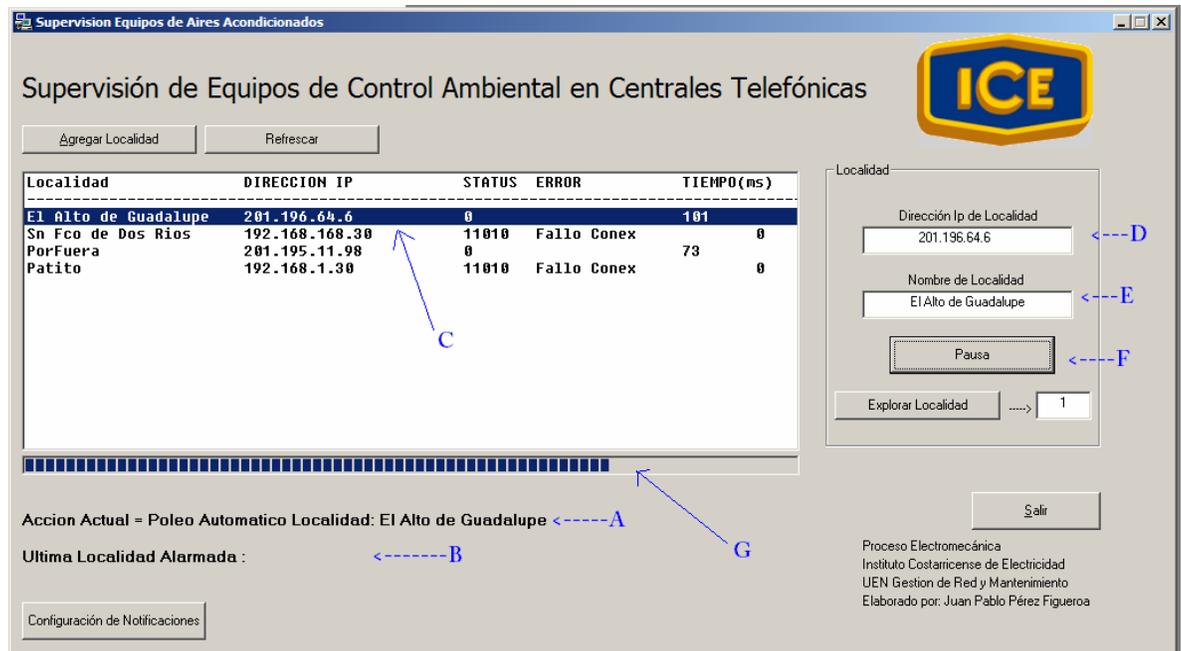
The image shows a software dialog box titled "Agregar Localidad". It has a standard Windows-style title bar with minimize, maximize, and close buttons. The dialog contains three input fields: "Direccion IP" with the text "192.168.1.17", "Nombre de la Localidad" with the text "Ejemplo", and a "Zonas" dropdown menu currently showing "Area Metropolitana". At the bottom of the dialog are two buttons: "Agregar" and "Cerrar".

**Figura A.6** Agregar Localidad.

Para agregar la localidad solo se necesita ingresar la dirección IP, el nombre y la zona de la localidad, al llenar la información requerida solo es necesario presionar el botón **Agregar**, esto agregara la localidad a la lista de sitios desplegada en el menú principal y podrá ser supervisada.

El botón Refrescar ubicado en el menú de inicio tiene la función de refrescar la información de las localidades (Estatus, Error, Tiempo). Aunque en el modo automático esta acción es realizada sin la necesidad de presionar el botón.

Si el operador requiere empezar a supervisar los equipos de climatización solo necesita presionar el botón Modo automático, esta acción le indicara al programa que es necesario hacer peticiones de estado a todos las localidades cargadas en la lista. Se tienen diversas características importantes cuando el programa se está ejecutando en modo automático las cuales se detallara a continuación de acuerdo a la figura A.7



**Figura A.7** Descripción de función modo Automático.

- Se describirá la acción realizada con el nombre de la localidad que se está inspeccionando.
- Se indica el nombre de la última localidad que fallo, en caso de que el operador requiera ver el estado de dicha localidad.
- La localidad inspeccionada se seleccionara en la lista de color azul.
- El cuadro de texto con la dirección IP de la localidad cambiara según los datos de la localidad inspeccionada.
- El cuadro de texto con el nombre de la localidad cambiara según los datos de la localidad inspeccionada.
- El nombre del botón **Modo Automático** cambiara a **Pausa**, esto con el fin de pausa el modo actual.
- Cada vez que se supervisa una localidad una barra porcentual indicara el tiempo que dura tomar los datos de una localidad.

