



ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA
EL MONITOREO CLIMATOLÓGICO A TRAVÉS DEL USO DE LA RED
CELULAR GPRS”**

**PROYECTO DE FIN DE CARRERA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

AUTORES:

ALEX WLADIMIR JARAMILLO ZAMORA

CRHISTIAN PAUL TINOCO TORRES

DIRECTOR:

ING. CARLOS ALBERTO CALDERÓN CÓRDOVA

LOJA – ECUADOR



CESIÓN DE DERECHOS EN TESIS DE GRADO

Yo, Alex Wladimir Jaramillo Zamora, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y acepto la disposición del Art.67 del Estatuto de la Universidad Técnica Particular de Loja, el cual de forma textual menciona: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad".

Loja, diciembre del 2011

Alex Wladimir Jaramillo Zamora

TESISTA

Yo, Crhistian Paul Tinoco Torres, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y acepto la disposición del Art.67 del Estatuto de la Universidad Técnica Particular de Loja, el cual de forma textual menciona: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional de la Universidad".

Loja, diciembre del 2011

Crhistian Paúl Tinoco Torres

TESISTA

AUTORIA

Las ideas, conceptos, procedimientos y resultados escritos en el presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Alex Wladimir Jaramillo Zamora

TESISTA

Christian Paúl Tinoco Torres

TESISTA

CERTIFICACIÓN

Ing. Carlos Calderón, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones y Docente de la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Técnica particular de Loja.

CERTIFICO:

Que el presente proyecto realizado por Alex Wladimir Jaramillo Zamora y Crhistian Paúl Tinoco Torres, ha sido orientado y revisado continuamente durante la ejecución del proyecto, el mismo que reúne los requisitos exigidos para este tipo de investigación, por lo que autorizo su presentación, sustentación y defensa.

Loja, diciembre del 2011

Ing. Carlos Calderón

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios por llenarme de sabiduría, paciencia y perseverancia para poder culminar con éxito mis estudios.

Lo dedico con mucho amor a mi esposa Doris quien con sus consejos e incondicional apoyo que me llenaba de ánimos para seguir adelante y poder culminar con este proyecto, de igual forma a mi hijo Dylan quien fue mi motivación constante de superación para brindarle un mejor futuro.

Dedico a mis padres Edwin y Miriam por ser siempre un pilar fundamental en mi vida que gracias a sus enseñanzas y consejos me dieron valor y confianza para cumplir mis objetivos, junto a ellos a mis hermanos Bernardo, Cristofer y Gissel por estar a mi lado y ser parte de mis experiencias.

Alex Wladimir Jaramillo Zamora

TESISTA

Dedico este trabajo a Dios, y a mi querida madre Doris, por su apoyo incondicional, en el transcurso de mis estudios, a mis hermanos ya que gracias a sus consejos he podido siempre guiarme por el camino del bien.

Christian Paúl Tinoco Torres

TESISTA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme salud y vida para culminar mis estudios universitarios.

A mi esposa por estar siempre a mi lado apoyándome.

A mis Padres y hermanos que siempre han estado conmigo y me han sabido comprender en los momentos difíciles.

A la planta de docentes de la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, con una mención especial para nuestro director de tesis y codirector por su apoyo en el desarrollo de este proyecto.

A la empresa KRADAC por brindarnos su apoyo y experiencia en este tipo de trabajos.

Alex Wladimir Jaramillo Zamora

TESISTA

Mi efusivo agradecimientos a la Universidad Técnica Particular de Loja, a los docentes de la de Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, por guiarme ya su vez brindarme valiosos conocimientos, en mi formación como profesional, de manera especial al Ing. Carlos Calderón director de Tesis, gracias a su sabiduría he podido culminar este proyecto, al Ing. Erwin Andreas Fries nuestro codirector de tesis quién siempre estuvo siempre presto a ayudarnos en lo fuese necesario

A la empresa KRADAC, por permitirnos hacer uso de sus herramientas de trabajo para realizar nuestras prácticas, y que gracias a sus conocimientos y experiencia, hemos podido culminar nuestro trabajo de fin de carrera.

Crhistian Paul Tinoco Torres

TESISTA

INDICE

CESIÓN DE DERECHOS EN TESIS DEGRADO.....	II
AUTORÍA.....	IV
CERTIFICACIÓN.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTOS.....	VIII
ÍNDICE.....	-1-
LISTA DE FIGURAS.....	-4-
LISTA DE TABLAS.....	-7-
RESÚMEN DE LA INVESTIGACIÓN.....	-9-
INTRODUCCIÓN.....	-11-
OBJETIVOS.....	-12-
1. CAPITULO I. CONCEPTOS DE TELEMETRÍA Y RED GPRS.....	-13-
1.1. Telemetría.....	-13-
1.2. Instrumento para la medición meteorológica.....	-13-
1.2.1. Estación Davis Vantage Pro II.....	-13-
1.2.2. Módulo de sensores integrados (ISS).....	-14-
1.2.3. Consola.....	-15-
1.2.4. Datalogger.....	-15-
1.3. Variables meteorológicas registradas.....	-16-
1.4. Interfaz de comunicación.....	-19-
1.4.1. Características básicas para la comunicación RS-232.....	-19-
1.4.2. Transmisión de datos en la interfaz serial.....	-20-
1.4.3. PROTON IDE PLUS para microcontroladores PIC.....	-21-
1.4.4. Instrucciones para la transmisión serial.....	-21-

1.5. Red GPRS.....	-22-
1.5.1. Características de GPRS.....	-23-
1.5.2. Estación móvil GPRS.....	-24-
1.5.3. Arquitectura del sistema GPRS.....	-24-
1.6. Equipo de comunicación para la red de datos GPRS.....	-26-
1.6.1. Características del modem GPRS SKYPATROL TT8750.....	-26-
2. CAPÍTULO II. SISTEMA DE MONITOREO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DAVIS VANTAGE PRO II.....	-28-
2.1. Componentes del sistema.....	-28-
2.2. Estación remota.....	-29-
2.2.1. Tarjeta de adquisición de datos (T.A.D).....	-29-
2.2.1.1. Arquitectura y circuito de la T.A.D.....	-29-
2.2.1.2. Funciones de la T.A.D.....	-34-
2.2.2. Algoritmo del PIC.....	-35-
2.2.2.1. Programa principal.....	-35-
2.2.3. Diagrama de flujo.....	-36-
2.2.3.1. Código de programación del PIC.....	-38-
2.2.3.1.1. Pedido y recepción de datos a la consola.....	-38-
2.2.3.1.2. Interpretación de los datos.....	-39-
2.2.3.1.3. Procesamiento de los datos.....	-40-
2.2.3.1.4. Almacenamiento de los datos.....	-41-
2.2.3.1.5. Envío de los datos al modem.....	-43-
2.2.4. Módem GPRS.....	-44-
2.2.4.1. Configuración del módem GPRS.....	-44-
2.3. Esquema de comunicación de datos.....	-46-
2.3.1. Componente módem GPRS.....	-46-
2.3.2. Componente red de datos GPRS.....	-47-
2.3.3. Componente servidor central.....	-48-
3. CAPÍTULO III. IMPLEMENTACIÓN.....	-49-
3.1. Estación remota.....	-49-

3.1.1. Tablero de adquisición.....	-49-
3.1.2. Conexión de los equipos.....	-50-
3.2. Estación base.....	-52-
3.2.1. Software de monitoreo.....	-52-
3.2.1.1. Lectura de datos.....	-53-
3.2.1.2. Segmentación.....	-53-
3.2.1.3. Cálculos y almacenamiento de datos.....	-55-
3.2.1.4. Visualización de datos.....	-59-
4. CAPÍTULO IV. VALIDACIÓN.....	-60-
4.1. Validación de datos.....	-60-
CONCLUSIONES.....	-65-
RECOMENDACIONES.....	-66-
BIBLIOGRAFÍA.....	-68-
ANEXOS.....	-70-
ANEXO A. Tabla de contenido del paquete LOOP 1.....	-70-
ANEXO B. Especificaciones PIC 18F4520.....	-72-
ANEXO C. Comandos de referencia del módem SKYPATROL TT8750.....	-74-
ANEXO D. Cálculos de duración de la batería.....	-83-
ANEXO E. Programa del microcontrolador.....	-87-

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.- Davis Vantage Pro II.....	-14-
Figura 1.2.- Módulo de sensores integrados.....	-14-
Figura 1.3.- Consola Vantage Pro II.....	-15-
Figura 1.4.- Datalogger.....	-16-
Figura 1.5.- Formato básico de transmisión asíncrona.....	-19-
Figura 1.6.- Flujo de datos de un formato serie.....	-20-
Figura 1.7.- Arquitectura del sistema GPRS.....	-25-
Figura 1.8.- Skypatrol Evolution TT8750.....	-26-
Figura 2.1.- Esquema y elementos de la red de Telemetría.....	-28-
Figura 2.2.- Arquitectura de la T.A.D.....	-29-
Figura 2.3.- Circuito de la tarjeta de adquisición de datos.....	-31-
Figura 2.4.- PCB de la tarjeta de adquisición de datos.....	-32-
Figura 2.5.- Circuito impreso de la TAD.....	-33-
Figura 2.6.- Diagrama de flujo del algoritmo implementado en el PIC.....	-37-
Figura 2.7.- Pedido y recepción de datos a la consola.....	-38-
Figura 2.8.- Conversión y concatenación de datos.....	-39-
Figura 2.9.- Interpretación de datos.....	-40-
Figura 2.10.- Conversión hexadecimal a decimal.....	-40-

Figura 2.11.- Validación de datos.....	-41-
Figura 2.12.- Promedio de datos.....	-41-
Figura 2.13.- Almacenamiento de datos.....	-42-
Figura 2.14.- Descarga de datos.....	-42-
Figura 2.15.- Obtener hora y fecha del modem.....	-43-
Figura 2.16- Envío de datos al modem.....	-43-
Figura 3.1.- Diagrama de distribución del tablero de adquisición.....	-49-
Figura 3.2.- Imagen del tablero de adquisición armado.....	-50-
Figura 3.3.- Diagrama de conexión del tablero de adquisición.....	-51-
Figura 3.4.- Imagen de la conexión terminada.....	-51-
Figura 3.5.- Ventana principal del software de monitoreo.....	-52-
Figura 3.6.- Funciones de escucha del puerto.....	-53-
Figura 3.7.- Trama de datos.....	-54-
Figura 3.8.- Sección de código de la segmentación en el programa.....	-54-
Figura 3.9.- Cálculos en LabVIEW.....	-56-
Figura 3.10.- Crear el archivo *.xls.....	-57-
Figura 3.11.- Almacenar las variables.....	-57-
Figura 3.12.- Archivo *.xls creado.....	-58-
Figura 3.13.- Visualización de datos en el software de monitoreo.....	-59-
Figura 4.1.- Gráfica de la humedad externa del ensayo 1	-61-

Figura 4.2.- Gráfica del error relativo del ensayo 1.....	-62-
Figura 4.3.- Gráfica de la temperatura externa ensayo 2	-63-
Figura 4.4.- Gráfica del error relativo del ensayo 2	-64-

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1.- Descripción de las variables de medición.....	-16-
Tabla 1.2.- Precisión, resolución y rango de sensores.....	-18-
Tabla 1.3.- Características comunicación RS-232.....	-19-
Tabla 2.1.- Lista de materiales de la tarjeta de adquisición de datos.....	-32-
Tabla 2.2.- Comando de datos actuales de la consola.....	-34-
Tabla 2.3.- Datos recibidos por la consola.....	-34-
Tabla 3.1.- Segmentación.....	-54-
Tabla 4.1.- Datos obtenidos del 22 de junio 2011.....	-61-
Tabla 4.2.- Datos obtenidos del día 23 de junio 2011.....	-62-

RESÚMEN DE LA INVESTIGACIÓN

El área de Hidrología y Meteorología de la Unidad Civil Geominera (UCG) de la UTPL pretende instalar una red meteorológica para el monitoreo del clima.

El proyecto tiene por objetivo el diseño e implementación de un sistema de telemetría para el monitoreo climatológico a través del uso de la red celular GPRS, se procede a implementar una tarjeta de adquisición de datos (T.A.D.) que tomará los datos de los sensores de la estación meteorológica Davis Vantage PRO II, los procesará, almacenará y enviará al módem GPRS, esto corresponde a la estación remota.

El módem enviará los datos a través de la red celular GPRS hasta un servidor de la UTPL, este tiene una dirección IP pública estática y un número de puerto, parámetros previamente ya configurados en los módems.

En la estación base se encuentra el software de monitoreo que escucha el número del puerto, extrae, procesa, almacena y presenta los datos de manera gráfica y numérica. El almacenamiento lo realiza diariamente en un archivo *.xls de Microsoft Excel que lleva el nombre del día en que se registraron los datos.

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto, tiene como objetivo principal la recolección remota de los datos meteorológicos sensados por la estación meteorológica Davis Vantage PRO II en la provincia de Loja, para la realización de este proyecto se utilizará, como medio de comunicación, la red GPRS, ésta nos servirá para hacer el envío de los datos.

Con el fin de transmitir en tiempo real la información recopilada por los diferentes sensores de la estación remota, se presentará el equipo modem para la comunicación a través de la red GPRS como también el lenguaje para su operación y configuración, los datos serán receptados e interpretados, en el área de Hidrología y Meteorología de la Unidad Civil Geominera de la Universidad Técnica Particular de Loja, la misma que ha planteado un proyecto que pretende instalar una red meteorológica para el monitoreo del clima para calibrar y validar los datos calculados de imágenes satelitales y del radar de lluvia LAWR (Local Area Weather Radar, ubicado en el cerro El Tiro, facilitado por la Universidad de Marburg).

Las estaciones meteorológicas Davis Vantage Pro 2, se instalarán en las cimas de las montañas (Villonaco y Ventanas), para recibir datos climáticos de grandes alturas, como también se instalarán en los valles de Loja y Catamayo. Los datos recibidos de las estaciones meteorológicas se usarán para regionalizar los elementos climáticos y obtener mapas de alta resolución. Estos mapas son necesarios para la investigación y el trabajo de otras áreas, por ejemplo: biología, ecología, forestales, ingeniería civil etc., no solo para entender la distribución de las plantas o la prevención de riesgos (sequía e inundación), sino también para analizar el impacto del cambio climático en el medio ambiente, y de esta manera, salvaguardar la vida humana y los bienes materiales de posibles desastres naturales en nuestra ciudad.

Cuando existen sistemas que se encuentran localizados a largas distancias, es necesario un método que permita obtener la información recolectada de manera rápida, para esto existe la telemetría que permite el monitoreo de procesos por medio

de un sistema de telecomunicaciones, logrando así poder realizar una base de datos y sobre la cual realizar respectivos análisis del estado climatológico.

En el caso convencional, en el que una persona tenga que realizar acciones como, la recolección de datos y reconfiguración de los equipos que se encuentren ubicados en lugares remotos, se pueden encontrar con dificultades como son: la ubicación geográfica del lugar, la accesibilidad, y el tiempo que se invertiría al visitar la estación para obtener las variables, es por ello que la telemetría es una solución a estas dificultades.

Con un sistema de telemetría se pueden lograr ventajas como:

- Elimina el error humano en la medición.
- Disminución del tiempo de la recopilación de las mediciones tomadas.
- Toma de lectura de un gran número de estaciones meteorológicas desde un solo lugar.
- Bajos costos de lectura de la información.
- Almacenamiento de la información en archivos con diferentes formatos para su procesamiento.

OBJETIVOS

Objetivo general.

Diseñar e implementar un sistema de telemetría para el monitoreo climatológico a través del uso de la red celular GPRS.

Objetivos específicos.

- Diseñar una tarjeta universal de adquisición de datos que permita extraer la información de la estación meteorológica Davis.
- Diseñar e implementar la interfaz de transmisión y recepción de datos.
- Diseñar e implementar el case de la estación remota.
- Elaborar un software para la visualización, análisis y registro de los datos en la estación base.

CAPITULO I

CONCEPTOS DE TELEMETRÍA Y RED GPRS

1.1. Telemetría

La Telemetría consiste en la adquisición de datos, a distancia mediante sensores o transductores ya sean estos analógicos o digitales y enviarlos a una estación de control a través de un sistema de telecomunicaciones donde estos datos son administrados, procesados y visualizados.¹

Todos los datos sensados por la estación Davis, son registrados y almacenados en la consola (figura 1.3).

1.2. Instrumento de medición meteorológica

1.2.1. Estación Davis Vantage PRO II

Las estaciones meteorológicas Davis son equipos que permiten obtener mediciones fiables y precisas de las condiciones climatológicas tales como la presión barométrica, temperatura, humedad, lluvia, velocidad del viento y dirección.

Componentes de la estación Davis Vantage PRO II:

- Pluviómetro
- Anemómetro
- ISS (Módulo de Sensores Integrados)
- Sensores de radiación Solar y UV
- Sensores de temperatura y humedad del suelo

¹ <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/41/8/Capitulo2.pdf>



Figura 1.1.- Davis Vantage Pro II.²

1.2.2. Módulo de Sensores Integrados (ISS)

El ISS reúne varios tipos de lecturas meteorológicas, los datos se digitalizan y se envían, para visualizar en la consola Vantage Pro II, mediante transmisión inalámbrica.

El ISS mide las siguientes variables meteorológicas:

- Velocidad del viento
- Dirección del viento
- Precipitación
- Temperatura exterior
- Humedad exterior
- Radiación ultravioleta (UV)
- Radiación solar



Figura 1.2.- Módulo de sensores integrados.³

²Imagen tomada del documento Davis Instruments, Instrumentos Meteorológicos de Precisión, pág. 6

1.2.3. Consola

La consola (figura 1.3) nos permite visualizar las variables meteorológicas obtenidas por el ISS, esta consola cuenta con sensores integrados como, termómetro para Interiores, Barómetro y Sensor de Humedad Interior que también son visualizados.

La consola es capaz de recibir datos desde el ISS, hasta 300 m (1000 pies) en línea visual, además posee una memoria interna que puede almacenar hasta 2560 registros (un registro tiene un tamaño de 52 bytes por cada intervalo). Los registros se almacenan en 128 KBytes de memoria no volátil, existe la protección de los datos incluso si la consola no tuviera energía.



Figura 1.3.- Consola Vantage Pro II.⁴

1.2.4. Datalogger

Este dispositivo (figura 1.4) que forma parte de la consola, y que no viene integrado, permite descargar los datos almacenados en la consola hacia una PC, la descarga se puede realizar mediante comunicación serial o USB.

³Imagen tomada del documento Davis Instruments, Instrumentos Meteorológicos de Precisión, pág. 1

⁴Imagen tomada de, http://www.vidcol.com/index.php?view=article&catid=37%3Aequipos-de-laboratorio&id=51%3Adavis-instruments&format=pdf&option=com_content, pág. 2



Figura1.4.- Datalogger.

1.3. Variables meteorológicas registradas.

La estación meteorológica Davis Vantage PRO II, registra y almacena, un conjunto de datos meteorológicos, y que a su vez son visualizados en la consola de la estación, para los propósitos de estudio en el área de Hidrología y Meteorología de la UCG, sólo tomaremos algunos de ellos para la realización del proyecto de telemetría, estos se enuncian en la tabla 1.1.

Tabla 1.1.- Descripción de las variables de medición.

Variable	Tipo de Sensor	Ubicación	Descripción
<i>Presión atmosférica</i>	Barómetro	Integrado en la consola y se calibra cuando ingresamos la altitud de nuestra localización en la configuración inicial.	Mide la presión atmosférica ⁵
<i>Temperatura interna</i>		Integrado en la consola	Mide la temperatura interior del aire
<i>Humedad interna (relativa)</i>		Integrado en la consola	Mide la humedad interna ⁶ . Ésta se indica en tanto por ciento.
<i>Temperatura externa</i>		ISS	Mide la temperatura exterior del aire.
<i>Humedad externa</i>		ISS	Mide la humedad externa, Ésta se indica en tanto por ciento.

⁵ Presión Atmosférica: Peso del aire de nuestra atmósfera que ejerce una presión sobre la superficie de la tierra.

⁶ Humedad Interna y Externa: Es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Sin embargo, la cantidad de vapor de agua que el aire puede contener varía según la temperatura y la presión

<i>Velocidad de viento</i>			Mide la velocidad y la dirección del viento.
<i>Dirección del viento</i>	Anemómetro Velocidad: Tazas de viento e interruptor magnético. Dirección: Veleta y potenciómetro	El cuerpo del anemómetro, como la veleta, están sujetos a un brazo, que tiene sobre una base para asegurarse al mástil de la estación ubicada en la parte externa	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad: se usa cazoletas pequeñas porque son menos sensibles a vientos flojos, pero sin embargo son más resistentes a vientos fuertes • Dirección: se usa la veleta gira 360°, para mostrar en la consola las direcciones actual y dominante.
<i>Temperatura del suelo</i>	Alambre de platino termistor	Ubicado en la parte externa e instalado sobre un módulo adicional de la estación Davis.	Sonda de temperatura multiusos con terminal de acero inoxidable de 64 mm de largo
<i>Humedad del suelo</i>	Resistencia eléctrica		El sensor de humedad de suelo Watermark utiliza la resistencia eléctrica para medir el nivel de humedad del subsuelo
<i>Tasa de lluvia</i>	Pluviómetro	El colector de lluvia está sujetado a presión, en la parte superior del ISS	Mide la cantidad de agua precipitada en un lugar determinado.
<i>Lluvia en tormenta</i>			
<i>UV</i>	El transductor es un fotodiodo semiconductor que responde sólo a la radiación en la región de interés	Estos sensores de UV y radiación solar están en la parte posterior del colector de lluvia, sobre una base que va sujetada al cuerpo de la estación Davis.	Mide la porción del espectro Ultra-Violeta que quema la piel. Le permite conocer el índice UV, la tasa de exposición, y la dosis diaria y acumulada
<i>Radiación solar</i>	Transductor del sensor, que convierte la radiación incidente a la corriente eléctrica, es un fotodiodo de silicio con una respuesta espectral.		Mide la radiación solar y se requiere (junto con el anemómetro y el sensor de humedad/temperatura exterior) si desea medir la evapotranspiración ⁷ .
<i>ET en el día</i>	Radiación solar,		La evapotranspiración es

⁷La evapotranspiración (ET) es una medida de la cantidad de vapor de agua devuelto al aire en un área dada.

	Temperatura / Humedad y Anemómetro	una medida de la cantidad de vapor de agua devuelto al aire en un área dada.
--	------------------------------------	--

Las características de precisión, resolución y rango de cada uno de los sensores se muestran a continuación (tabla 1.2).

Tabla 1.2.- Precisión, resolución y rango de sensores.⁸

PRECISIÓN, RESOLUCIÓN Y RANGO DE SENSORES				
Función	Variable	Resolución	Rango	Precisión ±
Agrícola	Evapotranspiración	0,1mm	Día:999.9 mm Mes:1999.9 mm Año: 1999.9 mm	5%
	Humedad de hojas	1	0 a 15	0,5
	Humedad de suelo	1 cb	0 a 200 cb	
Presión Barométrica	Presión barométrica (rango de altitud -3000 a +3800 m (-1000 a +12500’))	0,1 mm Hg	660 a 810 mm Hg	0,8 mm Hg
		0,1 mb	880 a 1080 mb	1,0 mb
		0,1 hPa	880 a 1080 hPa	1,0 hPa
Humedad	Humedad interior	1%	10% a 90%	5%
	Humedad exterior	1%	0% a 100%	3%
	Punto de rocío	1°C	-76° a +54°C	1,5 °C
Lluvia caída	Lluvia caída	0,2 mm	Día : 0 a 9999 mm Tormenta:0 a 9999 mm Mes: 0 a 19999 mm Año: 0 a 19999 mm	4%
	Tasa de lluvia caída	0,1 mm	0 a 1999,9 mm/h	5%
Solar y UV	Radiación solar	1 W/m ²	0 a 1800 W/m ²	5%
	Energía solar	PC: 0,1 J/cm ²	PC: 19999,9 J/cm ²	5%
	Dosis de UV	0,1 dosis media	0 a 199 de dosis media	5%
	Índice de UV	0,1	0 a 16	5%
Temperatura	Temperatura interior	0,1°C	0° a 60°C	0,5 °C
	Temperatura exterior	0,1°C	-40° a +65°C	0,5 °C
	Temperatura de suelo	1°C	-40° a +65°C	0,5 °C
	Índice de Temp-Hum-Sol-Viento	1°C	-79° a +54°C	1 °C
Viento	Dirección del viento	1°	0° a 360°	7°
	Compás (Rosa de los vientos)	22,5°	16 puntos de compás	7°
	Velocidad del viento	0,1 m/s	1 a 67 m/s	5%
		1 km/h	3 a 241 km/h	
	Dirección del alta velocidad	22,5°	16 puntos de compás	7°

⁸Tabla tomada del documento Davis Instruments, Instrumentos Meteorológicos de Precisión, pág. 19

1.4. Interfaz de comunicación

1.4.1. Características básicas para la comunicación RS-232

EL RS-232 es un estándar de comunicación serial, orientado al enlace físico, se basa en una comunicación asincrónica, es decir, los datos pueden ser transmitidos en cualquier momento, la interfaz entre el PIC y el modem GPRS es una comunicación asincrónica, por lo tanto para el intercambio de información se requiere que ambos elementos, utilicen las mismas características de transmisión, una de las principales es la velocidad (baudrate), en el presente proyecto utilizaremos 9600 bits por segundo.

En la transmisión asíncrona, por cada carácter se envía al menos 1 bit de inicio y 1 bit de parada, así como opcionalmente 1 bit de paridad (figura 1.5).

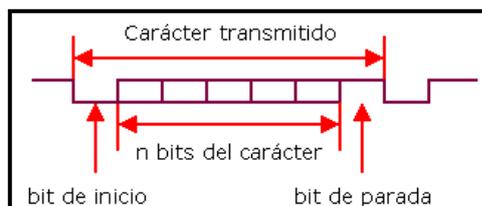


Figura 1.5.- Formato básico de transmisión asíncrona.

El enlace RS-232 envía señales de tensión por las líneas, con referencia a tierra, dispone de un alcance máximo de 15 metros entre equipos y un amplio rango de velocidades de transmisión de datos.⁹

En la tabla 1.3 se muestra las características de la comunicación serial.

Tabla 1.3.- Características de la comunicación RS-232.

Característica	Descripción
Velocidad	El número de bits por segundo que se transfieren.
Bit de datos	Bits de transmisión (5, 7 y 8) por paquete, dependen del tipo de información.
Bits de parada	Indican el fin de un paquete, 1 o 2 bits.
Paridad	Verifica si hay errores en la transmisión.

⁹ <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/331/1/38T00174.pdf>

	<p>Tipos de paridad:</p> <p><u>Ninguna</u>: No se incluye paridad en el byte transferido.</p> <p><u>Par</u>: Se agrega un bit al byte total de modo que el carácter completo incluyendo los bits de partida término, información y de paridad tenga un número par de bits.</p> <p><u>Impar</u>: El string completo tiene un número impar de bits.</p> <p><u>Uno</u>: Se agrega siempre un bit 1 lógico a todos los caracteres transferidos.</p> <p><u>Cero</u>: Se agrega un 0 lógico a todos los caracteres transferidos.</p>
--	--

Todas las características de la interfaz serie son totalmente configurables.

1.4.2. Transmisión de datos en la interfaz serial

En RS232, cada carácter que es transmitido a través de la interfaz serial (figura 1.6) está referido en el tiempo al bit de inicio, luego los tiempos internos de ambos dispositivos, conectados entre sí, tienen solamente que permanecer en sincronismo para cada carácter transferido, posteriormente los relojes vuelvan a sincronizarse al comienzo del próximo string que es enviado.

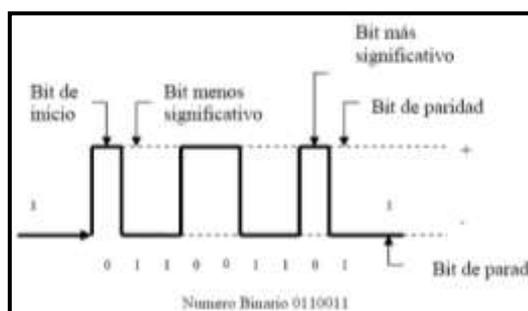


Figura 1.6.- Flujo de datos de un formato serie.¹⁰

Aunque se utilizan 7 bits para representar un carácter ASCII, se usan comúnmente 8 bits, el octavo bit es designado como un bit de paridad, para dar la confiabilidad de los datos transferidos, ya que se utiliza para chequear los errores que pudieran producirse entre la creación de un string y su lectura, siempre se pone a (1L) o (0L) de modo que el número total de bits 1L es siempre par o impar.

¹⁰ Imagen tomada de la Tesis: MARTHA ELIZABETH ALULEMA, Estudio de la comunicación con los comandos AT y microcontroladores caso práctico de implementación de un prototipo sistema de gestión de alarma para vivienda con monitoreo mediante telefonía celular, pág. 85

1.4.3. PROTON IDE Plus para microcontroladores PIC

El compilador PROTON IDE Plus es un lenguaje de programación que permite realizar firmware para los micro controladores PIC.

El Pic Basic Pro (PBP) permite programar una variedad de micro controladores de diferente número de pines y que disponen de convertidores A/D, temporizadores y puertos seriales.

El microcontrolador usado es el PIC18F4520 del fabricante Microchip Technology Inc., el cual presenta características muy importantes para la realización del proyecto, como la tecnología flash (EEPROM), que permite un borrado rápido y reprogramación para acelerar; la depuración de programas y el trabajo con cadena de caracteres.

Este microcontrolador es el encargado de controlar los periféricos y procesar la información de los parámetros de interés (variables meteorológicas). En su interior tendrá diversas instrucciones que le permitan la interacción con la estación meteorológica.

Además disponen de memoria de datos no volátil que puede ser usada para archivar variables y otros parámetros.

1.4.4. Instrucciones para la transmisión serial

El programa que se desarrolla para la aplicación de este proyecto tiene como base la comunicación serial asincrónica y para este propósito el programa PBP es de mucha ayuda, ya que se puede emplear una sola instrucción para ejecutar la comunicación serial con un dispositivo externo (consola Davis y modem), además la salida y entrada de datos se efectúa por los pines del microcontrolador que se especifique.

Para la comunicación con el modem se utilizaron los siguientes comandos:

- **SEROUT**

Con SEROUT se envía uno o más ítems al puerto serial de hardware en dispositivos que soportan comunicación serial asincrónica.

La instrucción es la siguiente:

SEROUT Tpin {\Fpin}, Baudmode, {Pace,} {Timeout, Tlabel,} [OutputData]

Al trabajar con SEROUT se tiene que definir la velocidad de transferencia, setear el registro de transmisión y habilitar el puerto de comunicación serial asincrónico.

- **SERIN**

Recibe uno o más ítems de un puerto serial (de hardware) en dispositivos que soportan comunicaciones seriales asincrónicas por hardware.

SERIN es una de varias funciones seriales asincrónicas pre-establecida, Sólo puede ser usada en dispositivos que posean hardware USART. Estas especificaciones técnicas vienen en la hoja de datos del dispositivo (Anexo B).

La instrucción es la siguiente:

SERIN Rpin {\Fpin}, Baudmode, {Plabel,} {Timeout, Tlabel,} [InputData]

1.5. Red GPRS

El sistema GPRS (General Packet Radio Service) es una tecnología que fue desarrollada para facilitar el acceso a redes de paquetes de datos, tanto X.25 como IP. Desde el punto de vista de la telefonía móvil fue utilizado para modificar la forma de transmitir datos en una red GSM (Global System for Mobile

Communication), pasando de la conmutación de circuitos a la conmutación de paquetes.¹¹

La conmutación de paquetes permite fundamentalmente poder compartir los recursos radio. Un usuario GPRS sólo usará la red cuando envíe o reciba un paquete de información y todo el tiempo que esté inactivo podrá ser utilizado por otros usuarios para enviar y recibir información, en GPRS es posible tener terminales que gestionen cuatro canales simultáneos de recepción y dos de transmisión, pasando de velocidades de 9,6 Kbps en GSM a 40 Kbps en recepción y 20 Kbps de transmisión en GPRS.

1.5.1. Características de GPRS

Las características principales de GPRS son las siguientes:

- Optimización de los recursos radio.
- Conexión con redes externas de datos (X.25, IP, etc.).
- Introducción la conmutación de paquetes de datos extremo a extremo.
- Calidad de servicio y tipo de servicio. Se pueden controlar aspectos como el retardo de entrega de los paquetes, el caudal medio y de pico ofertado y la fiabilidad del enlace.
- Tarificación por volumen de datos intercambiados y por calidad de servicio ofertada.
- Coexistencia con el sistema GSM.
- Permite destinar varias ráfagas (slots) a un mismo usuario, lo que permite velocidades de transmisión de pico elevadas.
- Ofrece un gran potencial para la creación de nuevos servicios de valor añadido (Servidores de Internet) ya que la asignación de recursos del enlace ascendente y descendente están absolutamente desacopladas (el enlace ya no es simétrico). Esto permite tratar de modo eficiente aplicaciones que generen tráfico asimétrico.

¹¹ <http://dSPACE.epn.edu.ec/bitstream/15000/8706/4/T10891CAP2.pdf>

1.5.2. Estación Móvil GPRS

Una estación móvil es el equipo transportable, con el cual se desplaza el usuario de la red y que, dependiendo del sistema, permite una mayor o menor movilidad¹².

Una estación móvil GPRS puede trabajar en tres modos de operación:

- **Modo de operación de la clase A:** Las terminales soportan GPRS y otros servicios GSM estos son: voz o mensajes cortos simultáneamente.
- **Modo de operación de la clase B:** La estación móvil se engancha tanto al servicio GPRS como al servicio GSM simultáneamente, pero la estación móvil puede funcionar solamente en uno de los servicios a la vez.
- **Modo de operación de la clase C:** La estación móvil puede estar enganchada solamente a la red GSM o a la red de GPRS. La selección se hace manualmente y no hay operaciones simultáneas.

El modo de operación que se utilizará para el proyecto es de clase B, debido a que cumple con las necesidades que requiere el proyecto y de esta manera conseguir que la comunicación sea fiable.

Para la comunicación de los datos recolectados en la estación remota, se utilizará la red GPRS de la Empresa MOVISTAR (Otecel S.A), empresa que cuenta con este servicio en nuestro país.

1.5.3. Arquitectura del sistema GPRS

La arquitectura del sistema GPRS tiene un conjunto de componentes que se suman a los ya existentes en la antigua arquitectura GSM, en la figura 1.7 se puede apreciar los componentes que la constituyen, estos son: **PCU, SGSN y GGSN.**¹³

^{12, 13} <http://cde05.etse.urv.es/pub/pdf/1162pub.pdf>

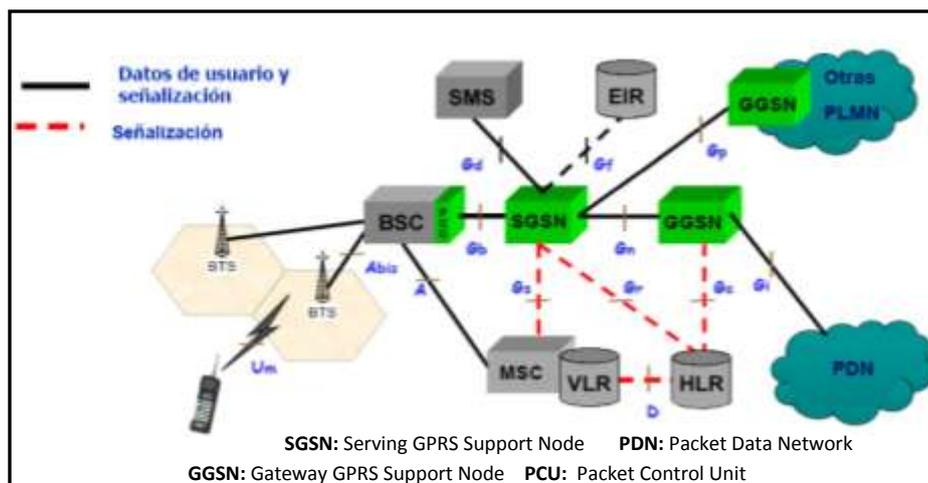


Figura 1.7.- Arquitectura del sistema GPRS.¹⁴

- ❖ **Packet Control Unit (PCU):** Requerido para el control y gestión de los paquetes. Es responsable de las capas RLC (Radio Link Control) y MAC (Medium Access Control), PCU tiene la función de gestiona la transferencia de paquetes de datos de usuario entre terminales móviles y el SGSN y se encarga de la asignación y liberación de los recursos de radio.

- ❖ **Serving GPRS Support Node (SGSN):**
 - Transferencia y encaminamiento de paquetes IP salientes y entrantes.
 - Maneja la capacidad de los BSCs conectados
 - Sirve a los abonados GPRS conectados en un “área de servicio SGSN”.
 - Cifrado y autenticación.
 - Gestión de sesión y de movilidad.
 - Salida de datos de uso y facturación.

- ❖ **Gateway GPRS Support Node (GGSN):**
 - Interfaz hacia las redes de paquetes externas IP.

¹⁴ Imagen tomada de la Tesis: ÁLVARO RUANO FERNÁNDEZ, Despliegue de un sistema de telefonía móvil GSM/GPRS en las comarcas de Tarragona, pág. 54.

- Desde la red IP externa, el GGSN actúa como un router para las direcciones IP de todos los abonados servidos por la red GPRS.
- Gestión de sesión GPRS; comunicación hacia la red externa.
- Funcionalidad de asociar a los abonados con el SGSN correcto.
- Maneja la capacidad de todos los SGSNs conectados.
- Salida de datos de facturación del uso de la red de datos externa de las MS.

1.6. Equipo de comunicación para la red de datos GPRS

El Modem GPRS SKYPATROL TT8750 es un módem inalámbrico externo que permite transmitir datos y voz a través del puerto serial.

1.6.1. Características del modem Skypatrol Evolution TT8750



Figura 1.8.- Skypatrol Evolution TT8750.¹⁵

Características Técnicas:

- 02 entradas digitales
- 01 salida digital (Open Collector 250mA)
- Entrada de detección de ignición
- Servicio de transmisión de paquetes vía GPRS UDP PAD, TCP, PAD
- (UDP/TCP)
- Tecnología GSM (Capacidad de Voice/SMS)
- Programación de eventos, software de, programación Sky Config

¹⁵ Imagen tomada del documento, TELEPULUS dispositivos AVL, Localización Vehicular Automática

- Quad-Band operando en 850/900/1800/1900 MHz
- Batería Interna recargable Li-Ión (3 Horas Autonomía)
- Frecuencia de envío de mensajes: 1 minuto
- Almacenamiento de información: 4,000 registros
- Hasta 25 Geocercas
- Interfaz de configuración: RS232 y SMS

Ambiente de Operación y Certificación:

- Operación: -30°C a +70°C
- Almacenado: -30°C a +70°C
- Humedad: Hasta 95% sin condensación
- Vibración: En acuerdo con el estándar SAE J1
- Certificación FCC CFR Parts 15 and 25

Interfaz de Aplicación

- Host Protocols: PPP, Comandos AT, UDP API, TCP/IP, CMUX
- API Control/Status: AT ó UDP API, TCP API,
- Característica IP
- Comandos sobre Aire: Control de I/O, Intervalos de Tx de GPS, Reportes Binarios, Reportes Periódicos, Reportes de Alarmas, Reporte de Estado de Cambio, Contenido de GPS, Reporte de Eventos, Reporte de Distancia, Geo-Cercas(hasta 25), Odómetro Virtual

Packet Data GPRS:

- Modo: Clase B (GPRS y GSM, uno a la vez), Certificado Multislot 10 (utiliza 4 slots downlink (24-36kbps), 2 slots uplink (16-24kbps) y tiene 5 slots activos) Protocolo: GSM/GPRS Release 97 AMR, SMG 31
- Esquema de Codificación: CS1 – CS4
- Paquetes de Canal: PBCCH/PCCCH

CAPITULO II

SISTEMA DE MONITOREO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DAVIS VANTAGE PRO II

En el presente capítulo se describirá el diseño y funcionamiento del sistema de monitoreo de la estación meteorológica Davis Vantage Pro II, en el diseño está el desarrollo de una tarjeta electrónica que será utilizada como interfaz entre el módem GPRS y la consola de la estación meteorológica, permitiendo la comunicación entre la aplicación software que se ejecuta en la estación central con las consolas ubicadas en las estaciones remotas.

2.1. Componentes del sistema

En la figura 2.1 se puede apreciar el sistema de telemetría con todos los componentes necesarios para llevar a cabo el monitoreo de la estación meteorológica Davis Vantage Pro II.

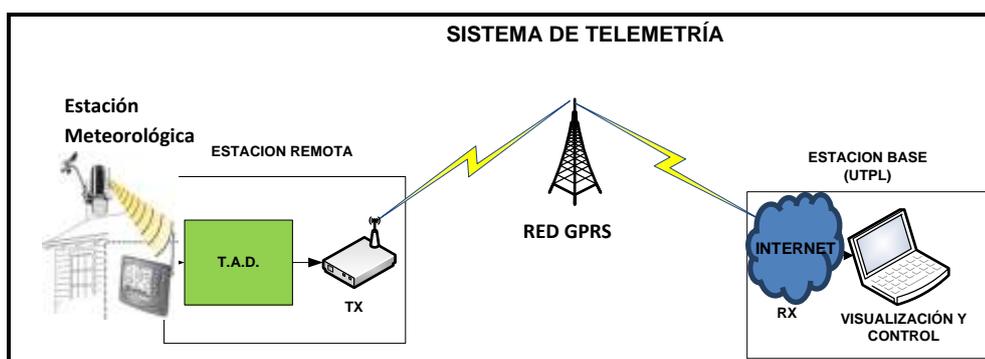


Figura 2.1.- Esquema y elementos de la red de Telemetría.

Los componentes del sistema son:

- Estación remota
- Esquema de comunicación de datos GPRS

- Estación base

2.2. Estación remota

Es la encargada de recolectar, procesar, almacenar y enviar las variables meteorológicas hacia la red de datos GPRS. Los componentes de cada estación remota son:

- Tarjeta de adquisición de datos
- Módem GPRS

2.2.1. Tarjeta de adquisición de datos (T.A.D.)

La T.A.D., es el modulo electrónico que se diseñó e implementó como parte del presente proyecto, sus funciones serán: recolectar las variables de la estación meteorológica mediante comunicación serial; procesar las variables recibidas para adecuarlas al interés del estudio; almacenar los datos registrados en una memoria externa para salvaguardar los datos ante posibles fallos; y enviarlos al módem GPRS para su transmisión a la estación central, mediante la red de datos GPRS.

2.2.1.1 Arquitectura y circuito de la T.A.D.

En la figura 2.2 se muestra la arquitectura funcional de la T.A.D., el módulo está formado por un microcontrolador que se encarga de la adquisición y procesamiento de las variables climáticas.

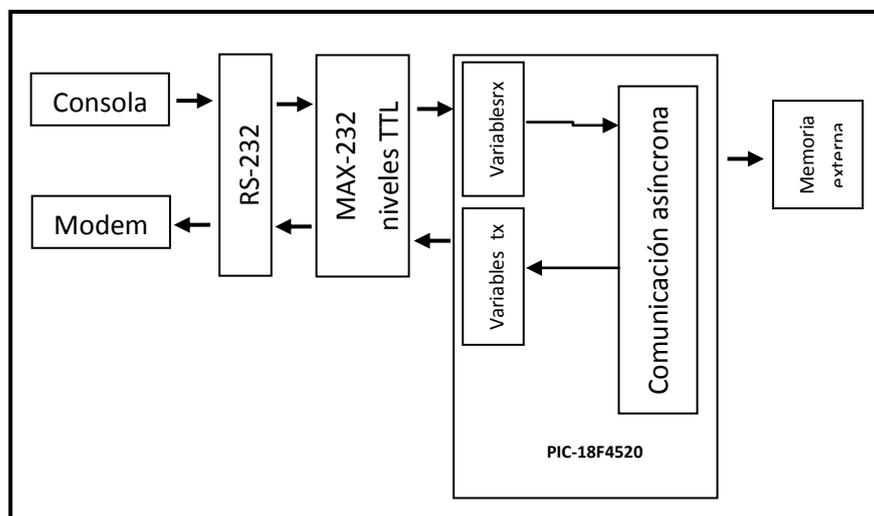


Figura 2.2.- Arquitectura de la TAD

El diseño y simulación del circuito de la T.A.D. se realizó en el software de simulación ISIS v7.7 SP2 perteneciente a la compañía Labcenter Electronics, el circuito consta de un microcontrolador que es el encargado de adquirir los datos y enviarlos a la estación central mediante el modem GPRS a través de los puertos serie. A continuación se presenta el esquemático del circuito en la figura 2.3.