Si el operador detecta un error en alguna de las localidades o simplemente desea observar gráficamente el estado de alguna localidad en específico deberá presionar el botón de pausa, seleccionar la localidad de la lista con el mouse mediante un click, seguido de presionar el botón **Explorar Localidad**, otra opción es dar un doble click sobre la localidad requerida. Esta acción desplegará el menú que se observa en la figura A.8



**Figura A.8** Inspección de Localidad (modo manual).

Este menú muestra las condiciones instantáneas de los aires acondicionados Liebert Deluxe System/3, la figura mostrada es muy similar a la presente en los sistemas originales. Se podrá modificar si se desea observar la temperatura en grados Fahrenheit o centígrados con solo presionar el botón

(**F**→**C**) o viceversa. El botón **Silenciar** tiene la función de desactivar el envío de notificaciones en alarmas. Al presionar esta opción se mostrara el menú mostrado en la figura A.9.

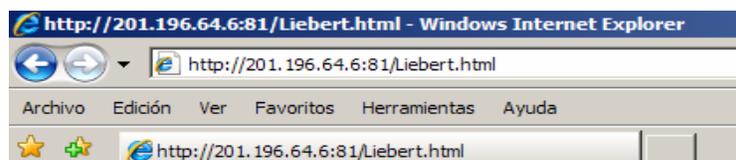


**Figura A.9** Configuración de alarmas y reinicio de sensor.

Se tendrá de igual forma en este menú la función de reiniciar el sensor, esta función solo se deberá utilizar en caso de que el sensor este generando mediciones erróneas o no validas.

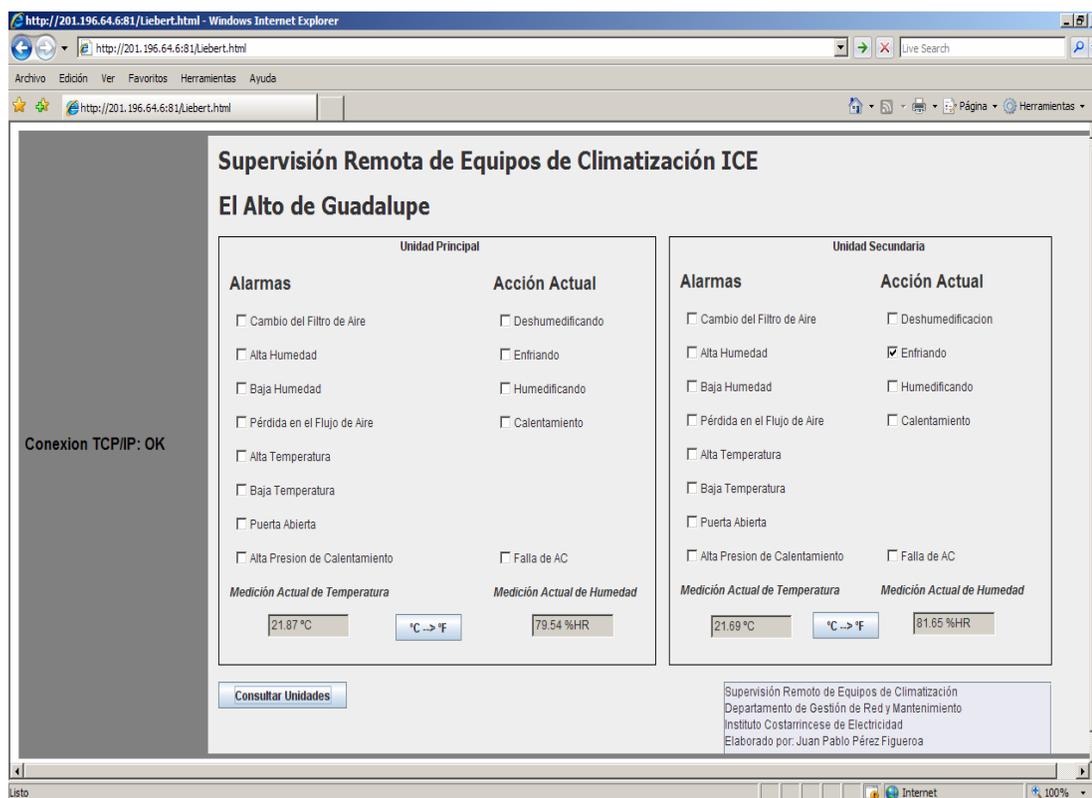
### A.2.3 Manual de utilización de Página WEB.