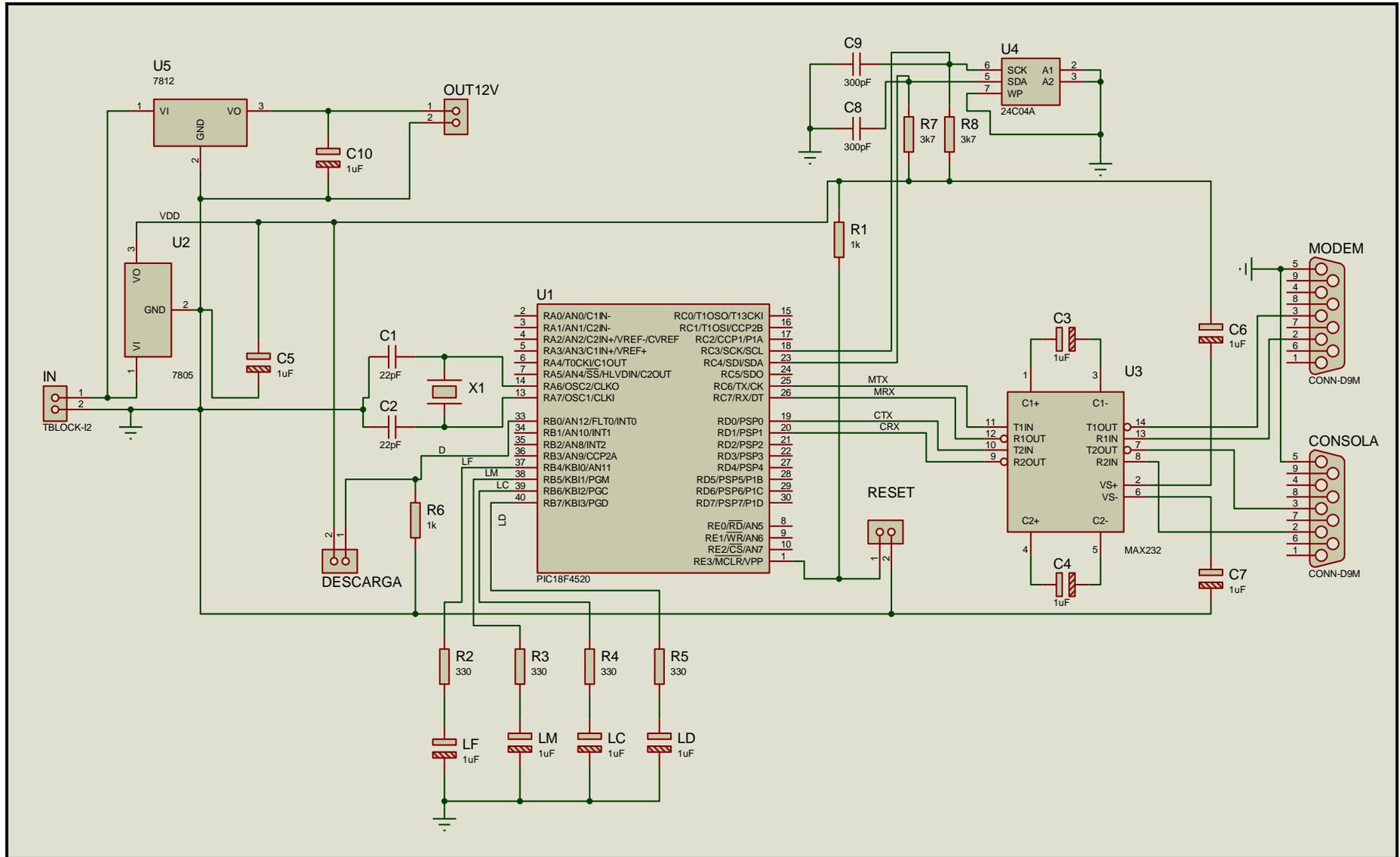


Figura 2.3.- Circuito de la tarjeta de adquisición de datos.

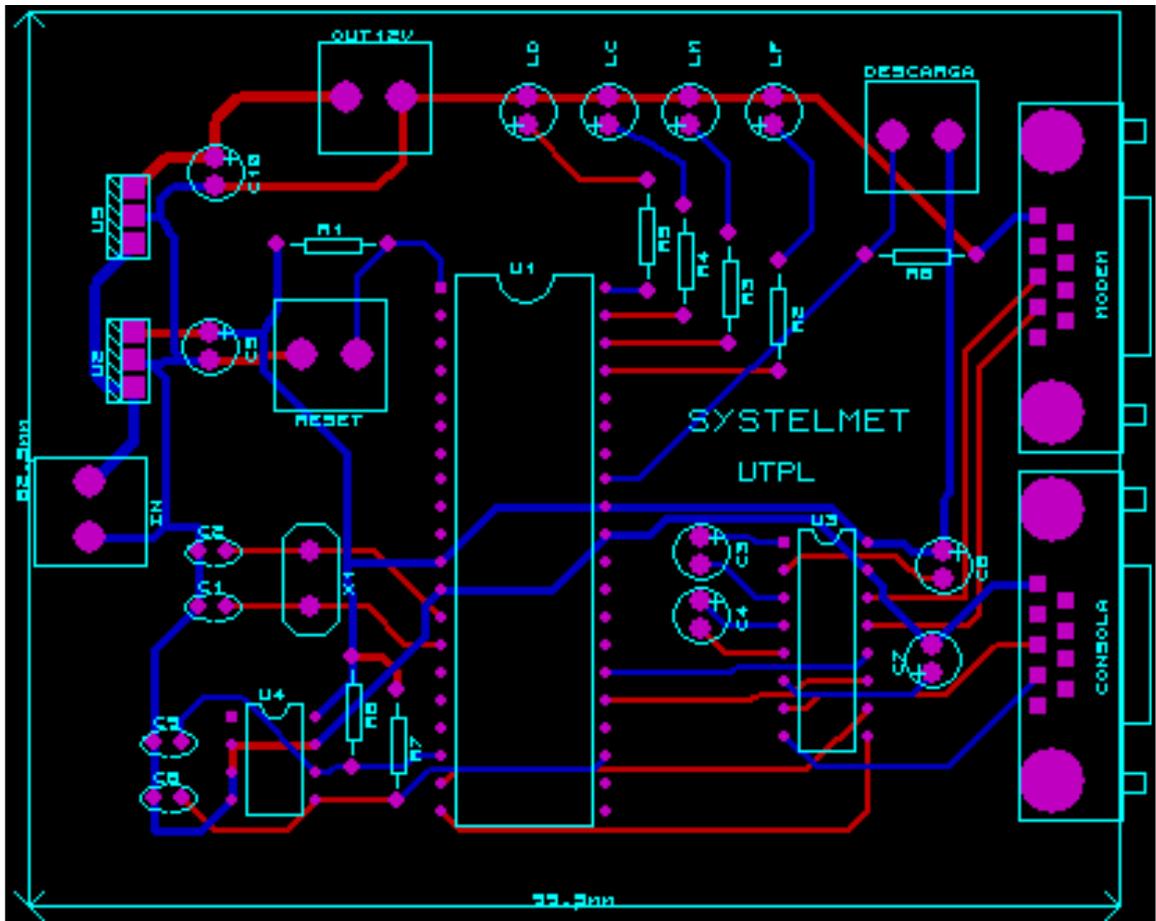


Figura 2.4.- PCB de la tarjeta de adquisición de datos.

Los materiales utilizados para la elaboración de la T.A.D se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1.- Lista de materiales de la tarjeta de adquisición de datos.

Ítem	Descripción	Nombre	Valor
1	Resistencias	R2, R3, R4, R5	330Ω
		R1, R8	1 KΩ
		R6, R7	4,7 KΩ
2	Bornera	IN, OUT12V	doble
3	Regulador de voltaje	U2	LM7805
		U5	74LS12

4	Capacitor electrolítico 16V	C5, C10	4.7 uF
		C3, C4, C6, C7	1 uF
5	Capacitor cerámico	C1, C2	22 pF
		C8, C9	5.7 uF
6	Pulsador	Reset, Descarga	normal
7	Memoria EEPROM	U4	24C04
8	MAX 232	U3	MAX232
9	Microcontrolador	U1	PIC18F4550
10	Oscilador de cristal	X1	20MHz
11	Diodos LED	LC, LF, LD, LM	1A
12	Conector serial	Consola, Modem	DB9 macho
13	Baquelita (80mm x 100mm)	-	-

Una vez realizado el diseño de la T.A.D se procede a implementarla y proceder con las pruebas respectivas.

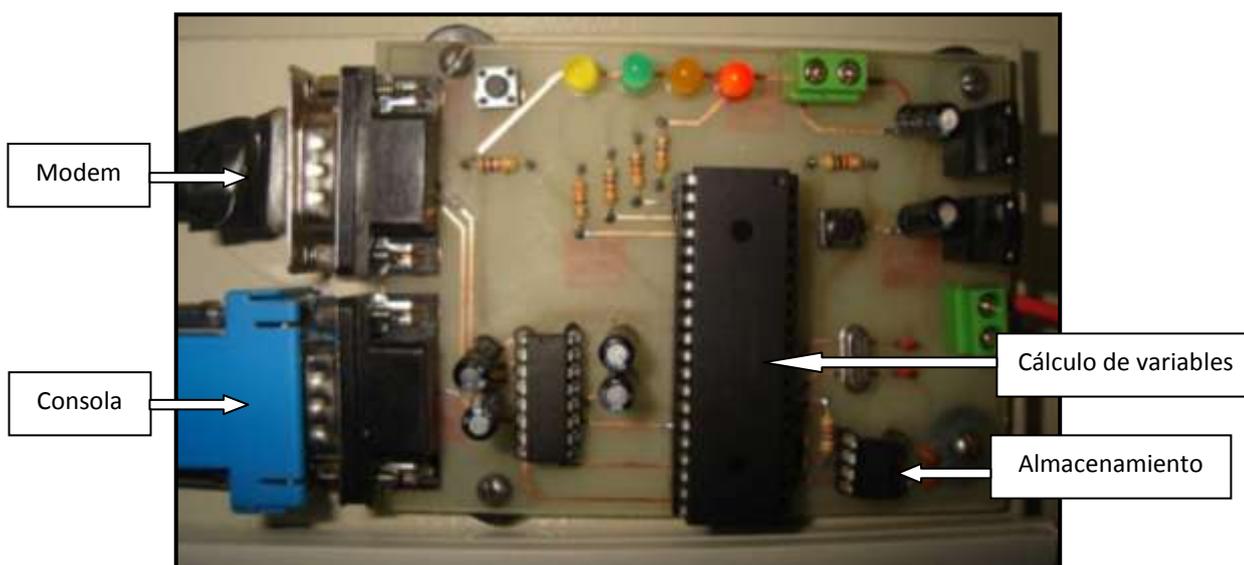


Figura 2.5.-Circuito impreso de la TAD.

Para dar un enfoque más amplio acerca de la función que cumplirá la T. A. D, describiremos como se establece la comunicación entre los dos dispositivos conectados. La T.A.D. poseerá dos puertos de comunicación de

tipo serial RS-232 (figura 2.5), un puerto para comunicarse con la consola, y el otro puerto para comunicarse con el modem o para realizar la descarga de las variables almacenadas de manera manual.

2.2.1.2 Funciones de la T.A.D.

Para que se pueda entender de mejor manera el funcionamiento del sistema, a continuación se expone las distintas etapas que se desarrolla en la T.A.D.

a. **Consulta de datos:** Para obtener los valores de las variables adquiridas a la consola de la estación meteorológica, la TAD envía una cadena de caracteres, estos caracteres le indican a la consola qué datos debe enviar.

Tabla 2.2.- Comando de datos actuales de la consola.

Comando	Hexadecimal
LOOP 1.	4C 4F 4F 50 20 31 0A

b. **Cálculo de variables:** Los datos recibidos desde la consola (tabla 2.3) son interpretados en el PIC (anexo A), el programa que está almacenado en este, realiza operaciones matemáticas para obtener el promedio de algunas variables.

Tabla 2.3.- Datos recibidos por la consola.

Hexadecimal	ASCII
06 4C 4F 4F 14 00 D7 01 95 74 8B 02 3E 58 02 01	.LOO..x. •t<.>x..
01 53 00 FF FF FF FF FF FF FF 98 FF FF FF FF FF	.S. yyyyyyyy ~ yyyyyy
FF FF 4A FF FF FF FF FF FF FF 00 00 00 00 00 06	yyJyyyyyyy.....
00 8A A5 06 00 0D 00 BE 00 0F 00 20 00 E2 00 38	.Šy....¾... .â.8
FF FF FF FF FF FF 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	yyyyyy.....
00 00 00 00 00 00 00 00 1E 01 06 2D 2E 02 11 07-.....
0A 0D DF 52	..BR

c. **Almacenamiento:** Las variables promediadas son posteriormente almacenadas en una memoria externa integrada a la T.A.D., para que puedan ser descargadas por el equipo de estudio de la UCG, además estos datos son enviados a la red GPRS mediante el modem.

d. **Envío de datos:** Para que el módem GPRS, cumpla con las funciones de comunicación de datos, es previamente configurado mediante los comandos AT, estos comandos hacen que el modem se registre en la red GPRS y haga el envío hacia un servidor, garantizando que los datos queden almacenados.

2.2.2 Algoritmo del PIC

El algoritmo residente en el PIC 18F4520 (anexo B) realiza las siguientes tareas, para cumplir con los objetivos planteados:

- 1 Establecer un enlace de comunicación con la consola y modem GPRS mediante un conjunto de caracteres enviados a través del puerto serial.
- 2 Interpretar los datos recibidos de la consola para su posterior envío a través de la red GPRS.
- 3 El algoritmo de control de la tarjeta de adquisición de datos está basado en una lógica de tipo escalera utilizando lenguaje BASIC y el entorno de programación PROTON IDE.

2.2.2.1 Programa principal

El programa principal del microcontrolador empieza con una definición de registros y variables, asignación de pines de entrada/salida y configuración de registros de comunicación serial asincrónica. Se realiza la programación de las diferentes funciones a través de subrutinas, entre las subrutinas que se emplean en el programa se encuentran la configuración del modem celular para trabajar en modo GPRS, transmisión, adquisición de datos, procesamiento de la información y envío de la trama de datos a la red

GPRS, en la figura 2.6 se muestra el diagrama de flujo del programa principal.

2.2.3. Diagrama de flujo

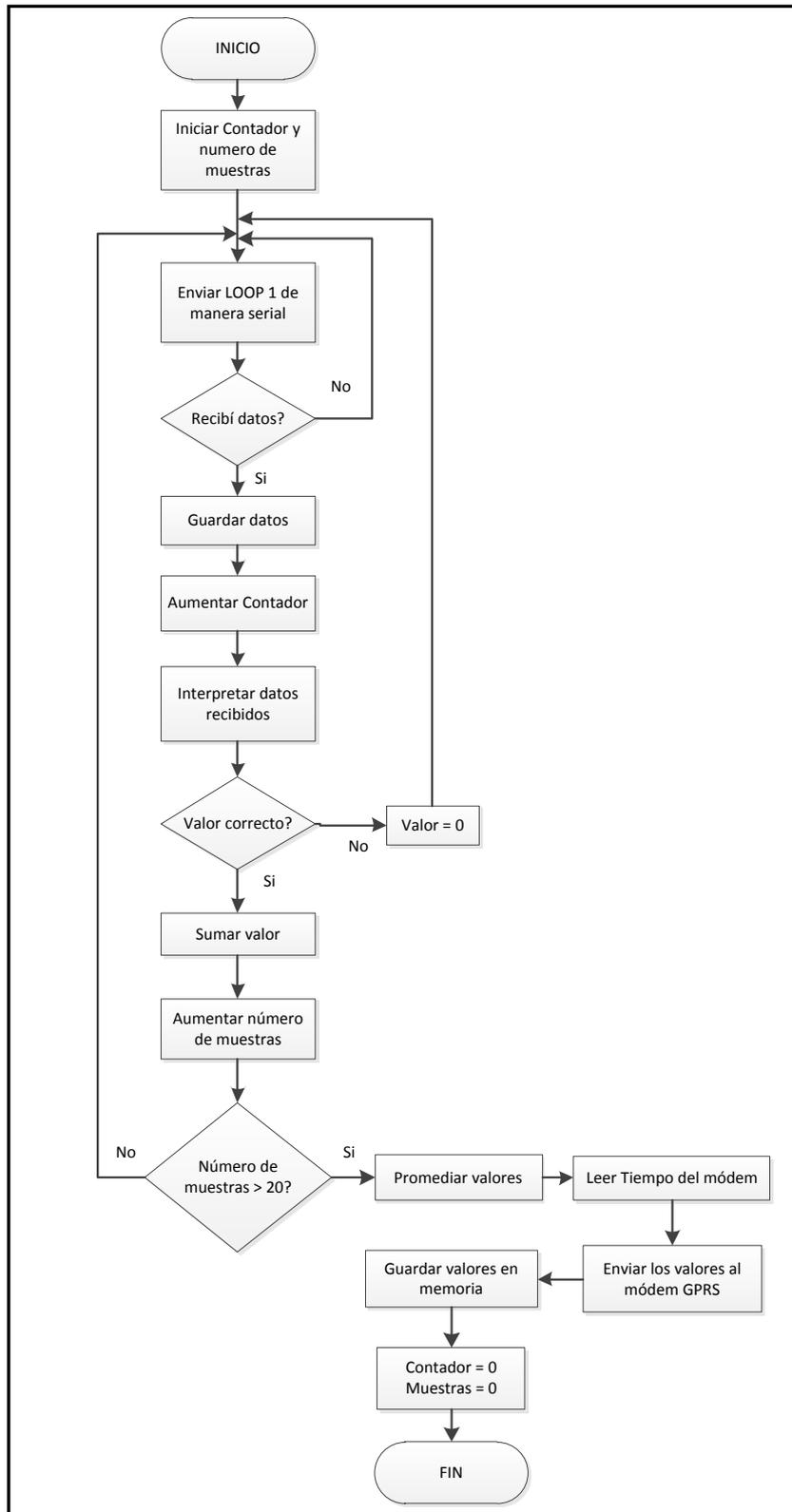


Figura 2.6.- Diagrama de flujo del algoritmo implementado en el PIC.

2.2.3.1 Código de programación del PIC

El código de programación del microcontrolador empieza con una definición de registros y variables, asignación de pines de entrada/salida y configuración de registros de comunicación serial asincrónica.

Entre las subrutinas que se emplean en el programa se encuentran:

- ✓ Pedido y recepción de datos de la consola mediante comunicación serial.
- ✓ Interpretación de los datos.
- ✓ Procesamiento de los datos.
- ✓ Almacenamiento de los datos.
- ✓ Envío de los datos a través de la red GPRS mediante el modem.

2.2.3.1.1 Pedido y recepción de datos a la consola

Se establece la comunicación entre la tarjeta de control y la consola Vantage Pro II vía comunicación serial a través del USART del PIC, mediante una velocidad de transmisión de 9600 bps.

Se envía el comando "LOOP 1" para que responda la consola con los datos meteorológicos tomados actualmente desde los sensores de la estación Davis. Se espera 500 milisegundos para que la consola responda, si no automáticamente se procede a reenviar el comando.

```
SerOut CTX, 84, ["LOOP 1",13] 'SENTENCIA Y COMANDO PARA  
SerIn CRX, 84, 800, CONSOLA, [Str Dato1\66, Str Dato2\32]
```

Figura 2.7.- Pedido y recepción de datos a la consola.

Una vez que se reciba los datos de la consola, se procede a guardarlos para su posterior interpretación y se aumenta en uno el contador de muestras de datos tomados, esto con la finalidad de obtener un dato seguro durante los 10 segundos y 30 datos durante un periodo de 5 minutos.

2.2.3.1.2 Interpretación de los datos

La consola envía una trama de datos hexadecimales, por lo que es necesario ubicar el valor de la variable que se necesite y convertir de hexadecimal a decimal para facilitar las operaciones posteriores. Ver anexo A “Tabla de variables contenidas en el paquete LOOP 1”.

Para todas las variables se realiza el mismo proceso de interpretación, por lo que se usará la variable de temperatura como ejemplo.

Con el código siguiente se procede a convertir y concatenar los dos bytes hexadecimales correspondientes al valor de la temperatura en una cadena de caracteres.

```
TEMPOUT2 = Str$ (Hex Dato1[13])
If TEMPOUT2 = "00" Or TEMPOUT2 = 0 Then TEMPOUT2 = "00"
If Len (TEMPOUT2) < 2 Then TEMPOUT2 = "0" + Str$ (Hex Dato1[13])
TEMPOUT1 = Str$ (Hex Dato1[14])
If TEMPOUT1 = "00" Or TEMPOUT1 = 0 Then TEMPOUT1 = "00"
If Len (TEMPOUT1) < 2 Then TEMPOUT1 = "0" + Str$ (Hex Dato1[14])
TEMPOUT = TEMPOUT1 + TEMPOUT2
If Len (TEMPOUT) < 3 Then TEMPOUT = "0" + Str$ (Hex Dato1[14]) + "0" + Str$ (Hex Dato1[13])
```

Figura 2.8.- Conversión y concatenación de datos.

Una vez encontrada la variable de temperatura de la trama y convertida en una cadena de caracteres, el siguiente paso es interpretar los dos bytes hexadecimales y convertirlos en números decimales, esto lo logramos con el código que se muestra a continuación.

Interpretación:

```
HEXtoDEC:
  If HtoD = "0" Or HtoD = "0" Then ValorDEC = 0
  If HtoD = "1" Then ValorDEC = 1
  If HtoD = "2" Then ValorDEC = 2
  If HtoD = "3" Then ValorDEC = 3
  If HtoD = "4" Then ValorDEC = 4
  If HtoD = "5" Then ValorDEC = 5
  If HtoD = "6" Then ValorDEC = 6
  If HtoD = "7" Then ValorDEC = 7
  If HtoD = "8" Then ValorDEC = 8
  If HtoD = "9" Then ValorDEC = 9
  If HtoD = "A" Or HtoD = "a" Then ValorDEC = 10
  If HtoD = "B" Or HtoD = "b" Then ValorDEC = 11
  If HtoD = "C" Or HtoD = "c" Then ValorDEC = 12
  If HtoD = "D" Or HtoD = "d" Then ValorDEC = 13
  If HtoD = "E" Or HtoD = "e" Then ValorDEC = 14
  If HtoD = "F" Or HtoD = "f" Then ValorDEC = 15
Return
```

Figura 2.9.- Interpretación de datos.

Conversión Hexadecimal a Decimal:

```
For HX = 0 To Len (TEMPOUT)
  HtoD = Mid$ (TEMPOUT, HX, 1)
  GoSub HEXtoDEC
  elev = Len (TEMPOUT) - HX
  ValorTEMPOUT = ValorTEMPOUT + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
```

Figura 2.10.- Conversión hexadecimal a decimal.

2.2.3.1.3 Procesamiento de los datos

Obtenido el valor de la variable en formato decimal, se procede a verificar si el dato es verídico o se produjo algún error, esto para asegurar que los datos a considerarse sean lo más legítimos posibles. El siguiente código me permite corregir el error que pudiese producirse, lo mismo se realiza para las demás variables pero con diferentes valores de comparación.

```
Next HX
If ValorTEMPOUT > 0 And ValorTEMPOUT <= 1100 Then
    SumaTEMPOUT = SumaTEMPOUT + ValorTEMPOUT
    muestraTEMPOUT = muestraTEMPOUT + 1
    If ValorTEMPOUT > HITEMPOUT Then HITEMPOUT = ValorTEMPOUT
    If ValorTEMPOUT < LOWTEMPOUT Then LOWTEMPOUT = ValorTEMPOUT
EndIf
```

Figura 2.11.- Validación de datos.

Una vez que ha sido validado el dato, se procede a sumarlo con los demás valores antes muestreados, para de esta forma poder obtener un promedio de las treinta muestras que se toma en cinco minutos.

```
ValorTEMPOUT = SumaTEMPOUT / muestraTEMPOUT
```

Figura 2.12.- Promedio de datos.

2.2.3.1.4 Almacenamiento de los datos

Para poder realizar el almacenamiento de los datos como medida de respaldo, lo que se realiza es guardar los mismos datos que se enviarán a la red GPRS en una memoria no volátil que se implementa en la TAD, cada dato se guardará con una dirección específica para su posterior descarga. Para poder realizar el almacenamiento y descarga de los datos hacia y desde la memoria EEPROM se implementa la siguiente subrutina de código en el PIC.

Almacenamiento:

```
MEMORIA: 'SUBROUTINA QUE PERMITE GUARDAR LOS DATOS ENVIADOS AL MODEM
BStart 'INICIALIZO LA COMUNICACIÓN I2C
DIR = 0
For M = 1 To 11
  If M = 1 Then DatoMEM = ValorBAR
  If M = 2 Then DatoMEM = ValorTEMPOUT
  If M = 3 Then DatoMEM = ValorTEMPSUELO
  If M = 4 Then DatoMEM = Dato1[34] 'HUMEDAD EXTERNA
  If M = 5 Then DatoMEM = Dato1[63] 'HUMEDAD DEL SUELO
  If M = 6 Then DatoMEM = ValorSPEED
  If M = 7 Then DatoMEM = ValorDIR
  If M = 8 Then DatoMEM = ValorRR
  If M = 9 Then DatoMEM = ValorStRAIN
  If M = 10 Then DatoMEM = ValorUV
  If M = 11 Then DatoMEM = ValorSOLAR
  DIR = DIR + 1
  BusOut ESCRIBIR, DIR, [DatoMEM] 'ESCRIBO LOS DATOS METEOROLOGICA
  DelayMS 20 'ESPERA DE 20 MILISEGUNDOS PARA ASEGURARSE QUE LA
  If DIR = 256 And ESCRIBIR = 160 Then DIR = 0 : ESCRIBIR = 162
  If DIR = 256 And ESCRIBIR = 162 Then DIR = 0 : ESCRIBIR = 160
Next M
BStop 'CIERRA LA COMUNICACIÓN I2C
```

Figura 2.13.- Almacenamiento de datos

Cuando se requiera descargar directamente los datos de la T.A.D. hacia un computador, simplemente deberá oprimir un botón para que la descarga se efectúe, esto se realiza debido a que se implementa un comando de interrupción para dicha función.

Descarga:

```
DESCARGA:
Context Save 'GUARDA LOS CONTEXTOS DE LA INTERRUPCIÓN
High LD
DIR = 0
For A = 1 To 512
  BusIn LEER, DIR, [DatoMEM]
  DelayMS 20
  High LD
  SerOut DTX, 84, [DatoMEM,13] 'ENVIO TODOS LOS DATOS
  DelayMS 20
  DIR = DIR + 1
  If DIR = 256 And LEER = 161 Then DIR = 0 : LEER = 163
  If DIR = 256 And LEER = 163 Then DIR = 0 : LEER = 161
Next A
INTCON = %10010000
Low LD
Context Restore
Resume
Enable 'HABILITA LA BANDERA DE LA INTERRUPCIÓN
```

Figura 2.14.- Descarga de datos.

2.2.3.1.5 Envío de los datos al módem

Este es el último proceso del algoritmo que se implementa en el código de programación del PIC. Esta subrutina se encarga de enviar los datos adquiridos y procesados de la consola hacia la red GPRS, para que esté dispuesta en el servidor de la estación base y puedan ser descargados por cualquier miembro integrante del Grupo de Hidrología y Meteorología del UCG. Antes de enviar los datos, se procede a obtener la fecha y hora de la red GPRS para enviarlos como etiqueta en la cadena de caracteres de los datos meteorológicos.

Tiempo:

```
TIME:
High LM
SerOut MTX, 84, ["AT$RTIME?",13] 'OBTENGO LA FECHA Y HORA DE LA RED GPRS
SerIn MRX, 84, 500, TIME, [Wait (" ", " ), Dec2 Dato2[1], Wait (" ", " ), _
                                Dec2 Dato2[2],Wait (" ", " ), Dec2 Dato2[3],_
                                Wait (" ", " ), Dec2 Dato2[4], Wait (" ", " ),_
                                Dec2 Dato2[5],Wait (" ", " ), Dec2 Dato2[6] ]

DelayMS 100
Low LM
Return
```

Figura 2.15.- Obtener hora y fecha del modem.

Modem:

```
MODEM:
High LM 'ENCIENDE EL LED INDICADOR DEL ENVIO DE LOS DATOS AL MOD
SerOut MTX, 84, ["AT$MSGSD=4,"",34,"**01**",";",Dec Dato2[1],_
                ","",Dec Dato2[2],","",Dec Dato2[3],";",Dec Dato2[4],_
                ","",Dec Dato2[5],","",Dec Dato2[6],";",Dec ValorBAR,_
                ";",Dec ValorTEMPIN,";",Dec ValorTEMPOUT,";",_
                Dec HITEMPOUT,";",Dec LOWTEMPOUT,";",Dec ValorTEMPSUELO,_
                ";",Dec HITEMPSUELO,";",Dec LOWTEMPSUELO,";",_
                Dec Dato1[12],";",Dec ValorHUMEXT,";",Dec ValorHUMSUELO,_
                ";",Dec ValorSPEED,";",Dec HISPEED,";",Dec ValorDIR,";",_
                Dec HIDIRVIENTO,";",Dec ValorRR,";",Dec ValorStRAIN,";",_
                Dec ValorUV,";",Dec HIUV,";",Dec ValorSOLAR,";",_
                Dec HISOLAR,";",Dec ValorDAYR,";",Dec ValorDAYET,_
                "***",34,13,13] 'SENTENCIA Y COMANDOS PARA EL ENVIO DE L
```

Figura 2.16.- Envío de datos al modem.

En el anexo E se encuentra el código completo de programación del PIC.

2.2.4 Módem GPRS

En cada estación remota deberá existir un módem conectado mediante su puerto serie a la tarjeta de adquisición de datos.

2.2.4.1 Configuración del módem GPRS

Para lograr que el módem se conecte satisfactoriamente a la red GPRS de la operadora escogida, se debe configurar el módem con algunos aspectos importantes mencionados anteriormente. Ver ANEXO C. Comandos de referencia del módem SKYPATROL TT8750.

✓ **Configuración de la interfaz serial RS232.**

AT+ICF=3, 0

Este comando determina el número de bits de datos, bits de parada y bits de paridad, que se utiliza en la interfaz serial. Con esto se procederá a establecer la comunicación serial sin ninguna complicación entre el módem y la Tarjeta de adquisición de datos con una configuración 8N1.

AT+IPR=9600

Este comando permite establecer la velocidad de transmisión de datos, el valor por defecto es de 115200 bps. Para nuestro caso seleccionamos una velocidad de 9600 bps.

✓ **Configuración del acceso a la red GPRS**

AT+CGDCONT=1,"IP","internet.movistar.com.ec"

Este comando permite establecer el tipo de comunicación y el nombre del punto de acceso (APN).

- ✓ **Configuración del protocolo, dirección IP y número de Puerto del servidor**

AT\$FRIEND=1,1,"200.0.29.117",555,1

Este comando específico permite establecer el protocolo TCP para la transmisión de los datos en la red GPRS, la dirección IP y el número del puerto del servidor donde llegarán los datos. Para el proyecto se usa el puerto 555 del servidor central.

- ✓ **Reiniciar automáticamente el MODEM**

AT\$HBRST = 2

El comando permite reiniciar automáticamente el modem cada 2 horas.

- ✓ **Consultar el estado de la conexión.**

AT\$TCPAPI = 1

Este comando permite, al usuario, iniciar, terminar y consultar el estado de la conexión TCP API.

- ✓ **Guardar los comandos.**

AT&W

Este comando permite al usuario guardar las configuraciones en la memoria del modem.¹⁶

¹⁶SKYPATROL TT8750: Manual de comandos de referencia.

http://equipment.skypatrol.com/manuales/Hardware_Documentation/TT8750/TT8750AT001%20-%20SkyPatrol%20AT%20Command%20Reference%201_14.pdf

2.3 Esquema de comunicación

Luego del diseño de las estaciones remotas, se procede a diseñar el esquema de comunicación y la denominada Estación Central. La red de comunicación encargada de permitir la conectividad entre las Estaciones Remotas y la Estación Central es la red de datos GPRS (General Packet Radio Service, Servicio General de Paquetes vía Radio), es por ello que se necesita en cada una de las estaciones remotas, un módem GPRS que sirva de interfaz entre los datos adquiridos y la red de comunicación. Por otro lado, en la estación central no se necesita un módem GPRS, ya que el único requisito que debe cumplir nuestro servidor es el de poseer una dirección IP pública y por supuesto conectividad a internet.

En las siguientes líneas se describe, con mayor profundidad los módulos o componentes de la arquitectura de comunicación, estos componentes son:

- Componente Módem GPRS
- Componente Red de datos GPRS
- Componente Servidor Central

2.3.1 Componente módem GPRS

Los módems GPRS a utilizarse dependen del tipo de estación remota, por lo tanto necesitamos utilizar módems idénticos para su conexión con el dispositivo de adquisición y registro de datos (T.A.D.), luego estos módems transmitirán los datos registrados por los sensores hacia el servidor, que va a estar ubicado en data center de la UTPL.

La configuración necesaria para que los módems de las estaciones remotas puedan enviar los datos hacia el servidor, está dada por tres parámetros:

1. **Dirección IP:** que debe ser asignada tanto a los módems como al servidor, en el caso de los módems esta dirección nos es asignada por la operadora de forma dinámica (Movistar) o estática (Porta) y además

es una dirección privada, y mientras que para el servidor ésta dirección tiene que ser pública y estática.

2. **Protocolo:** en este caso es TCP, que es un protocolo orientado a la conexión, lo que asegura que los datos no se van a perder, es decir, si un dato no llega a su destino, el servidor pide que se lo reenvíe.
3. **Puerto:** Este parámetro tiene que ser configurado, tanto en los módems como en el servidor y debe ser el mismo de manera que se puede establecer una conexión.

En conjunto, estos tres parámetros conforman lo que se denomina socket, que es un nombre para una interfaz de programación de aplicaciones (API), de manera que se pueda intercambiar un flujo de datos de manera fiable y ordenada entre los módems y el servidor.

Para que los módems se puedan conectar con el servidor de datos, es necesario que los módems se comuniquen a través de un gateway que es el APN (Acces Point Name) de la operadora móvil elegida, y que permite a los módems el acceso a internet a través de la red de datos GPRS.

El proceso de comunicación se resume en lo siguiente: los módems reciben la información, éstos la transmiten hacia el servidor central que posee una dirección IP y un puerto definido, pero la información se direccionará correctamente si el módem posee la puerta de enlace correcta (Gateway de la operadora móvil).

2.3.2 Componente red de datos GPRS

El componente red de datos GPRS realiza la función del transporte de los paquetes de información desde los módems hacia el servidor central y su arquitectura física y lógica depende de la operadora de telefonía móvil que se utilice para la comunicación de los componentes del sistema.

Los únicos aspectos a considerar son:

- Determinar si los nodos de cada sector se encuentran dentro de la cobertura de la red de datos de la operadora.
- Por otro lado se debe considerar la cantidad de tráfico generado por cada estación remota.

2.3.3 Componente servidor central

El servidor central es parte esencial en nuestro proyecto de tesis, ya que cumple con la función de recibir toda la información enviada por las estaciones remotas, el procedimiento que realiza el servidor es el de escuchar el puerto, en este caso es el 555, este puerto se lo configuró tanto en nuestro software de monitoreo desarrollado sobre la plataforma de LabVIEW, como también en las configuraciones internas del modem GPRS, adicionalmente a esto, debemos mencionar que el servidor está constantemente escuchando este puerto, de tal manera que el software de monitoreo pueda capturar todos los datos enviados desde cada estación, ejecutar los cálculos respectivos a cada uno de los datos ingresados y poder visualizar los mismos en una interfaz más amigable para el usuario. También se realiza la creación de un archivo .xls de Microsoft Excel, donde se almacenan todos los datos recibidos por la aplicación software.

El requisito que debe cumplir la máquina del usuario para que pueda acceder a los datos de las estaciones que llegan al puerto del servidor central, es poseer una dirección IP pública estática.

CAPITULO III

IMPLEMENTACIÓN

3.1. Estación remota

3.1.1 Tablero de adquisición

El tablero de adquisición es la parte esencial del presente proyecto, el mismo permitirá instalar los equipos necesarios para el monitoreo de la estación meteorológica.

En el tablero de adquisición se encuentran ubicados de manera estratégica, como se puede observar en la figura 3.1, la consola de la estación meteorológica, la tarjeta de adquisición de datos (T.A.D), MODEM GPRS, batería de respaldo y demás accesorios usados para realizar las conexiones internas.

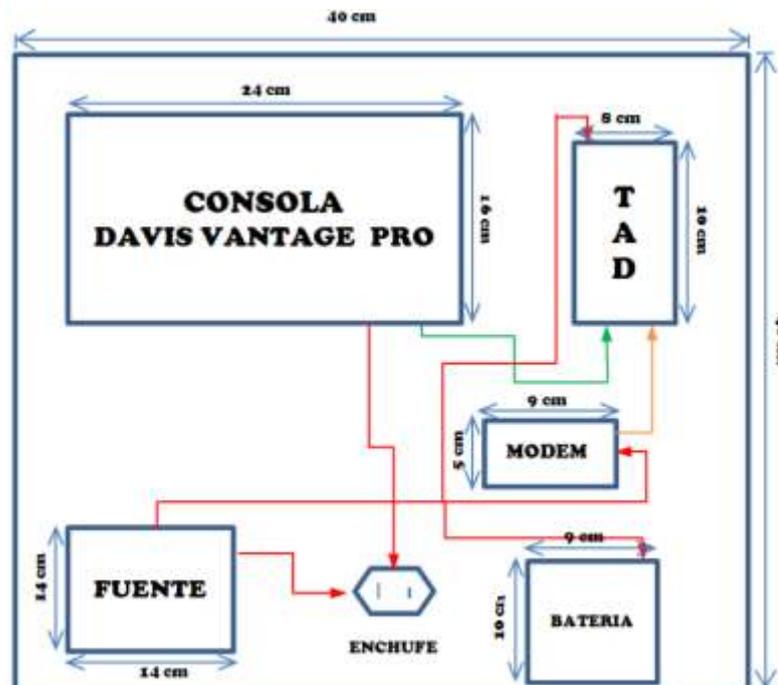


Figura 3.1.- Diagrama de distribución del tablero de adquisición.

Para el ensamblado se utilizó un tablero de latón color beige con un tamaño de 40x40x15cm, en el cual se ubicó todos los dispositivos correspondientes a este proyecto considerando la estética y función de cada uno de los equipos, para asegurarlos en el tablero se los coloca con pernos y su respectiva tuerca, como lo muestra la figura 3.2.



Figura 3.2.- Imagen del tablero de adquisición armado.

3.2.1 Conexión de los equipos

Una vez ubicados los dispositivos se procede a colocar canaleta por la que se guiará cable AWG #18 de hilo, necesarios para alimentar de energía desde el módulo de carga hasta los demás dispositivos, así mismo se guiará los cables de datos, desde el modem y de la consola hacia la T.A.D respectivamente, éstos son necesarios para el funcionamiento del sistema.

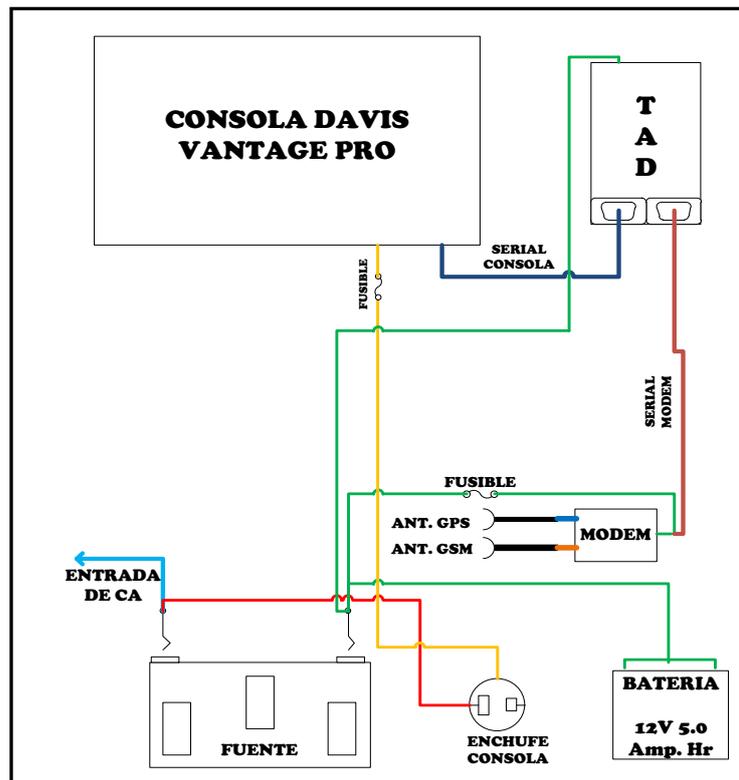


Figura 3.3.- Diagrama de conexión del tablero de adquisición.



Figura 3.4.- Imagen de la conexión terminada.

3.2. Estación base

3.2.1. Software de monitoreo

El software de monitoreo remota está basado en LabVIEW y presenta una interfaz amigable (figura 3.5) para que el usuario pueda realizar varias opciones:

- Lectura de los datos enviados por la estación remota.
- Configuración del número del puerto del servidor.
- Monitoreo: Visualización gráfica y numérica de los datos meteorológicos.
- Almacenamiento diario de los datos registrados.
- Visualización gráfica del historial de datos almacenados.

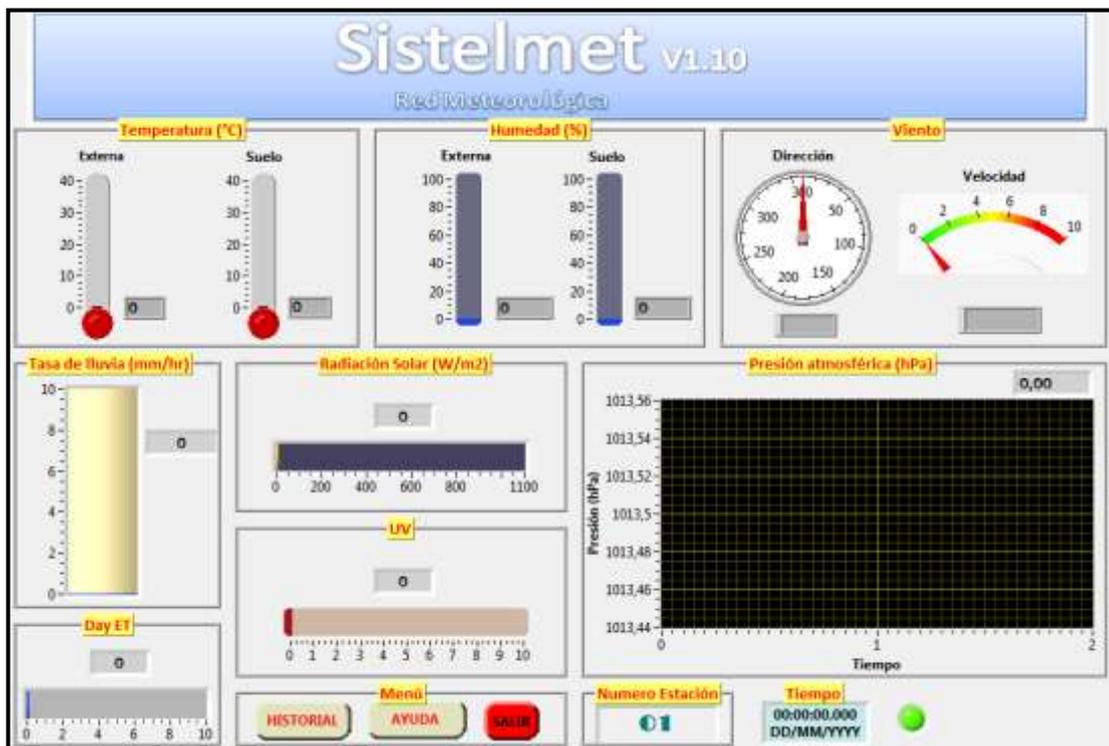


Figura 3.5.- Ventana principal del software de monitoreo.

3.2.1.1. Lectura de datos

El software se encarga de abrir una conexión TCP/IP para escuchar el puerto asignado (figura 3.6) cada 50 segundos y se mantenga en escucha durante 25 segundos.

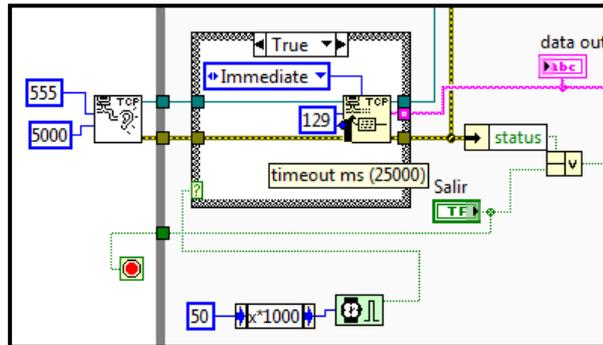


Figura 3.6.- Funciones de escucha del puerto.

De esta manera se captura la trama de datos (figura 3.7) enviada de la estación remota.

```
** ; 11,6,10;17,9,44;29969;731;644;644;644;0;0;800;52;72;255;769;  
773;104;115;1,4;0;0;0;371;24704;35**
```

Figura 3.7.- Trama de datos.

3.2.1.2 Segmentación

Una vez obtenida la trama, se procede a validarla comparando los caracteres de encabezado y fin de trama, si estos son iguales quiere decir que se ha extraído una trama correcta y se procede a desentramarla y segmentarla.

La sección de código que realiza esta operación se puede visualizar en la figura 3.8.

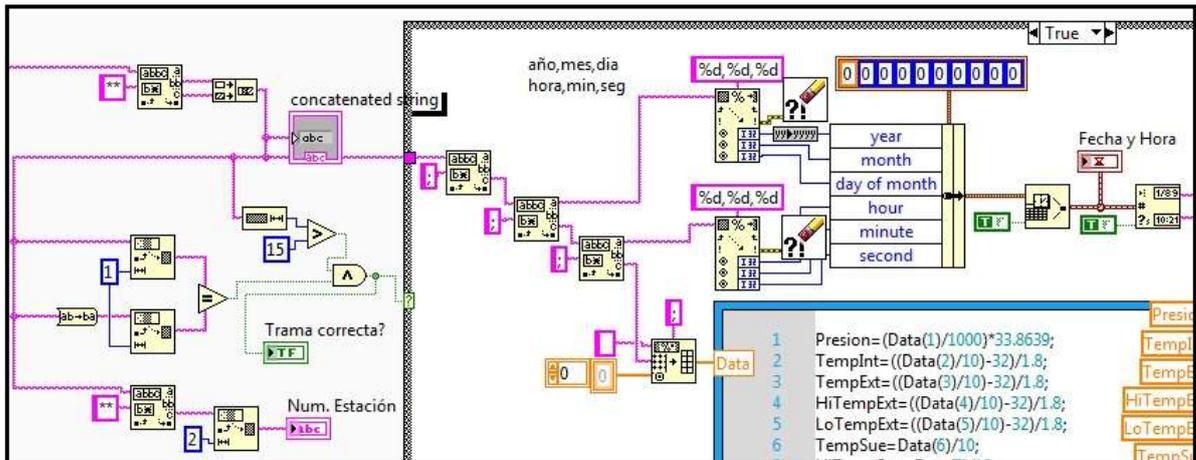


Figura 3.8.- Sección de código de la segmentación en el programa.