Para acceder la página Web solo es necesario ejecutar un navegador de internet y poner la dirección IP de la localidad seguido de :81/Liebert.html, un ejemplo de ello se muestra a continuación con la dirección de la Localidad El Alto de Guadalupe en la figura A.10.



**Figura A.10** Ingreso a Pagina Web.

Una vez ingresada la dirección antes descrita se mostrara la página web instalada en el servidor WEB del dispositivo Lantronix UDS1100-IAP ubicado en la central del Alto de Guadalupe (ver figura A.11).



**Figura A.11** Página Web con información de los equipos de control ambiental.

Para obtener los datos de la localidad solo es necesario presionar el botón **Consultar Localidades**. Esto ejecutara una acción de petición de estado a las interfaces electrónicas ubicadas en El Alto de Guadalupe y se llenaran los campos respectivos en la página web tal y como se muestra en la figura anterior.

## Anexos

### 1. Configuración de Dispositivo Lantronix UDS-1100 IAP

Es necesario configurar diferentes características en el administrador de red remoto, dentro de las cuales se encuentran:

**Dirección IP:** para cambiar la dirección IP del dispositivo hay que ingresar mediante el programa DEVICEINSTALLER suministrado por el fabricante, además de asegurarse que el dispositivo se encuentre encendido y conectado a la red deseada. Una vez ejecutado el programa se mostrara una ventana tal y como se muestra en la figura AN1.

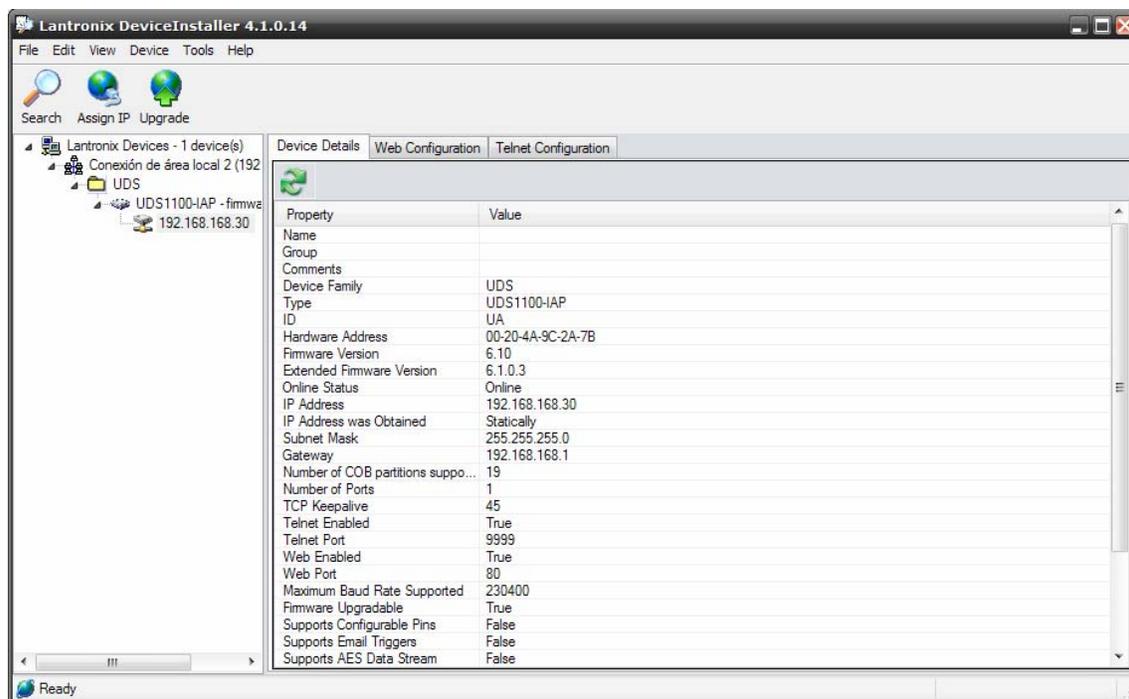
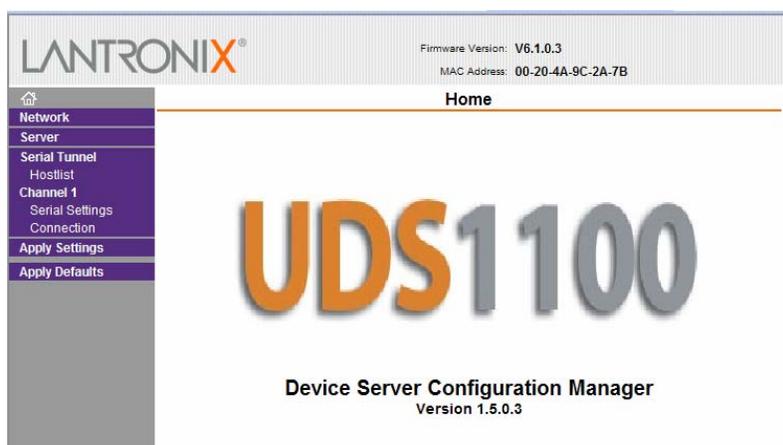