La tabla 3.1. muestra el resultado de la segmentación.

Tabla 3.1.- Segmentación.

Variable	Valor	Unidad
Fecha	11,6,10	a/m/d
Hora	17,9,44	h/m/s
Presión	29969	hPa
TempInt	731	°C
TempExt	600	°C
HiTempExt	621	°C
LowTempExt	581	°C
TempSuelo	152	°C
HiTempSuelo	161	°C
LowTempSuelo	148	°C
HumInt	62	%
HumExt	74	%
HumSuelo	56	Centibar
VelocViento	1025	m/s
HiVelocViento	12	m/s
DirViento	83	° (grados)
HiDirViento	270	° (grados)
Lluvia	200	mm
HiLluvia	500	mm
UV	40	index
HiUV	55	index
RadSol	84	Watt/m ²

HiRadSol	91	Watt/m ²
DayRain	6	mm
DayET	15	mm

3.2.1.3 Cálculos y almacenamiento de datos

Obtenidos los datos de la trama, se realiza una serie de operaciones matemáticas para colocarles el punto decimal y en las unidades requeridas, las fórmulas que se aplican se detallan a continuación.

Presión:

$$\text{Punto decimal} \rightarrow \text{Presión} = \text{in} \cdot 1000$$

$$\text{Convertir in a hPa} \rightarrow \text{hPa} = \text{Presión} * 33,8639$$

Temperatura interna, externa, alta y baja:

$$\text{Punto decimal} \rightarrow \text{TempInt} = \text{°F} \cdot 10$$

$$\text{Convertir °F a °C} \rightarrow \text{°C} = \text{TempInt} - 32 \cdot 1,8$$

Temperatura suelo, alta y baja:

$$\text{Punto decimal} \rightarrow \text{TempSue} = \text{°C} \cdot 10$$

Velocidad del viento y alto:

$$\text{Punto decimal} \rightarrow \text{VelocViento} = \text{mph} \cdot 1000$$

$$\text{Convertir mph a m/s} \rightarrow \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{VelocViento} * 0,44704$$

Tasa de lluvia y lluvia de tormenta:

$$\text{Punto decimal} \rightarrow \text{lluvia} = \text{in} \cdot 100$$

$$\text{Convertir in a mm} \rightarrow \text{mm} = \text{lluvia} * 25,4$$

UV y alto:

Punto decimal $\rightarrow UV = index\ 10$

Estas fórmulas son implementadas con una estructura para fórmulas, disponible en LabVIEW (figura 3.9).

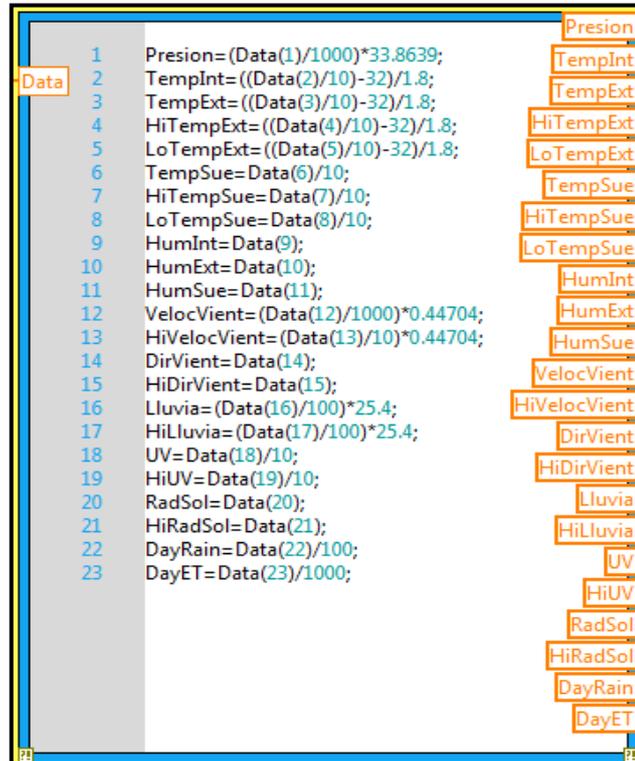


Figura 3.9.- Cálculos en LabVIEW.

Posteriormente se procede a almacenar el resultado de los cálculos en un archivo *.xls de microsoft Excel, que se crea cuando se inicia la aplicación, colocando de nombre y el día en que se registran los datos (figura 3.10) y se los ordena mediante columnas de acuerdo a la variable que pertenece el dato (figura 3.11).

En la figura 3.12 se puede observar una archivo *.xls, creado después de realizar los cálculos y el almacenamiento en cada una de las variables respectivamente.

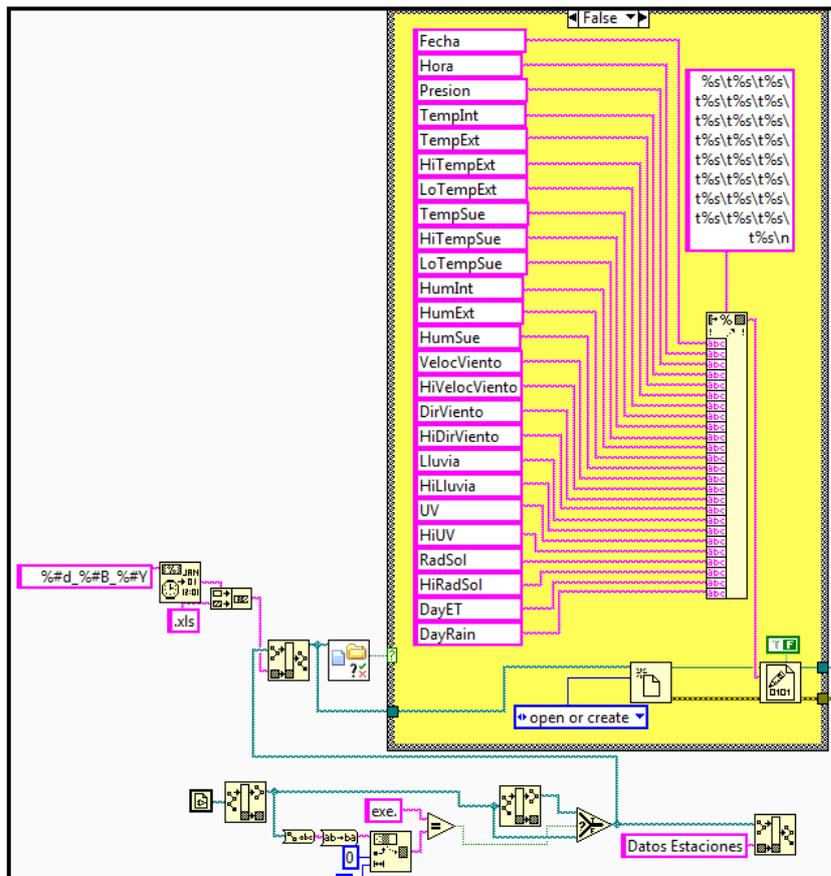


Figura 3.10.- Crear el archivo *.xls en LabVIEW.

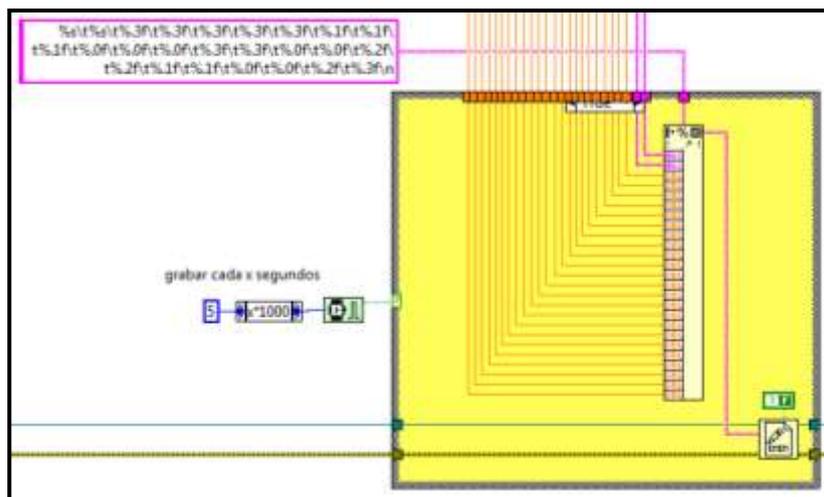


Figura 3.11.- Almacenar las variables.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	Fecha	Hora	Presion	TempIn	TempExt	HiTempExt	LoTempExt	TempSue	HiTempSue	LoTempSue	HumInt	HumExt	HumSue	VelocVient	HiVelocVie	DirViento	HiDirVient	Lluvia	HiLluvia	UV	HiUV	RadSol	HiRadSol	DayET	DayRain
2	22/06/2011	9:52:19	1016,43	19,778	16,222	16,278	16,222	0	0	0	61	77	255	1,718	171,932	23	9	0,25	0,51	0	0	325	329	0,02	0,01
3	22/06/2011	9:53:13	1016,43	19,833	16,278	16,278	16,278	0	0	0	61	75	255	1,718	171,932	30	10	0,25	0,76	0	0	329	329	0,02	0,01
4	22/06/2011	9:54:08	1016,43	19,889	16,333	16,389	16,278	0	0	0	60	73	255	1,718	171,887	62	8	0,25	0,76	0	0	281	329	0,02	0,01
5	22/06/2011	9:55:05	1016,43	19,889	16,389	16,444	16,389	0	0	0	60	73	255	1,718	171,887	60	11	0,25	0,51	0	0	229	234	0,02	0,01
6	22/06/2011	9:56:03	1016,43	19,889	16,444	16,5	16,444	0	0	0	60	74	255	1,718	171,797	99	104	0,25	0,51	0	0	238	243	0,02	0,01
7	22/06/2011	9:57:00	1016,43	20	16,556	16,611	16,5	0	0	0	60	74	255	1,718	171,887	84	87	0,25	0,51	0	0	262	269	0,02	0,01
8	22/06/2011	10:30:27	1016,22	20,556	17,111	17,278	17	25,5	25,5	25,5	59	72	255	1,717	171,887	48	36	0,25	0,51	0	0	402	435	0,02	0,016
9	22/06/2011	10:35:18	1016,15	20,667	17,333	17,444	17,278	25,5	25,5	25,5	59	70	255	1,717	171,932	143	102	0,25	0,51	0	0	373	435	0,02	0,016
10	22/06/2011	10:40:15	1016,15	20,833	17,556	17,667	17,444	25,5	25,5	25,5	58	69	255	1,718	171,887	93	115	0,25	0,51	0	0	452	1253	0,02	0,016
11	22/06/2011	10:45:01	1016,09	20,944	17,944	18,222	17,667	25,5	25,5	25,5	58	68	255	1,718	171,976	90	115	0,25	0,51	0	0	1075	1253	0,02	0,016
12	22/06/2011	10:50:06	1015,44	21,111	18,333	18,5	18,222	25,5	25,5	25,5	58	67	255	1,718	172,021	162	91	0,25	0,51	0	0	565	565	0,02	0,016
13	22/06/2011	10:55:08	1015,44	21,222	18,444	18,5	18,444	25,5	25,5	25,5	57	67	255	1,719	172,11	80	47	0,25	0,51	0	0	860	1202	0,02	0,016
14	22/06/2011	11:00:12	1015,44	21,222	18,444	18,5	18,444	25,5	25,5	25,5	57	66	255	1,719	172,11	80	47	0,25	0,51	0	0	860	1202	0,02	0,016
15	22/06/2011	11:05:15	1015,51	21,778	18,533	18,556	18,422	0	0	0	56	65	255	1,718	172,021	56	86	0,25	0,51	0	0	309	327	0,02	0,029
16	22/06/2011	11:10:20	1015,51	21,778	18,443	18,556	18,322	0	0	0	56	65	255	1,718	172,021	56	86	0,25	0,51	0	0	309	327	0,02	0,029
17	22/06/2011	11:15:22	1015,51	21,778	18,333	18,456	18,222	0	0	0	56	65	255	1,718	172,021	56	86	0,25	0,51	0	0	309	327	0,02	0,029
18	22/06/2011	11:20:07	1015,34	21,944	18,056	18,278	18	0	0	0	56	66	255	1,718	172,155	84	122	0,25	0,76	0	0	442	607	0,02	0,029
19	22/06/2011	11:25:03	1015,34	22,056	18,056	18,111	18	0	0	0	55	66	255	1,718	172,11	69	57	0,25	0,76	0	0	522	607	0,02	0,029
20	22/06/2011	11:30:51	1015,38	22,167	18,167	18,278	18,111	0	0	0	56	65	255	1,718	172,155	85	58	0,25	0,76	0	0	519	552	0,02	0,029
21	22/06/2011	11:35:39	1015,41	22,278	18,222	18,222	18,222	0	0	0	55	65	255	1,718	172,021	78	64	0,25	0,51	0	0	383	531	0,02	0,029
22	22/06/2011	11:40:25	1015,27	22,444	18,278	18,333	18,222	0	0	0	54	64	255	1,718	172,021	88	106	0,25	0,76	0	0	404	809	0,02	0,029
23	22/06/2011	18:14:17	1013,45	22,778	16,778	16,889	16,722	0	0	0	52	69	255	1,717	171,887	25	12	0,25	2,03	0	0	5	7	0,09	0,084
24	22/06/2011	18:19:28	1013,55	22,667	16,667	16,722	16,611	0	0	0	52	69	255	1,717	171,887	273	23	0,25	2,03	0	0	5	5	0,09	0,084

Figura 3.12.- Archivo *.xls creado.

3.2.1.4 Visualización de datos

Paralelamente al almacenamiento, el programa presenta en su ventana principal, de manera gráfica y numérica, los valores de las variables (figura 3.13) correspondientes a la estación remota.

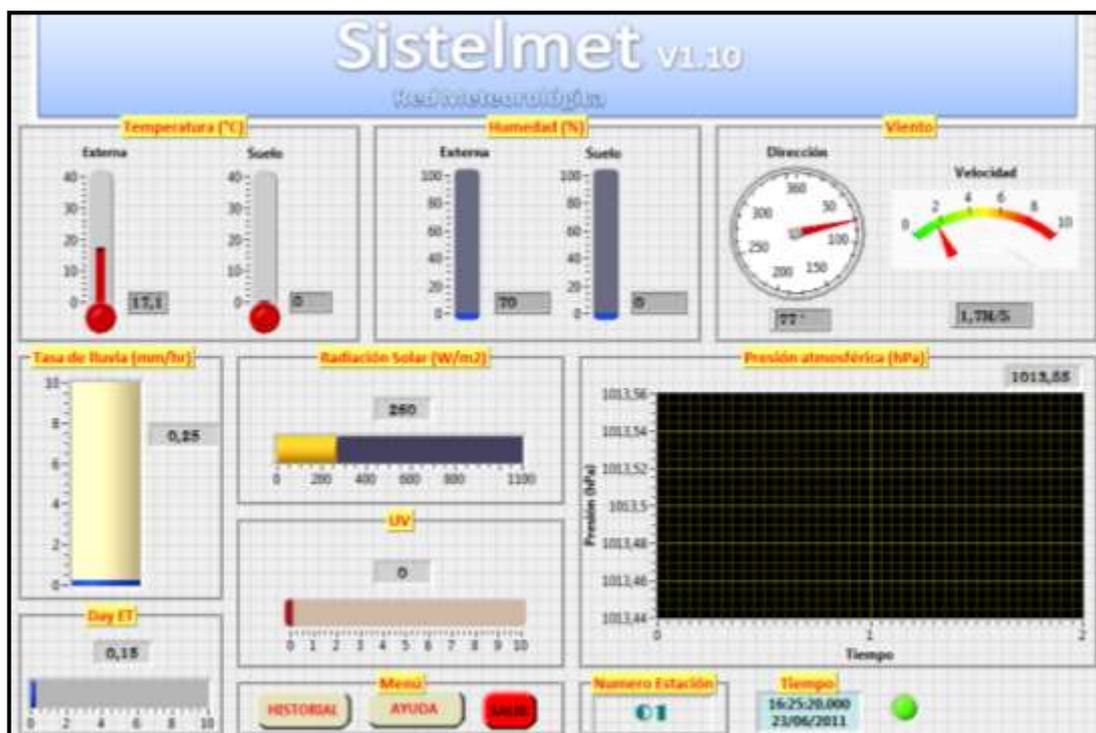


Figura 3.13.- Visualización de datos en el software de monitoreo.

CAPITULO IV

VALIDACIÓN

4.1 Validación de datos

Para la validación de los datos, se procede a comparar los datos obtenidos por el software WeatherLink con los del software SISTELMET y así obtener el error relativo que tendrá el sistema.

Se realizan dos ensayos de comparación, uno por día, en el primer ensayo se obtiene 13 muestras desde 10H30 hasta las 11H30 y el segundo ensayo se obtiene 25 muestras desde las 16h25 hasta las 18h25., cada muestra se toma con un intervalo de 5 minutos.

Para obtener el error relativo utilizaremos la siguiente fórmula:

$$e \% = 100 \frac{DW - DS}{DW}$$

dónde:

e: Error relativo dado en porcentaje

DW: Datos del WeatherLink

DS: Datos del sistema (SISTELMET).

Ensayo 1. Humedad Externa.

El error relativo obtenido en el primer ensayo realizado el día miércoles 22 de junio del 2011 a partir de las 10H30 hasta las 11H30 se muestra en la tabla 4.1.

Tabla 4.1.- Datos obtenidos del 22 de junio 2011.

FECHA	HORA	DATO WEATHERLINK	DATO SISTELMET	ERROR RELATIVO (%)
22_junio_2011	10H30	71	72	1,4
22_junio_2011	10H35	70	70	0,0
22_junio_2011	10H40	70	69	1,4
22_junio_2011	10H45	67	68	1,5
22_junio_2011	10H50	68	67	1,5
22_junio_2011	10H55	68	67	1,5
22_junio_2011	11H00	66	66	0,0
22_junio_2011	11H05	65	65	0,0
22_junio_2011	11H10	65	65	0,0
22_junio_2011	11H15	66	65	1,5
22_junio_2011	11H20	67	66	1,5
22_junio_2011	11H25	66	66	0,0
22_junio_2011	11H30	65	65	0,0

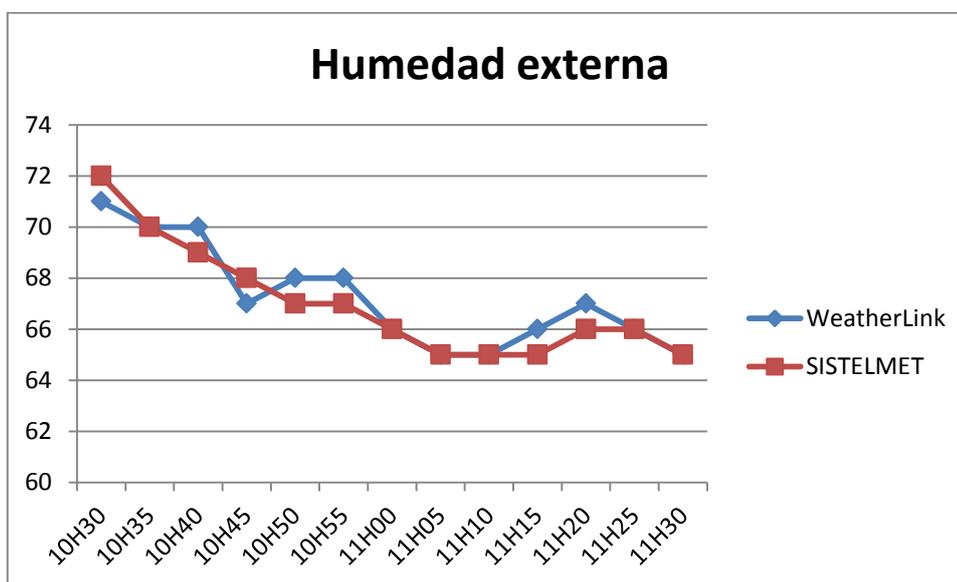


Figura 4.1.- Gráfica de la humedad externa del ensayo 1.

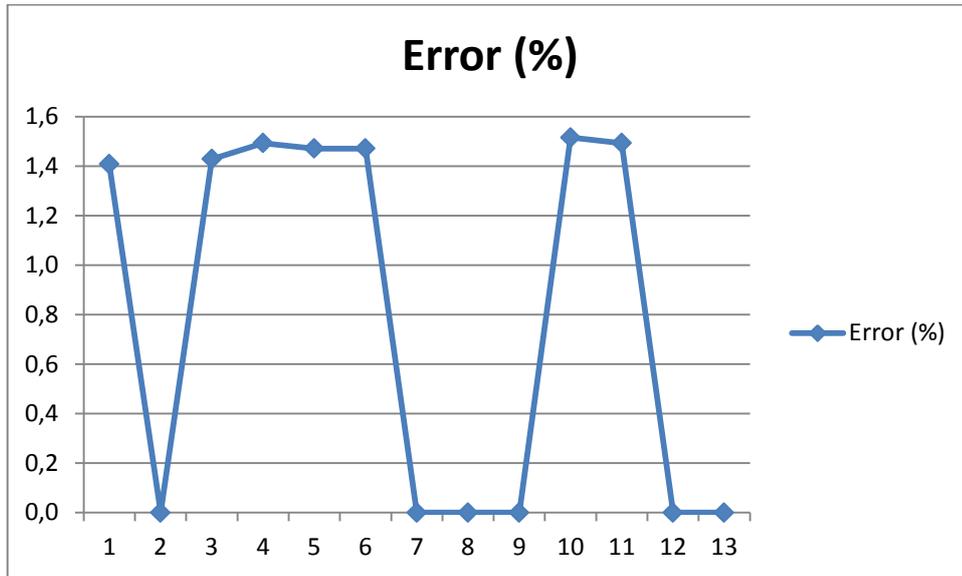


Figura 4.2.- Gráfica del error relativo del ensayo 1.

En la figura 4.2 se puede apreciar que el error máximo del ensayo realizado el día 22 de junio, es de 1,5%. de un error máximo permitido del 5% según el UCG.

Ensayo 2. Temperatura externa.

En la tabla 4.2 se muestran los datos y su error relativo del día jueves 23 de junio tomados desde las 16h25 hasta las 18h25.

Tabla 4.2.- Datos obtenidos del día 23 de junio 2011.

FECHA	HORA	DATO WEATHERLINK	DATO SISTELMET	ERROR RELATIVO (%)
23_junio_2011	16H25	17,1	17,1	0,1
23_junio_2011	16H30	17,2	17,2	0,2
23_junio_2011	16H35	17,2	17,1	0,5
23_junio_2011	16H40	17,1	17,0	0,5
23_junio_2011	16H45	17,1	17,0	0,6
23_junio_2011	16H50	17,1	17,1	0,3
23_junio_2011	16H55	17,2	17,1	0,5
23_junio_2011	17H00	17,1	17,0	0,6
23_junio_2011	17H05	17	16,9	0,3
23_junio_2011	17H10	16,9	16,8	0,4

23_junio_2011	17H15	16,8	16,8	0,2
23_junio_2011	17H20	16,7	16,6	0,5
23_junio_2011	17H25	16,6	16,6	0,3
23_junio_2011	17H30	16,6	16,4	0,9
23_junio_2011	17H35	16,4	16,3	0,7
23_junio_2011	17H40	16,3	16,3	0,1
23_junio_2011	17H45	16,1	16,3	1,1
23_junio_2011	17H50	16	16,2	1,1
23_junio_2011	17H55	15,9	16,0	0,6
23_junio_2011	18H00	15,9	15,9	0,1
23_junio_2011	18H05	15,8	15,8	0,2
23_junio_2011	18H10	15,7	15,7	0,1
23_junio_2011	18H15	15,6	15,6	0,1
23_junio_2011	18H20	15,5	15,6	0,4
23_junio_2011	18H25	15,6	15,5	0,9

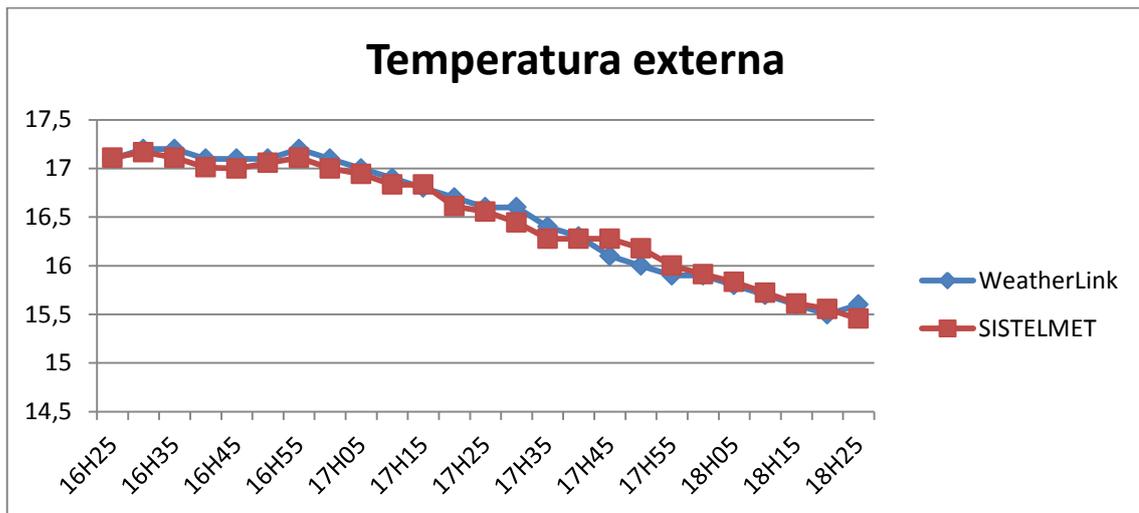


Figura 4.3.- Gráfica de la temperatura externa del ensayo 2.

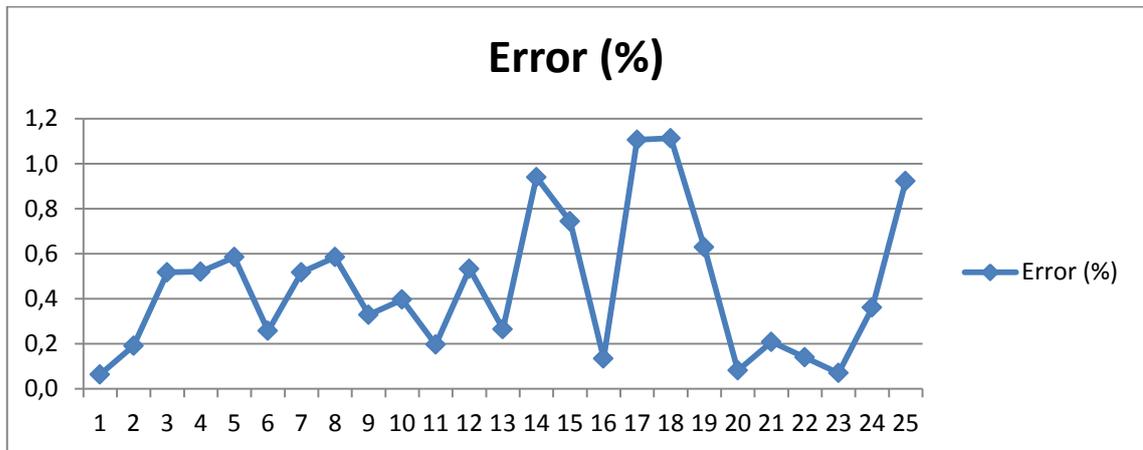


Figura 4.4.- Gráfica del error relativo del ensayo 2.

Como se puede observar en la figura 4.4, el error máximo obtenido del día 23 de junio, es de 1,1%. Este valor se encuentra dentro del valor máximo de error permitido que es del 5%.

La diferencia de errores que se obtiene en los ensayos se debe a que nuestro sistema realiza el promedio de las muestras obtenidas cada 10 segundos por 5 minutos, mientras que la consola realiza el promedio de esos 5 minutos con datos obtenidos cada 2,5 segundos. Con esto se aprecia que la consola recoge 120 muestras en 5 minutos y el sistema SISTELMET obtiene 30 muestras.

CONCLUSIONES

- Con el diseño e implementación del sistema de adquisición, almacenamiento y transmisión de datos se logró determinar el beneficio de poder obtener gran cantidad de datos de un lugar remoto sin necesidad de trasladarse a su lugar de origen.
- En nuestro país la red GPRS abarca gran parte de nuestro territorio y debido a su plataforma de transmisión de paquetes resulta beneficioso tanto técnica y económicamente para el desarrollo del presente proyecto.
- El error máximo permitido según investigadores del área de Hidrología y Meteorología de la UCG de la UTPL es del 5%, en los dos ensayos de muestras de envío y recepción de datos realizados en nuestro sistema, el error máximo que se obtuvo en el primer ensayo fue de 1,5% y en el segundo fue del 1,1%, lo que nos permite conocer que los datos arrojados por el sistema están dentro del margen de error permitido.
- El proyecto ya implementado dispone de una independencia de energía de 55 horas (Anexo D), para prevenir posibles cortes de suministro de energía eléctrica, puesto que dispone de una batería de 7 A/h, evitando así que el sistema deje de funcionar.
- La importancia del proyecto en el Área de Hidrología y Meteorología de la UCG es muy substancial, porque tendrán en tiempo real todas las variables meteorológicas generadas por las estaciones, de esta forma la UTPL se ahorraría el tiempo que usan los docentes en recolectar los datos de manera manual y el dinero que se emplea en transporte para llegar a las estaciones.

RECOMENDACIONES

- Cuando se va a realizar una implementación a través de la red utilizando la tecnología GPRS es importante conocer 3 aspectos:
 - ✓ Las zonas donde se usará el servicio (cobertura).
 - ✓ La cantidad de datos a transmitirse y
 - ✓ El ancho de banda que se requiere para la transmisión de datos.

Esto permitirá establecer si es o no conveniente el uso del servicio GPRS tanto para el usuario como para el proveedor de dicho servicio.
- Para garantizar una eficiencia en la transmisión de la información, es necesario tomar en cuenta los siguientes requisitos para el equipo de comunicaciones:
 - ✓ Alta capacidad, gran alcance, escalabilidad.
 - ✓ Mecanismos de redundancia, prevención, detección y recuperación rápida de la red frente a posibles fallas, y reducción al mínimo del impacto sobre el servicio.
 - ✓ Factibilidad técnica, facilidades de instalación, gestión, administración, configuración, control y monitoreo.
 - ✓ Equipos basados en estándares nacionales y compatibilidad con redes existentes
- Se recomienda que la Universidad Técnica Particular de Loja, ponga en marcha algún tipo de estrategia donde los proyectos de titulación se encaminen a resolver problemas reales. Con ello podemos conllevar a que la Universidad como tal, sea vista por empresas públicas o privadas, como una fuente confiable para la solución de problemas y provisión de servicios.

Por otro lado con este tipo de proyecto los estudiantes adquieren experiencia práctica tal como se la vive en la realidad.

BIBLIOGRAFÍA

[1] JIMMY PAUL CALLE GONZALEZ, JOSÉ DANIEL JARAMILLO MONGE: Diseño e implementación de un sistema de telemetría y telemando para el monitoreo de presión y control de las válvulas reductoras de presión de la red de agua potable de la empresa municipal etapa a través del uso de la red celular, Proyecto de Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica. Facultad de Ingenierías Carrera de Ingeniería Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/41/8/Capitulo2.pdf>

[2] MARTHA ELIZABETH ALULEMA QUITAQUIS (2010): Estudio de la comunicación con comandos AT y microcontroladores casa practico de implementación de un prototipo de sistema de gestión de alarma para viviendas con monitoreo mediante telefonía celular, Tesis previa a obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Computación. Facultad de Informática y Electrónica, Escuela Politecnica de Chimborazo.

<http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/331/1/38T00174.pdf>

[3] ÁLVARO RUANO FERNÁNDEZ (2007): Despliegue de un sistema de telefonía móvil GSM/GPRS en las comarcas de Tarragona, Trabajo previo a la obtención del título Enginyeria Tècnica de Telecomunicacions, especialitat en Telemàtica, Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica, Universitat Rovira i Virgili.

<http://cde05.etse.urv.es/pub/pdf/1162pub.pdf>

[4]MARIO AUGUSTO SILVESTRE HERNÁNDEZ (2008): Sistema de monitoreo y control remoto de repetidoras VHF MTR2000, a través de la red GPRS, Tesis para optar por el título de Ingeniero en Electrónica. Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad de San Carlos de Guatemala.

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0222_EO.pdf

[5] Davis Vantage Pro II: Especificaciones técnicas.

http://www.davisnet.com/product_documents/weather/spec_sheets/6152-62-53-63_Spec.pdf

[6] Davis Vantage Pro II: Manual de usuario de la consola.

http://www.davisnet.com/product_documents/weather/manuals/07395-240_IM_06312.pdf

[7] Davis Vantage Pro II: Manual de referencia de comunicación serial.

http://www.davisnet.com/support/weather/download/VantageSerialProtocolDocs_v230.pdf

[8] SKYPATROL TT8750: Manual de comandos de referencia.

http://equipment.skypatrol.com/manuales/Hardware_Documentation/TT8750/TT8750AT001%20-%20SkyPatrol%20AT%20Command%20Reference%201_14.pdf

[9] POWER SONIC: Especificaciones técnicas de la batería modelo PS-1250-F1.

http://www.alliedelec.com/Images/Products/Datasheets/BM/POWER-SONIC_CORP/621-9888.PDF

[10] JUAN BRAVO, GIOVANNY CELI (2008): Diseño e implementación de una estación de monitoreo de aforo y la transmisión de los datos obtenidos en tiempo real, Tesis para obtener el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Escuela de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Técnica Particular de Loja.

ANEXOS

ANEXO A. Tabla de contenido del paquete LOOP 1.

Field	Offset	Size	Explanation
"L"	0	1	Spells out "LOO" for Rev B packets and "LOOP" for Rev A packets. Identifies a LOOP packet
"O"	1	1	
"O"	2	1	
"P" (Rev A) Bar Trend(RevB)	3	1	Signed byte that indicates the current 3-hour barometer trend. It is one of these values: -60= FallingRapidly =196 (as an unsigned byte) -20= Falling Slowly = 236 (as an unsigned byte) 0 = Steady 20= Rising Slowly 60= RisingRapidly 80=ASCII"P"=Rev A firmware, no trend info is available Any other value means that the Vantage does
Packet Type	4	1	Has the value zero. In the future we may define new LOOP

Next Record	5	2	Location in the archive memory where the next data packet will be written. This can be monitored to detect when a new record is created.
Barometer	7	2	Current Barometer. Units are (in Hg/1000). The barometric values should be between 20 inches and 32.5 inches in Vantage Pro and between 20 inches and 32.5 inches in both Vantage Pro Vantage Pro2. Values outside these ranges will not be logged.
Inside Temperature	9	2	The value is sent as 10^m of a degree in F. For example, 795 is returned for 79.5°F.
Inside Humidity	11	1	This is the relative humidity in%, such as 50 is returned for 50%.
Outside Temperature	12	2	The value is sent as 10^m of a degree in F. For example, 795 is returned for 79.5°F.
WindSpeed	14	1	It is a byte unsigned value in mph. If the wind speed is dashed because it lost synchronization with the radio or due to some other reason, the wind speed is forced to be 0.
10 Min AvgWind Speed	15	1	It is a byte unsigned value in mph.
Wind Direction	16	2	It is a two byte unsigned value from 1 to 360 degrees. (0° is no wind data, 90° is East, 180° is South, 270° is West and 360° is north)
ExtraTemperatures	18	7	This field supports seven extra temperature stations. Each byte is one extra temperature value in whole degrees F with an offset of 90 degrees. For example a value of 0 = -90 °F; a value of 100=10°F; and a value of 169 =79°F.

Soil Temperatures	25	4	This field supports four soil temperature sensors, in the same format as the Extra Temperature field above
Leaf Temperatures	29	4	This field supports four leaf temperature sensors, in the same format as the Extra Temperature field above
Outside Humidity	33	1	This is the relative humidity in%.
Extra Humidities	34	7	Relative humidity in% for extra seven humidity stations.
Rain Rate	41	2	This value is sent as number of rain clicks (0.2mm or 0.01in).
UV	43	1	The unit is in UV index.
Solar Radiation	44	2	The unit is in watt/meter ² .
Storm Rain	46	2	The storm is stored as 100 th of an inch.
Start Date of current Storm	48	2	Bit 15 to bit 12 is the month, bit 11 to bit 7 is the day and bit 6 to bit 0 is the year offset by 2000.
Day Rain	50	2	This value is sent as number of rain clicks. (0.2mm or 0.01in)
Month Rain	52	2	This value is sent as number of rain clicks. (0.2mm or 0.01in)
Year Rain	54	2	This value is sent as number of rain clicks. (0.2mm or 0.01in)
Day ET	56	2	This value is sent as the 1000 th of an inch.
Month ET	58	2	This value is sent as the 100 th of an inch.
Year ET	60	2	This value is sent as the 100 th of an inch.
Soil Moistures	62	4	The unit is in centibar. It supports four soil sensors.
Leaf Wetnesses	66	4	This is a scale number from 0 to 15 with 0 meaning very dry and 15 meaning very wet. It supports four leaf sensors.
Inside Alarms	70	1	Currently active inside alarms. See the table below
Rain Alarms	71	1	Currently active rain alarms. See the table below
Outside Alarms	72	2	Currently active outside alarms. See the table below
Extra Temp/Hum Alarms	74	8	Currently active extra temp/hum alarms. See the table
Soil & Leaf Alarms	82	4	Currently active soil/leaf alarms. See the table below
Transmitter Battery Status	86	1	
Console Battery Voltage	87	2	Voltage = ((Data * 300)/512)/100.0
Forecast Icons	89	1	

Field	Offset	Size	Explanation
Forecast Rule number	90	1	
Time of Sunrise	91	2	The time is stored as hour * 100 + min.
Time of Sunset	93	2	The time is stored as hour * 100 + min.
"\n" <LF> = 0x0A	95	1	
"\r" <CR> = 0x0D	96	1	
CRC	97	2	
Total Length	99		

ANEXO B. Especificaciones PIC 18F4520.



MICROCHIP PIC18F2420/2520/4420/4520

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D and nanoWatt Technology

Power Management Features:

- Run: CPU on, Peripherals on
- Idle: CPU off, Peripherals on
- Sleep: CPU off, Peripherals off
- Ultra Low 50nA Input Leakage
- Run mode Currents Down to 11 μ A Typical
- Idle mode Currents Down to 2.5 μ A Typical
- Sleep mode Current Down to 100 nA Typical
- Timer1 Oscillator: 900 nA, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 1.4 μ A, 2V Typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, up to 40 MHz
- 4x Phase Lock Loop (PLL) – Available for Crystal and Internal Oscillators
- Two External RC modes, up to 4 MHz
- Two External Clock modes, up to 40 MHz
- Internal Oscillator Block:
 - Fast wake from Sleep and Idle, 1 μ s typical
 - 8 use-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - Provides a complete range of clock speeds from 31 kHz to 32 MHz when used with PLL
 - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if peripheral clock stops

Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source 25 mA/25 mA
- Three Programmable External Interrupts
- Four Input Change Interrupts
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules, one with Auto-Shutdown (28-pin devices)
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module (40/44-pin devices only):
 - One, two or four PWM outputs
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-shutdown and auto-restart

Peripheral Highlights (Continued):

- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module Supporting 3-Wire SPI (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- Enhanced Addressable USART module:
 - Supports RS-485, RS-232 and LIN/J2602
 - RS-232 operation using internal oscillator block (no external crystal required)
 - Auto-wake-up on Start bit
 - Auto-Baud Detect
- 10-Bit, up to 13-Channel Analog-to-Digital (A/D) Converter module:
 - Auto-acquisition capability
 - Conversion available during Sleep
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing
- Programmable 16-Level High/Low-Voltage Detection (HLVD) module:
 - Supports interrupt on High/Low-Voltage Detection

Special Microcontroller Features:

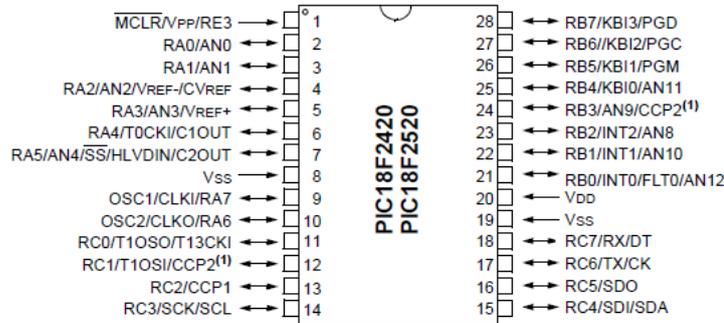
- C Compiler Optimized Architecture:
 - Optional extended instruction set designed to optimize re-entrant code
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory Typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory Typical
- Flash/Data EEPROM Retention: 100 Years Typical
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 4 ms to 131s
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- In-Circuit Debug (ICD) via Two Pins
- Wide Operating Voltage Range: 2.0V to 5.5V
- Programmable Brown-out Reset (BOR) with Software Enable Option

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		EUSART	Comp.	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				SPI	Master I ² C™			
PIC18F2420	16K	8192	768	256	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2520	32K	16384	1536	256	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4420	16K	8192	768	256	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4520	32K	16384	1536	256	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3

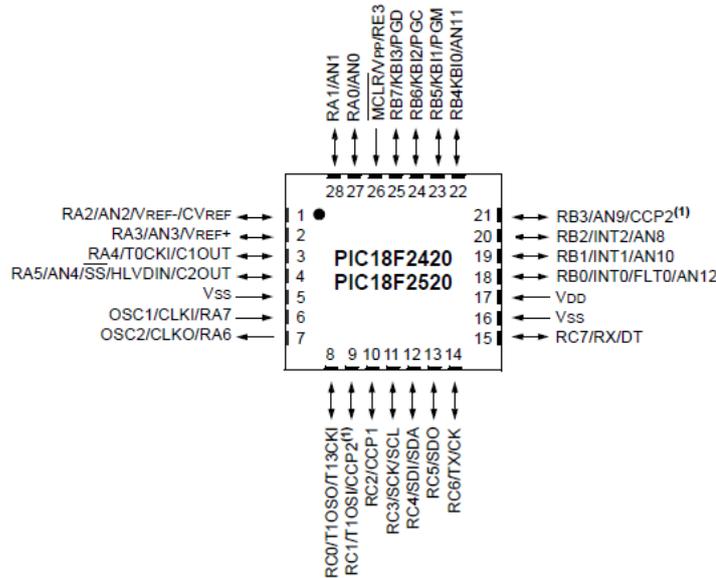
PIC18F2420/2520/4420/4520

Pin Diagrams

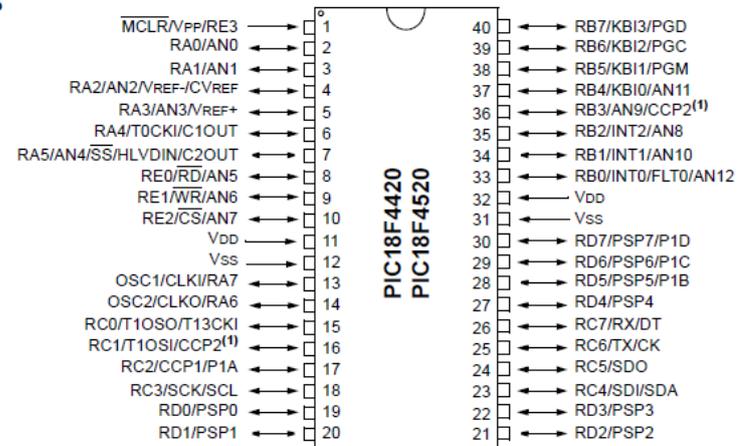
28-Pin SPDIP, SOIC



28-Pin QFN



40-Pin PDIP



Note 1: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.

ANEXO C. Comandos de referencia del módem SKYPATROL TT8750.