Figura AN1 Configuración de Lantronix mediante DEVICEINSTALLER

Una vez encontrado el dispositivo deseado, deberá seleccionarse y presionar el botón **Assing IP**, esta opción permitirá cambiar la dirección IP a la deseada y así poder configurar el dispositivo vía pagina WEB.

Asignada ya la dirección IP se debe ejecutar un navegador de internet como por ejemplo el Microsoft Internet Explorer, y en la barra de direcciones se digitara la dirección IP anteriormente asignada. Esta acción deberá permitir entrar en el modo configuración del dispositivo Lantronix UDS1100-IAP. Se visualizara la página de configuración como se muestra en la figura AN2.



**Figura AN2** Página de configuración principal de Lantronix.

Una vez en este menú el usuario deberá ingresar a configurar las características de la red mediante la opción NETWORK este menú permitirá configurar las características de la red interna como:

- Dirección IP
- Puerta de enlace
- Mascara de subred
- Servidor DHCP
- Velocidad de Red

Estas configuraciones se muestran en la figura AN3.

**Figura AN3** Configuración de red.

Una vez configurada de forma correcta la red, se deberá configurar las características de la comunicación serial utilizada. Para la aplicación de supervisión de equipos de control ambiental se utilizo el protocolo RS-485 de dos hilos, con una velocidad de transmisión de 9600Kbps, 8 bits de datos, sin control de flujo y un bit de parada de datos. Estas configuraciones se muestran a continuación en la figura AN4.

**Figura AN4** Configuración de comunicación serie.

Como configuración final se debe cambiar el tipo de protocolo de red, la aplicación de supervisión remota utiliza el protocolo de comunicación orientado a conexión TCP. Es necesario configurar el puerto de capa de transporte, para crear el enlace remoto. Se selecciono el puerto 10001, ya que no es reservado para otras aplicaciones. Estos dos parámetros se configuran en la opción **Connection**, en la configuración del dispositivo administrador de red remoto Lantronix UDS tal y como se muestra en la figura AN5.

**Figura AN5** Configuración de protocolo y puerto a utilizar.

Una vez configurados todas las características anteriores será necesario seleccionar la opción **Apply Settings**, y con ello el equipo estará debidamente configurado.