**AT Command Reference
TT8750AT001**

**TT8750
AT command Reference**

Revision 1.14
3/18/2010

Confidential and Proprietary Information – © 2005 Skypatrol, LLC.
Do not duplicate without express permission from Skypatrol, LLC

5. Product Specifications

System Requirements		Application Interface	
L x W x H:	86.6 x 63 x 25.6 mm (Excluding connectors)	• Host Protocols:	PPP, AT, UDP, TCP/IP
Housing:	Plastic	• Internal Protocols:	UDP (PAD), TCP(PAD)
TX Power:	Class 4 (2W @850/900 MHz) Class 1 (1W @1800/1900 MHz)	• API Control/Status:	AT or UDP(PAD), CMUX
Slot Class:	MS10(4RX/2TX, 5 MAX)	• Friend's IP Feature	
		• Auto-Registration software upon power-up	
		• Over the air commands for:	
		- I/O Control	- Status Change Reporting
		- GPS TX Interval	- GPS Content
		- Binary Reporting	- Event Reporting
		- Timed Reporting	- Distance Reporting
		- Alarm Reporting	- Geo-Fencing
		- Max Speed	- Virtual Odometer
Band Operation		SIM Card / Interface / I/O	
GSM2338 (850/900/1800/1900)		• FAKRA Blue Coding C Antenna Connector for 3.3 Vdc GPS	
		• External SIM accessible via end cap	
		• 2.5mm Audio connection/1 Audio Input/Output	
		• FAKRA Bordeaux Violet Coding D Antenna Connector for GSM	
		• 3 Pin I/O – 2 Input/Outputs, 1 Output 3 LED Status indicators 1 Ignition Sense	
GPRS Packet Data		Environment	
Mode:	Class B, Multislot 10 Certified	Operating:	-30°C to +70°C
Protocol:	GPRS Release 97, SMG 31	Spec. Compliant:	-20°C to +60°C
Coding Schemes:	CS1 – CS4	Storage:	-40°C to +85°C
Packet Channel:	PBCCH/PCCCH	Humidity:	Up to 95% non-condensing
		Note:	If the SkyPatrol TT8750 is equipped with a battery, the battery should only be charged between 0 and 45 degrees Celsius
GSM Functionality		Status Indicator	
Voice:	Full Rate, Enhanced full rate and half rate, AMR (GSM2338)	• Power ON/GPS Power	
CS Data:	Asynchronous, transparent and non transparent up to 9.6 KB	• Registration Status/User Defined 1	
GSM SMS:	Text, PDU, MO/MT, Cell broadcast	• GPS Status	
Certification (Pending)		Power	
GSM2338		DC Voltage:	7 - 40 VDC
FCC:	Parts 15, 22, & 24	SkyPatrol TT8750 2338 @ 13.8V	
GCF:	2.21.1	BAND	MODE
PTCRB:	3.7.1	GSM 850& 900	1TX/1RX 1RX Idle
Industry Canada			390 180 65
CE Mark		GSM 1800& 1900	1TX/1RX 1RX Idle
Emark			400 190 55
RoHS Compliant			
			0.600 @ 32.5 0.570 @ 30.0
GPS Functionality		Part Number	
• FAKRA Blue Coding C Antenna Connector for GPS		GSM2338 -01	SkyPatrol TT8750 without battery
• Supports 3.3V Active Antenna		GSM2338-00	SkyPatrol TT8750 with battery
• GPS Protocols: NMEA, SkyPatrol binary			
• Stored GPS Messages Feature			

1. Insert the SIM into the SIM Slot with the notch going into the slot first, and facing toward the left side of the SkyPatrol TT8750.

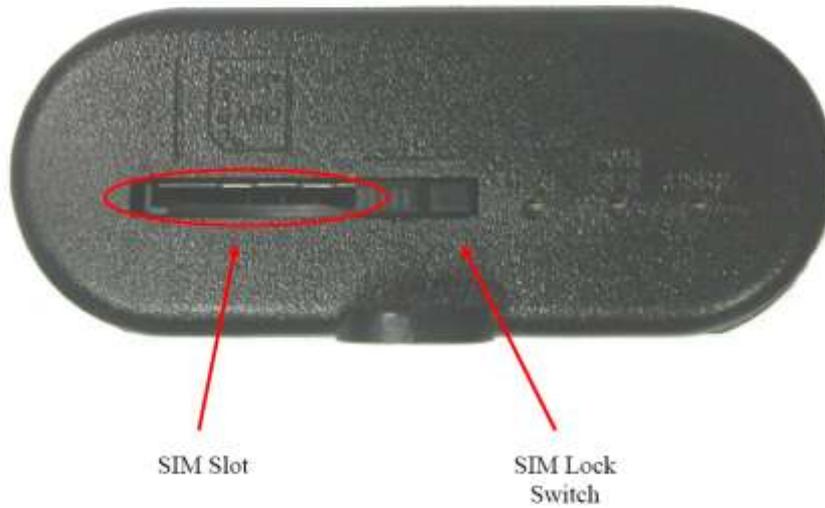


Figure 10 – SIM Slot and SIM Lock

2. Slide the SIM Lock Door to the left to lock the SIM into the holder.



Figure 11 – Power Cable

AT+CGDCONT DEFINE PDP CONTEXT

AT+CGDCONT	Define PDP Context
Command Function	Specifies PDP context parameter values for a PDP context identified by the (local) context identification parameter, <cid>.
Command Functional Group	GPRS Commands
Command Format Query	AT+CGDCONT=?
Response	+CGDCONT: (1-6),"IP",,,(0,1),(0,1) OK
Write Format	AT+CGDCONT=<cid>,<PDP_Type>,<APN>,<PDP_ADDR>,<d_comp>,<h_comp>
Response	+CGDCONT: <cid>,<PDP Type>,<"APN">,<"PDP_ADDR">,<d_comp>,<h_comp> OK
Read Format	AT+CGDCONT?
Response	+CGDCONT: <cid>,<PDP Type>,<"APN">,<"PDP_ADDR">,<d_comp>,<h_comp> OK
Execution Format	N/A
Response	N/A
Parameter Values	
<cid>	PDP Context Identifier
<PDP_type>	"IP"
<"APN">	"Access Point Name"
<"PDP_addr">	" Identifies the MT in the address space"

AT+CGDCONT	Define PDP Context
<d_comp>	0 = off 1 = on
<h_comp>	0 = off 1 = on
Reference	GSM Ref. 07.07 Chapter 10.1.1
Standard Scope	Mandatory
Implementation Scope	Full
Notes	<p>AT+CGDCONT must be entered before Context activation.</p> <p>AT+CGDCONT=1,"IP", "", "", 0,0 may be entered for networks that dynamically assign the APN. Contact your service provider for correct APN information.</p> <p>If AT\$AREG=2, and the device has already started to negotiate a context activation, the modem will return error. AT\$AREG must =1 to enter the command. If AT\$AREG=2 and the device has a current context activation, AT\$AREG=1 must be entered and the device shall return no carrier before AT+CGDCONT can be entered. It is not recommended entering AT&F while the device has a current context activation to deactivate the device.</p>

AT\$FRIEND MODEM FRIENDS

AT\$FRIEND	Modem Friends
Command Function	This command allows the user to configure the modem friend/server list. A friend is always allowed remote API access. Friend servers can be configured to receive WAKEUP messages whenever the modem receives a new IP, or after a certain period has elapsed. (see AT\$WAKEUP)
Command Functional Group	SkyPatrol Specific
Command Format Query	\$FRIEND=?
Response	\$FRIEND: (1-10),(0,1),"(0-255).(0-255).(0-255).(0-255)" ,(0-65535),(0-3) OK
Write Format	AT\$FRIEND =<friend number> ,
Response	<server indication>,"<friend IP> or <DNS name>" , <destination port> , <usage> OK
Read Format	AT\$FRIEND?

AT\$MDMID MODEM ID

AT\$MDMID	Modem ID
Command Function	This command allows the user to query/set the modem ID. The modem ID is copied into each wakeup message sent from the modem. (see AT\$WAKEUP)
Command Functional Group	SkyPatrol Specific
Command Format Query	AT\$MDMID=?
Response	\$MDMID: ("MODEM ID") OK
Write Format	AT\$MDMID ="<modem ID >"
Response	OK
Read Format	AT\$MDMID?
Response	\$MDMID: "<modem ID >"
Execution Format	N/A
Response	N/A
Parameter Values	
<modem ID >	0-20 character string in ASCII format.
Reference	
Standard Scope	Optional
Implementation Scope	Full
Notes	N/A

5 AT\$HBRST AUTOMATIC MODEM RESET

AT\$HBRST	Automatic Modem Reset
Command Function	This command allows the user to program the reset interval and enable/disable ignition resets on selected devices.
Command Functional Group	SkyPatrol Specific
Command Format Query	AT\$HBRST=?
Response	\$HBRST:(0-168),(0-1) OK
Write Format	AT\$HBRST=<hours>,<ign rst inhibit> <cr>
Response	OK
Read Format	AT\$HBRST?
Response	\$HBRST:<hours>,<ign rst inhibit> OK
Execution Format	N/A
Response	N/A
Parameter Values	
<hours>	0 = Automatic reset turned off 1-168 = Number of hours until the modem resets
<ign rst inhibit>	0 = inhibit off (default). Modem will be reset when ignition on event is detected. <i>This parameter is not adjustable on this device and will always return a value of 0.</i>
Reference	N/A
Standard Scope	Optional
Implementation Scope	Full
Notes	The time until the modem resets is an approximate value.

AT&W SAVE CURRENT SETTINGS

AT&W	Save Current Settings
Command Function	This command allows the user to save the current settings in memory.
Command Functional Group	State control
Command Format Query	N/A
Response	N/A
Write Format	N/A
Response	N/A
Read Format	N/A
Response	N/A
Execution Format	AT&W
Response	OK
Parameter Values	N/A
Reference	N/A
Standard Scope	Optional
Implementation Scope	Full
Notes	To ensure successful completion of the command, do not issue additional commands until 'OK' is returned.

ANEXO D. Cálculos de duración de la batería.



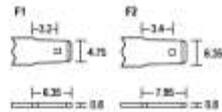
Features

- Absorbent Glass Mat (AGM) technology for superior performance
- Valve regulated, spill proof construction allows safe operation in any position
- Power/volume ratio yielding unrivaled energy density
- Rugged impact resistant ABS case and cover (UL94-HB)
- Approved for transport by air. D.O.T., I.A.T.A., F.A.A. and C.A.B. certified
- U.L. recognized under file number MH 20845

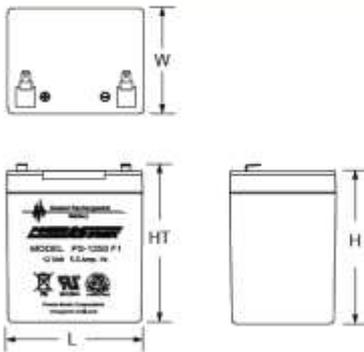
Terminals

(mm)

- F1 - Quick disconnect tabs, 0.187" x 0.032"
- Mate with AMP, INC. FASTON "187" series
— OR —
- F2 - Quick disconnect tabs, 0.250" x 0.032"
- Mate with AMP, INC. FASTON "250" series



Physical Dimensions: in (mm)



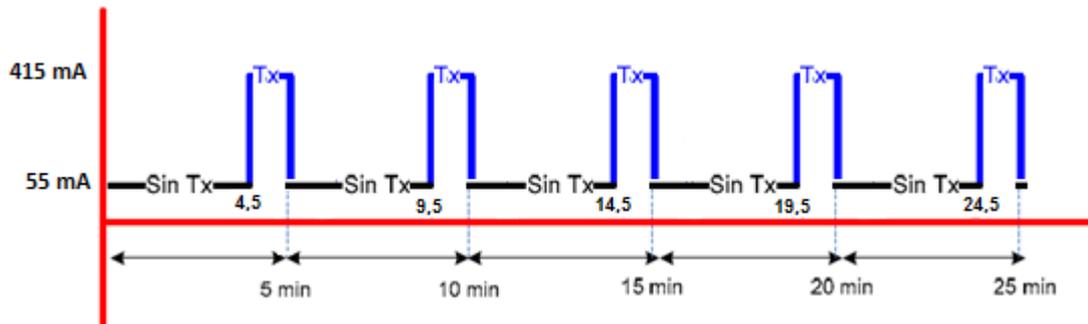
L: 3.54 (90) W: 2.76 (70) H: 3.98 (101) HT: 4.21 (107)

Tolerances are +/- 0.04 in. (+/- 1mm) and +/- 0.06 in. (+/- 2mm) for height dimensions. All data subject to change without notice.

Performance Specifications

Nominal Voltage	12 volts (6 cells)
Nominal Capacity	
20-hr. (250mA to 10.50 volts)	5.00 AH
10-hr. (450mA to 10.50 volts)	4.50 AH
5-hr. (750mA to 10.20 volts)	3.75 AH
1-hr. (2.85A to 9.00 volts)	2.85 AH
15-min. (9A to 9.00 volts).....	2.25 AH
Approximate Weight	3.50 lbs. (1.59 kg)
Energy Density (20-hr. rate)	1.54 W-hr/in ³ (94.16 W-hr/l)
Specific Energy (20-hr. rate)	17.14 W-hr/lb (37.79 W-hr/kg)
Internal Resistance (approx.)	40 milliohms
Max Discharge Current (7 Min.)	15.0 amperes
Max Short-Duration Discharge Current (10 Sec.)	50.0 amperes
Shelf Life (% of nominal capacity at 68 °F (20 °C))	
1 Month	97%
3 Months.....	91%
6 Months	83%
Operating Temperature Range	
Charge	-4 °F (-20 °C) to 122 °F (50 °C)
Discharge	-40 °F (-40 °C) to 140 °F (60 °C)
Case	ABS Plastic
Power-Sonic Chargers	PSC-12500A

Cálculos:



Tiempo en 1h:

Sin TX: 54 min. = 0,9

Con TX: 6 min. = 0,1

Potencia de la T.A.D. y modem sin TX

$$P_{TM1} = V \times I \ 0,9$$

$$P_{TM1} = 12V \times 55mA \ 0,9$$

$$P_{TM1} = 594mW$$

Potencia de la T.A.D. y modem con TX

$$P_{TM2} = V \times I \ 0,1$$

$$P_{TM2} = 12V \times 415mA \ 0,1$$

$$P_{TM2} = 498mW$$

Potencia de la batería

$$P_B = V \times I$$

$$P_B = 12V \times 5Ah$$

$$P_B = 60Wh$$

$$\Delta W = P_{TM1} + P_{TM2} \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{\Delta W}{P_{TM1} + P_{TM2}}$$

$$\Delta t = \frac{60Wh}{594mW + 498mW}$$

$$\Delta t = \frac{60Wh}{594mW + 498mW}$$

$$\Delta t = \frac{60Wh}{1,092W}$$

$$\Delta t = 54,945 h$$

Por lo obtenido se concluye que el tiempo de descarga de la batería es de 54, 945 horas para la T.A.D y el modem.

Potencia de la batería tipo C de la consola

$$P_B = V \times I$$

$$P_B = 3,6V \times 2200mAh$$

$$P_B = 7,92Wh$$

Potencia requerida por la consola

$$P_C = V \times I$$

$$P_C = 5V \times 1,5mA$$

$$P_C = 7,5mW$$

$$\Delta t = \frac{7,92Wh}{7,5mW}$$

$$\Delta t = 1056 h$$

Las baterías tipo C que se colocan en la consola tienen un tiempo de descarga de 1056 horas, es decir de 44 días.

ANEXO E. Programa del microcontrolador.

```
*****
'* Name      : UNTITLED.BAS                               *
'* Author    : Alex Jaramillo, Christian Tinoco          *
'* Notice    : Copyright (c) 2010                       *
'*           : All Rights Reserved                      *
'* Date      : 21/09/2010                               *
'* Version   : 1.0                                       *
'* Notes     :                                           *
'*           :                                           *
*****
Device = 18F4520
Declare Xtal 20

All_Digital = 1      'CONFIGURO TODOS LOS PUERTOS COMO DIGITALES
TRISB = %00000001    'PUERTO B0 SE ESTABLECE COMO ENTRADA PARA LA
INTERRUPCIÓN DE DESCARGA

Declare SDA_Pin PORTC.4 'ESTABLESCO EL PUERTO B0 COMO ENTRADA DE
DATOS DE LA MEMORIA
Declare SCL_Pin PORTC.3 'ESTABLESCO EL PUERTO B1 COMO SALIDA DE LA
SEÑAL DE RELOJ
Declare Slow_Bus=On    'SE APLICA LA FRECUENCIA MINIMA PARA EL BUS
I2C -100KHz-

Symbol MTX PORTC.6
Symbol MRX PORTC.7
Symbol CRX PORTD.1
Symbol CTX PORTD.0
Symbol DRX PORTD.1
Symbol DTX PORTD.0
Symbol D PORTB.0
Symbol LF PORTB.7
Symbol LD PORTB.4
Symbol LM PORTB.5
Symbol LC PORTB.6

Dim Dato1[66] As Byte
Dim Dato2[40] As Byte
Dim DatoMOD As Byte
Dim DatoDES As Byte
Dim DatoMEM As Byte
Dim DIR As Byte      'DECLARO LA VARIABLE QUE PERMITIRÁ COLOCAR LA
DIRECCIÓN DE LOS DATOS EN LA EEPROM
Dim A As Byte
Dim M As Byte
Dim HX As Byte

Dim ValorDEC As Byte
Dim ValorBAR As Word
Dim ValorTEMPIN As Word
Dim ValorTEMPOUT As Word
```

Dim ValorHUMEXT As Byte
Dim ValorHUMSUELO As Byte
Dim ValorDIR As Word
Dim ValorSPEED As Word
Dim ValorRR As Word
Dim ValorUV As Word
Dim ValorSOLAR As Word
Dim ValorStRAIN As Word
Dim ValorDAYR As Word
Dim ValorDAYET As Word
Dim ValorTEMPSUELO As Word

Dim SumaBAR As Dword
Dim SumaTEMPIN As Dword
Dim SumaTEMPOUT As Dword
Dim SumaTEMP_SUELO As Dword
Dim SumaHUMEXT As Word
Dim SumaHUMSUELO As Word
Dim SumaDIR As Dword
Dim SumaSPEED As Dword
Dim SumaRR As Dword
Dim SumaUV As Dword
Dim SumaSOLAR As Dword
Dim SumaStRAIN As Dword
Dim SumaDAYR As Dword
Dim SumaDAYET As Word

Dim elev As Byte
Dim dato As Byte
Dim muestras As Byte
Dim muestraBAR As Byte
Dim muestraTEMPIN As Byte
Dim muestraTEMPOUT As Byte
Dim muestraHUMEXT As Byte
Dim muestraHUMSUELO As Byte
Dim muestraDIR As Byte
Dim muestraSPEED As Byte
Dim muestraRR As Byte
Dim muestraUV As Byte
Dim muestraSOLAR As Byte
Dim muestraStRAIN As Byte
Dim muestraTEMP_SUELO As Byte
Dim muestraDAYR As Byte
Dim muestraDAYET As Byte

Dim HITEMPOUT As Word
Dim LOWTEMPOUT As Word
Dim HIDIRVIENTO As Word
Dim HISPEED As Word
Dim HIUV As Word
Dim HISOLAR As Word
Dim HISTRAIN As Word
Dim HITEMPSUELO As Word

Dim LOWTEMPSUELO As Word

Dim BARO As String * 4
Dim BARO1 As String * 2
Dim BARO2 As String * 2
Dim TEMPIN As String * 4
Dim TEMPIN1 As String * 2
Dim TEMPIN2 As String * 2
Dim TEMPOUT As String * 5
Dim TEMPOUT1 As String * 3
Dim TEMPOUT2 As String * 3
Dim DIRVIENTO As String * 5
Dim DIRVIENTO1 As String * 3
Dim DIRVIENTO2 As String * 3
Dim RAINRATE As String * 5
Dim RAINRATE1 As String * 3
Dim RAINRATE2 As String * 3
Dim SOLARRAD As String * 5
Dim SOLARRAD1 As String * 3
Dim SOLARRAD2 As String * 3
Dim STORMRAIN As String * 5
Dim STORMRAIN1 As String * 3
Dim STORMRAIN2 As String * 3
Dim DAYRAIN As String * 5
Dim DAYRAIN1 As String * 3
Dim DAYRAIN2 As String * 3
Dim DAYET As String * 5
Dim DAYET1 As String * 3
Dim DAYET2 As String * 3
Dim VELOCIDAD As String * 3
Dim HUMEXT As String * 3
Dim HUMSUELO As String * 3
Dim UV As String * 3
Dim TEMPSUELO As String * 3
Dim HtoD As String * 1

Dim LEER As Byte

Dim ESCRIBIR As Byte

INTCON = %10010000

PortB_Pullups = 1

On_Hardware_Interrupt GoTo DESCARGA

ESCRIBIR = 160

LEER = 161

Low LD

Low LF

Low LM

Low LC

muestras = 0 : muestraBAR = 0 : muestraTEMPIN = 0 : muestraTEMPOUT = 0

: muestraDIR = 0 : muestraSPEED = 0 : muestraDAYET = 0

muestraRR = 0 : muestraSOLAR = 0 : muestraStRAIN = 0 :