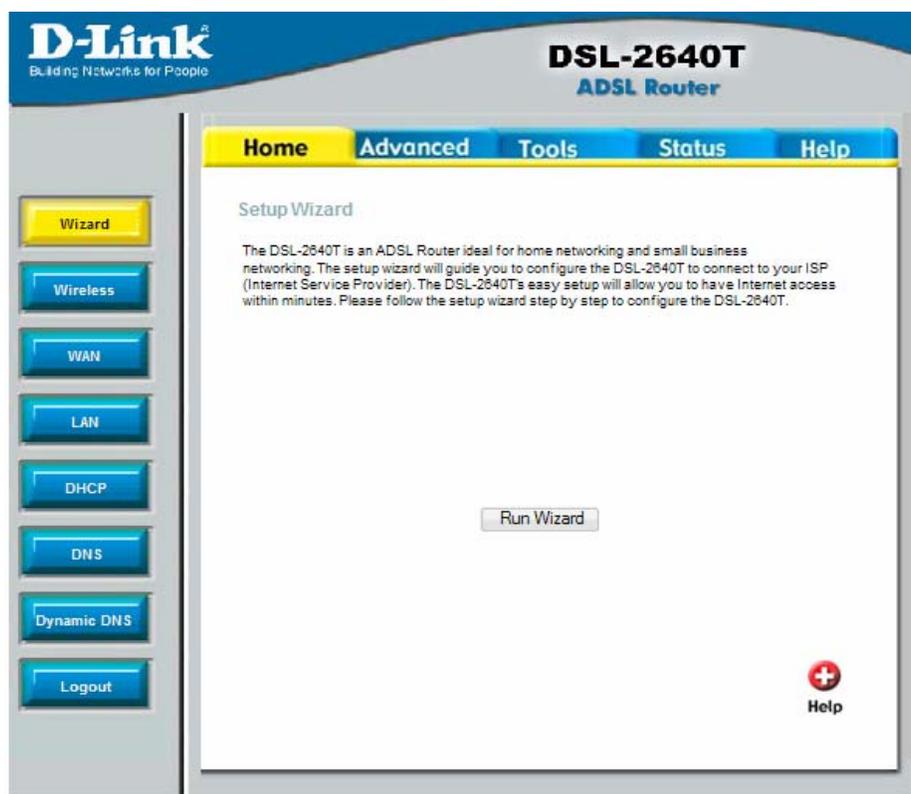
## 2. Configuración de CPE

La configuración del CPE depende de la marca del equipo que se cuente en las diferentes centrales telefónicas, se explica a continuación con los equipos de la marca DLINK modelo DSL-2604T, instalados en diversas centrales telefónicas.

Se deberá consultar con el administrador de la red, para obtener los datos sobre el CPE como lo son:

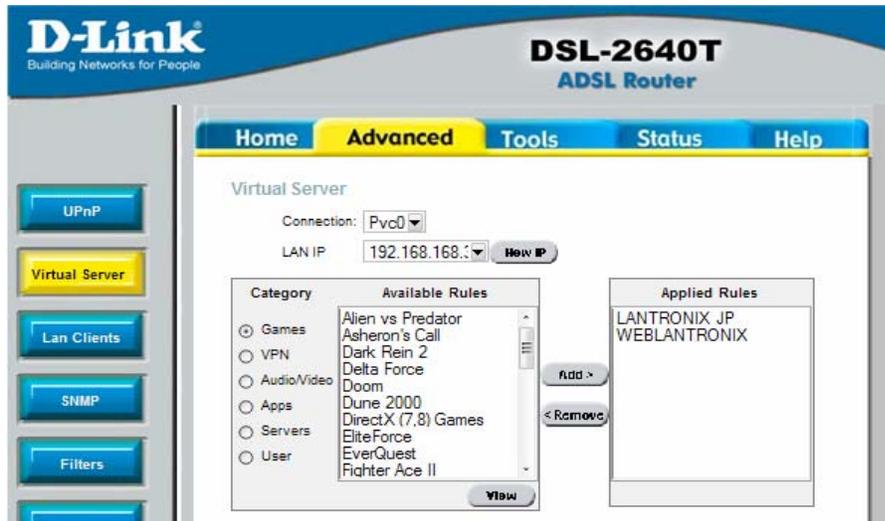
- Dirección IP
- Nombre de usuario
- Contraseña

Una vez recolectada la información anterior se deberá ejecutar un navegador de internet como por ejemplo el Microsoft Internet Explorer, y en la barra de direcciones se digitara la dirección IP, seguidamente se mostrara la ventana de acceso en donde el usuario deberá introducir el nombre y contraseña. Una vez ingresados los datos se mostrara la ventana mostrada en la figura AN6



**Figura AN6** Página principal de configuración de CPE.

El paso siguiente consiste en crear una regla que permita que el dispositivo administrador de red remoto pueda enviar y recibir datos a través del CPE, para ello es necesario seleccionar la opción Advanced y seleccionar el submenú Virtual Server como se muestra en la figura AN7.



**Figura AN7** Selección de dirección IP y categoría.

Se deberá seleccionar la dirección IP y la categoría **User**, en esta opción se marcará la opción **Add**, este botón permitirá la creación de una nueva regla. Mostrando la pantalla de la figura AN8.



**Figura AN8** Creación de reglas.

Se deberán crear dos reglas para el funcionamiento de todas las aplicaciones de la supervisión remota la primera regla es para activar un túnel virtual entre el centro de despacho de alarmas y el dispositivo administrador de red remota Lantronix UDS1100-IAP, la segunda permitirá el acceso mediante página WEB, la configuración de reglas se muestra con más detalle en la tabla AN1.

**Tabla AN1** Reglas a configurar en el CPE.

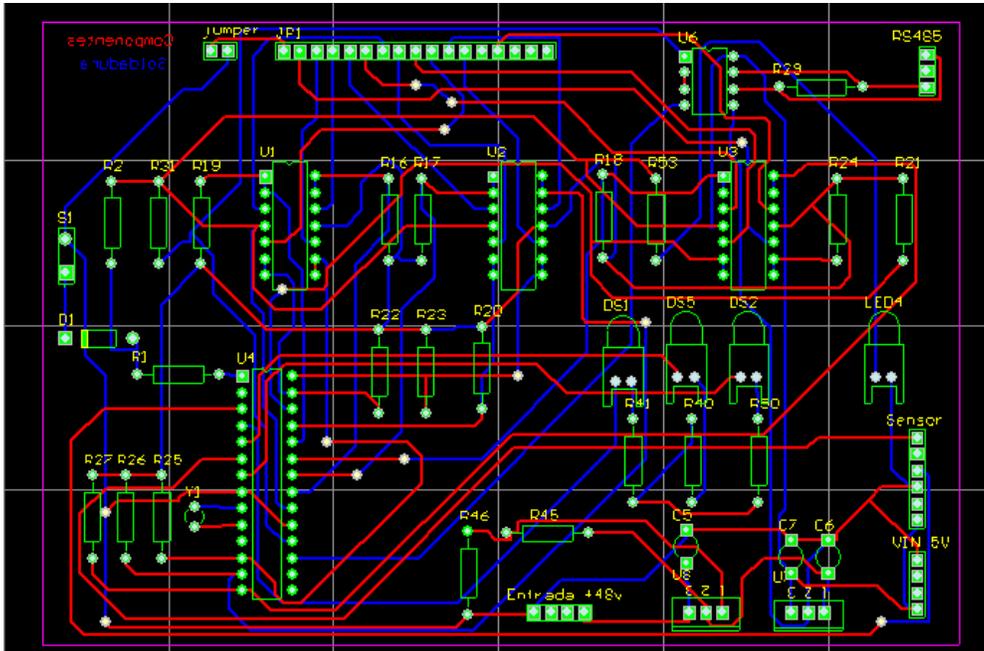
Número de Regla	Nombre de regla	Protocolo	Inicio de Puerto	Fin de Puerto	Mapeo de Puerto	Fin de Mapeo
1	Lantronix	TCP	10001	10001	10001	10001
2	Web	TCP	81	81	80	80

Una vez configurados estos parámetros se deberá salvar las configuraciones realizadas.

## 2. Diseño del circuito Impreso.

Para el desarrollo del circuito impreso se recurrió a la utilización del programa Protel DXP versión 7.2.85, se utilizo una versión Demo por 30 días. Se utilizo este programa como recomendación del personal técnico del Departamento de Circuitos Impresos del Instituto Costarricense de Electricidad. Es importante el uso de este programa ya que el mismo genera un archivo para ser utilizado en un torno CNC para hacer los agujeros del circuito impreso.

La figura AN9 muestra el diseño del circuito impreso final utilizado en la interfaz electrónica realizada. La figura muestra las pistas de dos colores, el color rojo indica las pistas realizadas en la cara frontal, las de color azul indican las pistas en la cara posterior, se decidió utilizar el diseño a dos caras, para reducir el tamaño de la placa a realizar.



**Figura AN9** Diseño del circuito impreso mediante el programa Protel DXP.