muestraTEMP_SUELO = 0 : muestraUV = 0 : muestraDAYR = 0

```
muestraHUMEXT = 0 : muestraHUMSUELO = 0
SumaBAR = 0 : SumaTEMPIN = 0 : SumaTEMPOUT = 0 : SumaTEMP_SUELO = 0 :
SumaSPEED = 0 : SumaDIR = 0 :
SumaSOLAR = 0 : SumaStRAIN = 0 : SumaRR = 0 : SumaUV = 0 : SumaDAYR =
0 : SumaDAYET = 0 : SumaHUMEXT = 0 : SumaHUMSUELO = 0
HITEMPOUT = 0 : LOWTEMPOUT = 800 : HITEMPSUELO = 0 : LOWTEMPSUELO =
800 : HIDIRVIENTO = 0 : HISPEED = 0 : HIUV = 0 : HISOLAR = 0
DIR = 0
```

```
'***** PROGRAMA PRINCIPAL --SYSTELEMET 1.0-- *****
```

```
SYSTELEMET:
```

```
Low LD
```

```
Low LM
```

```
Low LC
```

```
High LF 'ENCIENDE EL LED INDICADOR DEL FUNCIONAMIENTO DEL  
DATALOGGER
```

```
GoSub CONSOLA 'INGRESO A LA SUBROUTINA CONSOLA
```

```
DelayMS 10
```

```
GoSub BAROMETRO 'INGRESO A LA SUBROUTINA BAROMETRO
```

```
GoSub TEMP_IN 'INGRESO A LA SUBROUTINA TEMPERATURA INTERNA
```

```
GoSub TEMP_OUT 'INGRESO A LA SUBROUTINA TEMPERATURA EXTERNA
```

```
GoSub HUMEDAD 'INGRESO A LA SUBROUTINA DE HUMEDADES
```

```
GoSub WIND_SPEED_DIR 'INGRESO A LA SUBROUTINA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN  
DEL VIENTO
```

```
GoSub RAIN_RATE 'INGRESO A LA SUBROUTINA RAIN RATE 'TASA DE LLUVIA'
```

```
GoSub SOLAR_RAD 'INGRESO A LA SUBROUTINA RADIACIÓN SOLAR
```

```
GoSub STORM_RAIN 'INGRESO A LA SUBROUTINA LLUVIA DE TORMENTA
```

```
GoSub DAY_RAIN 'INGRESO A LA SUBROUTINA LLUVIA DIARIA
```

```
GoSub DAY_ET 'INGRESO A LA SUBROUTINA EVAPOTRANSPIRACIÓN DIARIA
```

```
GoSub TEMP_SUELO 'INGRESO A LA SUBROUTINA TEMPERATURA DE SUELO
```

```
If muestras > 30 Then 'ENVIO DE DATOS AL MODEM CADA 5 MINUTOS  
tomados cada 10 segundos
```

```
ValorBAR = SumaBAR / muestraBAR
```

```
ValorTEMPIN = SumaTEMPIN / muestraTEMPIN
```

```
ValorTEMPOUT = SumaTEMPOUT / muestraTEMPOUT
```

```
ValorTEMPSUELO = SumaTEMP_SUELO / muestraTEMP_SUELO
```

```
ValorHUMEXT = SumaHUMEXT / muestraHUMEXT
```

```
ValorHUMSUELO = SumaHUMSUELO / muestraHUMSUELO
```

```
ValorDIR = SumaDIR / muestraDIR
```

```
ValorSPEED = SumaSPEED / muestraSPEED
```

```
ValorUV = SumaUV / muestraUV
```

```
ValorRR = SumaRR / muestraRR
```

```
ValorSOLAR = SumaSOLAR / muestraSOLAR
```

```
ValorStRAIN = SumaStRAIN / muestraStRAIN
```

```
ValorDAYR = SumaDAYR / muestraDAYR
```

```
ValorDAYET = SumaDAYET / muestraDAYET
```

```
If LOWTEMPOUT = 800 Then LOWTEMPOUT = 0
```

```
If LOWTEMPSUELO = 800 Then LOWTEMPSUELO = 0
```

```
If ValorHUMSUELO = 255 Then ValorHUMSUELO = 0
```

```
DelayMS 20
```

```
GoSub TIME
```

```
GoSub MODEM
```

```
DelayMS 20
```

```
muestras = 0 : muestraBAR = 0 : muestraTEMPIN = 0 : muestraTEMPOUT = 0
: muestraDIR = 0 : muestraSPEED = 0 : muestraDAYET = 0
muestraRR = 0 : muestraSOLAR = 0 : muestraStRAIN = 0 :
muestraTEMP_SUELO = 0 : muestraUV = 0 : muestraDAYR = 0
muestraHUMEXT = 0 : muestraHUMSUELO = 0
    SumaBAR = 0 : SumaTEMPIN = 0 : SumaTEMPOUT = 0 :
SumaTEMP_SUELO = 0 : SumaSPEED = 0 : SumaDIR = 0
    SumaSOLAR = 0 : SumaStRAIN = 0 : SumaRR = 0 : SumaUV = 0 :
SumaDAYR = 0 : SumaDAYET = 0 : SumaHUMEXT = 0 : SumaHUMSUELO = 0
HITEMPOUT = 0 : LOWTEMPOUT = 800 : HITEMPSUELO = 0 : LOWTEMPSUELO =
800 : HIDIRVIENTO = 0 : HISPEED = 0 : HIUV = 0 : HISOLAR = 0
EndIf
    DelayMS 8900  'ESPERA DE 10 SEGUNDOS PARA QUE SOLICITE LOS NUEVOS
DATOS METEOROLÓGICOS A LA CONSOLA
Low LF  'APAGO EL LED QUE INDICA EL FUNCIONAMIENTO DEL DATALOGGER
DelayMS 150
GoTo SYSTELMET  'REGRESO A LA RUTINA PRINCIPAL DEL DATALOGGER
End

'***** PERMITE ESTABLECER LA COMUNICACIÓN DATALOGGER-CONSOLA VANTAGE
PRO 2 *****
CONSOLA:
High LC  'ENCIENDE EL LED INDICADOR DEL INTENTO DE ESTABLECIMIENTO DE
LA COMUNICACIÓN DATALOGGER-CONSOLA
SerOut CTX, 84, ["LOOP 1",13]  'SENTENCIA Y COMANDO PARA PEDIR DATOS
METEOROLÓGICOS A LA CONSOLA
SerIn CRX, 84, 800, CONSOLA, [Str Dato1\66, Str Dato2\32]
'SENTENCIA PARA RECIBIR LOS DATOS METEOROLÓGICOS DE LA CONSOLA
DelayMS 100
muestras = muestras + 1  'VARIABLE DE CONTEO DE LAS MUESTRAS
EXTRAIDAS A LA CONSOLA
Low LC  'APAGO EL LED INDICADOR DEL ESTABLECIMIENTO EXITOSO DE LA
COMUNICACIÓN DATALOGGER-CONSOLA
Return

'***** PERMITE EL ENVIO DE LOS DATOS METEOROLÓGICOS HACIA EL MODEM
GPRS *****
MODEM:
High LM  'ENCIENDE EL LED INDICADOR DEL ENVIO DE LOS DATOS AL MODEM
GPRS
SerOut MTX, 84, ["AT$MSGSD=4,",34,"**01**",";","Dec Dato2[1],","Dec
Dato2[2],","Dec Dato2[3],";","Dec Dato2[4],_
","Dec Dato2[5],","Dec Dato2[6],";","Dec ValorBAR,","Dec
ValorTEMPIN,","Dec ValorTEMPOUT,","Dec HITEMPOUT,","_
Dec LOWTEMPOUT,","Dec ValorTEMPSUELO,","Dec HITEMPSUELO,","Dec
LOWTEMPSUELO,","Dec Dato1[12],";","Dec ValorHUMEXT,","_
Dec ValorHUMSUELO,","Dec ValorSPEED,","Dec HISPEED,","Dec
ValorDIR,","Dec HIDIRVIENTO,","Dec ValorRR,","_
Dec ValorStRAIN,","Dec ValorUV,","Dec HIUV,","Dec
ValorSOLAR,","Dec HISOLAR,","Dec ValorDAYR,","_
Dec ValorDAYET,**",34,13,13]  'SENTENCIA Y COMANDOS PARA EL ENVIO
DE LOS DATOS AL MODEM GPRS
DelayMS 100
```

```
MEMORIA:      'SUBROUTINA QUE PERMITE GUARDAR LOS DATOS ENVIADOS AL
MODEM GPRS EN LA MEMORIA EXTERNA
BStart      'INICIALIZO LA COMUNICACIÓN I2C
DIR = 0
For M = 1 To 11
If M = 1 Then DatoMEM = ValorBAR
If M = 2 Then DatoMEM = ValorTEMPOUT
If M = 3 Then DatoMEM = ValorTEMPSUELO
If M = 4 Then DatoMEM = Dato1[34]      'HUMEDAD EXTERNA
If M = 5 Then DatoMEM = Dato1[63]      'HUMEDAD DEL SUELO
If M = 6 Then DatoMEM = ValorSPEED
If M = 7 Then DatoMEM = ValorDIR
If M = 8 Then DatoMEM = ValorRR
If M = 9 Then DatoMEM = ValorStRAIN
If M = 10 Then DatoMEM = ValorUV
If M = 11 Then DatoMEM = ValorSOLAR
DIR = DIR + 1
BusOut ESCRIBIR, DIR, [DatoMEM]      'ESCRIBO LOS DATOS METEOROLÓGICOS EN
LA MEMORIA EXTERNA
DelayMS 20      'ESPERA DE 20 MILISEGUNDOS PARA ASEGURARSE QUE LA MEMORIA
SEA ESCRITA EXITOSAMENTE
If DIR = 256 And ESCRIBIR = 160 Then DIR = 0 : ESCRIBIR = 162
If DIR = 256 And ESCRIBIR = 162 Then DIR = 0 : ESCRIBIR = 160
Next M
BStop        'CIERRA LA COMUNICACIÓN I2C
Low LM
Return

'***** PERMITE OBTENER LA FECHA Y HORA ACTUAL DEL MODEM *****
TIME:
High LM
SerOut MTX, 84, ["AT$RTCTIME?",13]      'OBTENGO LA FECHA Y HORA DE LA
RED GPRS
SerIn MRX, 84, 500, TIME, [Wait (" , "), Dec2 Dato2[1], Wait (" , "),
Dec2 Dato2[2],Wait (" , "), Dec2 Dato2[3],_
Wait (" , "), Dec2 Dato2[4], Wait (" , "), Dec2 Dato2[5],Wait (" , "),
Dec2 Dato2[6] ]
DelayMS 100
Low LM
Return

'***** PERMITE INTERRUPIR EL FUNCIONAMIENTO DEL DATALOGGER PARA
EXTRAER LOS DATOS GUARDADOS EN LA MEMORIA *****
Disable      'DESHABILITA LA BANDERA DE LA INTERRUPCIÓN
DESCARGA:
Context Save 'GUARDA LOS CONTEXTOS DE LA INTERRUPCIÓN
High LD
DIR = 0
For A = 1 To 512
BusIn LEER, DIR, [DatoMEM]
DelayMS 20
High LD
SerOut DTX, 84, [DatoMEM,13]      'ENVIO TODOS LOS DATOS GUARDADOS EN LA
MEMORIA
```

```
DelayMS 20
    DIR = DIR + 1
If DIR = 256 And LEER = 161 Then DIR = 0 : LEER = 163
If DIR = 256 And LEER = 163 Then DIR = 0 : LEER = 161
Next A
INTCON = %10010000
Low LD
Context Restore
Resume
Enable 'HABILITA LA BANDERA DE LA INTERRUPCIÓN

End

'***** CONVIERTE EL STRING CON VALOR HEXADECIMAL EN DECIMAL *****
HEXtoDEC:
If HtoD = "0" Or HtoD = "0" Then ValorDEC = 0
If HtoD = "1" Then ValorDEC = 1
If HtoD = "2" Then ValorDEC = 2
If HtoD = "3" Then ValorDEC = 3
If HtoD = "4" Then ValorDEC = 4
If HtoD = "5" Then ValorDEC = 5
If HtoD = "6" Then ValorDEC = 6
If HtoD = "7" Then ValorDEC = 7
If HtoD = "8" Then ValorDEC = 8
If HtoD = "9" Then ValorDEC = 9
If HtoD = "A" Or HtoD = "a" Then ValorDEC = 10
If HtoD = "B" Or HtoD = "b" Then ValorDEC = 11
If HtoD = "C" Or HtoD = "c" Then ValorDEC = 12
If HtoD = "D" Or HtoD = "d" Then ValorDEC = 13
If HtoD = "E" Or HtoD = "e" Then ValorDEC = 14
If HtoD = "F" Or HtoD = "f" Then ValorDEC = 15
Return

'***** INTERPRETA LA TRAMA DE DATOS DE LA CONSOLA PARA ENCONTRAR LOS
VALORES DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA *****
BAROMETRO:
    ValorBAR = 0 'Establezco en cero la variable que contendrá el
    valor de la presión
    elev = 0 'Establezco en cero la variable que contendrá el valor de la
    potencia
    BARO2 = Str$ (Hex Dat1[8])
    If BARO2 = "00" Or BARO2 = 0 Then BARO2 = "00"
    BARO1 = Str$ (Hex Dat1[9])
    If BARO1 = "00" Or BARO1 = 0 Then BARO1 = "00"
    BARO = BARO1 + BARO2 'Convierto y concateno los dos bytes hexadecimal
    en una cadena de caracteres string
    If Len (BARO) < 3 Then BARO = "0" + Str$ (Hex Dat1[9]) + "0" + Str$
    (Hex Dat1[8]) 'Nos aseguramos que se incluyan los ceros para la
    conversión HEX a DEC
    For HX = 0 To Len (BARO) 'Sentencia que permite interpretar los
    valores hexadecimal guardados como string
    HtoD = Mid$ (BARO, HX, 1) 'Este comando permite extraer un caracter
    del string
```

```
GoSub HEXtoDEC      'Ingreso a la subrutina para convertir el caracter en
su valor decimal
elev = Len (BARO) - HX      'Obtengo la potencia que le pertenece al
caracter de acuerdo a su posición
ValorBAR = ValorBAR + ValorDEC * Pow 16, elev      'Función que permite
convertir el valor hexadecimal de los dos bytes en su correspondiente
valor decimal
Next HX
If ValorBAR >= 20000 And ValorBAR <= 32500 Then SumaBAR = SumaBAR +
ValorBAR : muestraBAR = muestraBAR + 1 'Sentencia condicional que
permite verificar si el valor extraido corresponde a un valor de
presión real
Return

'***** INTERPRETA LA TRAMA DE DATOS DE LA CONSOLA PARA ENCONTRAR LOS
VALORES DE LA TEMPERATURA INTERNA *****
TEMP_IN:
  ValorTEMPIN = 0
elev = 0
  TEMPIN2 = Str$ (Hex Dato1[10])
If TEMPIN2 = "00" Or TEMPIN2 = 0 Then TEMPIN2 = "00"
If Len (TEMPIN2) < 2 Then TEMPIN2 = "0" + Str$ (Hex Dato1[10])
  TEMPIN1 = Str$ (Hex Dato1[11])
If TEMPIN1 = "00" Or TEMPIN1 = 0 Then TEMPIN1 = "00"
If Len (TEMPIN1) < 2 Then TEMPIN1 = "0" + Str$ (Hex Dato1[11])
  TEMPIN = TEMPIN1 + TEMPIN2
If Len (TEMPIN) < 3 Then TEMPIN = "0" + Str$ (Hex Dato1[11]) + "0" +
Str$ (Hex Dato1[10])
For HX = 0 To Len (TEMPIN)
  HtoD = Mid$ (TEMPIN, HX, 1)
GoSub HEXtoDEC
elev = Len (TEMPIN) - HX
  ValorTEMPIN = ValorTEMPIN + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
If ValorTEMPIN >= 200 And ValorTEMPIN <= 800 Then SumaTEMPIN =
SumaTEMPIN + ValorTEMPIN : muestraTEMPIN = muestraTEMPIN + 1 'Se suma
todos los valores muestreados para sacar el promedio
Return

'***** INTERPRETA LA TRAMA DE DATOS DE LA CONSOLA PARA ENCONTRAR LOS
VALORES DE LA TEMPERATURA EXTERNA *****
TEMP_OUT:
  ValorTEMPOUT = 0
elev = 0
  TEMPOUT2 = Str$ (Hex Dato1[13])
If TEMPOUT2 = "00" Or TEMPOUT2 = 0 Then TEMPOUT2 = "00"
If Len (TEMPOUT2) < 2 Then TEMPOUT2 = "0" + Str$ (Hex Dato1[13])
  TEMPOUT1 = Str$ (Hex Dato1[14])
If TEMPOUT1 = "00" Or TEMPOUT1 = 0 Then TEMPOUT1 = "00"
If Len (TEMPOUT1) < 2 Then TEMPOUT1 = "0" + Str$ (Hex Dato1[14])
  TEMPOUT = TEMPOUT1 + TEMPOUT2
If Len (TEMPOUT) < 3 Then TEMPOUT = "0" + Str$ (Hex Dato1[14]) + "0" +
Str$ (Hex Dato1[13]) 'Inserto los ceros "0"
For HX = 0 To Len (TEMPOUT)
```

```
HtoD = Mid$ (TEMPOUT, HX, 1)
GoSub HEXtoDEC
elev = Len (TEMPOUT) - HX
    ValorTEMPOUT = ValorTEMPOUT + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
If ValorTEMPOUT > 0 And ValorTEMPOUT <= 1100 Then
SumaTEMPOUT = SumaTEMPOUT + ValorTEMPOUT
muestraTEMPOUT = muestraTEMPOUT + 1
If ValorTEMPOUT > HITEMPOUT Then HITEMPOUT = ValorTEMPOUT '
Obtener el mayor valor de la temperatura
If ValorTEMPOUT < LOWTEMPOUT Then LOWTEMPOUT = ValorTEMPOUT '
Obtener el menor valor de la temperatura
EndIf
Return

TEMP_SUELO:
    ValorTEMPSUELO = 0
elev = 0
    TEMPSUELO = Str$ (Hex Dato1[26])
If Len (TEMPSUELO) < 2 Then TEMPSUELO = "0" + Str$ (Hex
Dato1[26]) 'Inserto los ceros "0"
For HX = 0 To Len (TEMPSUELO)
HtoD = Mid$ (TEMPSUELO, HX, 1)
GoSub HEXtoDEC
elev = Len (TEMPSUELO) - HX
    ValorTEMPSUELO = ValorTEMPSUELO + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
If ValorTEMPSUELO > 0 And ValorTEMPSUELO <= 800 Then
SumaTEMP_SUELO = SumaTEMP_SUELO + ValorTEMPSUELO
    muestraTEMP_SUELO = muestraTEMP_SUELO + 1 'Se suma todos los
valores muestreados para sacar el promedio
If ValorTEMPSUELO > HITEMPSUELO Then HITEMPSUELO = ValorTEMPSUELO
' Obtener el mayor valor de la temperatura
If ValorTEMPSUELO < LOWTEMPSUELO Then LOWTEMPSUELO = ValorTEMPSUELO
' Obtener el menor valor de la temperatura
EndIf
Return

'***** INTERPRETA LA TRAMA DE DATOS DE LA CONSOLA PARA ENCONTRAR LOS
VALORES DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO Y DIRECCIÓN*****
HUMEDAD:
'** HUMEDAD EXTERNA
ValorHUMEXT = 0
HUMEXT = Str$ (Hex Dato1[34])
If Len (HUMEXT) < 2 Then HUMEXT = "0" + Str$ (Hex Dato1[34])
For HX = 0 To Len (HUMEXT)
    HtoD = Mid$ (HUMEXT, HX, 1)
GoSub HEXtoDEC
elev = Len (HUMEXT) - HX
    ValorHUMEXT = ValorHUMEXT + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
If ValorHUMEXT > 0 And ValorHUMEXT < 200 Then SumaHUMEXT = SumaHUMEXT
+ ValorHUMEXT : muestraHUMEXT = muestraHUMEXT + 1
'** HUMEDAD SUELO
```

```
ValorHUMSUELO = 0
  HUMSUELO = Str$ (Hex Dato1[63])
If Len (HUMSUELO) < 2 Then HUMSUELO = "0" + Str$ (Hex Dato1[63])
For HX = 0 To Len (HUMSUELO)
  HtoD = Mid$ (HUMSUELO, HX, 1)
  GoSub HEXtoDEC
  elev = Len (HUMSUELO) - HX
  ValorHUMSUELO = ValorHUMSUELO + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
If ValorHUMSUELO > 0 And ValorHUMSUELO < 200 Then SumaHUMSUELO =
SumaHUMSUELO + ValorHUMSUELO : muestraHUMSUELO = muestraHUMSUELO + 1
Return

'***** INTERPRETA LA TRAMA DE DATOS DE LA CONSOLA PARA ENCONTRAR LOS
VALORES DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO Y DIRECCIÓN*****
WIND_SPEED_DIR:
  ValorSPEED = 0
  VELOCIDAD = Str$ (Hex Dato1[15])
If Len (VELOCIDAD) < 2 Then VELOCIDAD = "0" + Str$ (Hex Dato1[15])
For HX = 0 To Len (VELOCIDAD)
  HtoD = Mid$ (VELOCIDAD, HX, 1)
  GoSub HEXtoDEC
  elev = Len (VELOCIDAD) - HX
  ValorSPEED = ValorSPEED + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
  ValorDIR = 0
  DIRVIENTO2 = Str$ (Hex Dato1[17])
If DIRVIENTO2 = "00" Or DIRVIENTO2 = 0 Then DIRVIENTO2 = "00"
If Len (DIRVIENTO2) < 2 Then DIRVIENTO2 = "0" + Str$ (Hex Dato1[17])
  DIRVIENTO1 = Str$ (Hex Dato1[18])
If DIRVIENTO1 = "00" Or DIRVIENTO1 = 0 Then DIRVIENTO1 = "00"
If Len (DIRVIENTO1) < 2 Then DIRVIENTO1 = "0" + Str$ (Hex Dato1[18])
  DIRVIENTO = DIRVIENTO1 + DIRVIENTO2
If Len (DIRVIENTO) < 3 Then DIRVIENTO = "0" + Str$ (Hex Dato1[18]) +
"0" + Str$ (Hex Dato1[17])
For HX = 0 To Len (DIRVIENTO)
  HtoD = Mid$ (DIRVIENTO, HX, 1)
  GoSub HEXtoDEC
  elev = Len (DIRVIENTO) - HX
  ValorDIR = ValorDIR + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
If ValorSPEED > 0 Then SumaSPEED = SumaSPEED + ValorSPEED :
muestraSPEED = muestraSPEED + 1
If ValorDIR > 0 And ValorDIR <= 360 Then SumaDIR = SumaDIR + ValorDIR
: muestraDIR = muestraDIR + 1
If ValorSPEED > HISPEED Then HISPEED = ValorSPEED : HIDIRVIENTO =
ValorDIR ' Obtener el mayor valor de la velocidad del viento y su
dirección
Return

'***** INTERPRETA LA TRAMA DE DATOS DE LA CONSOLA PARA ENCONTRAR LOS
VALORES DE LA TASA DE LLUVIA *****
RAIN_RATE:
  ValorRR = 0
```

```
RAINRATE2 = Str$ (Hex Dato1[42])
If RAINRATE2 = "00" Or RAINRATE2 = 0 Then RAINRATE2 = "00"
If Len (RAINRATE2) < 2 Then RAINRATE2 = "0" + Str$ (Hex Dato1[42])
    RAINRATE1 = Str$ (Hex Dato1[43])
If RAINRATE1 = "00" Or RAINRATE1 = 0 Then RAINRATE1 = "00"
If Len (RAINRATE1) < 2 Then RAINRATE1 = "0" + Str$ (Hex Dato1[43])
    RAINRATE = RAINRATE1 + RAINRATE2
If Len (RAINRATE) < 3 Then RAINRATE = "0" + Str$ (Hex Dato1[43]) + "0"
+ Str$ (Hex Dato1[42])
For HX = 0 To Len (RAINRATE)
    HtoD = Mid$ (RAINRATE, HX, 1)
GoSub HEXtoDEC
elev = Len (RAINRATE) - HX
    ValorRR = ValorRR + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
If ValorRR > 0 And ValorRR <= 5000 Then SumaRR = SumaRR + ValorRR :
muestraRR = muestraRR + 1
Return

'***** INTERPRETA LA TRAMA DE DATOS DE LA CONSOLA PARA ENCONTRAR LOS
VALORES DE LA RADIACIÓN UV *****
RAD_UV:
    ValorUV = 0
UV = Str$ (Hex Dato1[44])
If Len (UV) < 2 Then UV = "0" + Str$ (Hex Dato1[44])
For HX = 0 To Len (UV)
    HtoD = Mid$ (UV, HX, 1)
GoSub HEXtoDEC
elev = Len (UV) - HX
    ValorUV = ValorUV + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
If ValorUV > 0 Then SumaUV = SumaUV + ValorUV : muestraUV = muestraUV
+ 1
If ValorUV > HIUV Then HIUV = ValorUV      ' Obtener el mayor valor de
la UV
Return

'***** INTERPRETA LA TRAMA DE DATOS DE LA CONSOLA PARA ENCONTRAR LOS
VALORES DE LA RADIACIÓN SOLAR *****
SOLAR_RAD:
    ValorSOLAR = 0
    SOLARRAD2 = Str$ (Hex Dato1[45])
If SOLARRAD2 = "00" Or SOLARRAD2 = 0 Then SOLARRAD2 = "00"
If Len (SOLARRAD2) < 2 Then SOLARRAD2 = "0" + Str$ (Hex Dato1[45])
    SOLARRAD1 = Str$ (Hex Dato1[46])
If SOLARRAD1 = "00" Or SOLARRAD1 = 0 Then SOLARRAD1 = "00"
If Len (SOLARRAD1) < 2 Then SOLARRAD1 = "0" + Str$ (Hex Dato1[46])
    SOLARRAD = SOLARRAD1 + SOLARRAD2
If Len (SOLARRAD) < 3 Then SOLARRAD = "0" + Str$ (Hex Dato1[46]) + "0"
+ Str$ (Hex Dato1[45])
For HX = 0 To Len (SOLARRAD)
    HtoD = Mid$ (SOLARRAD, HX, 1)
GoSub HEXtoDEC
elev = Len (SOLARRAD) - HX
```

```
ValorSOLAR = ValorSOLAR + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
If ValorSOLAR > 0 And ValorSOLAR <= 3000 Then SumaSOLAR = SumaSOLAR +
ValorSOLAR : muestraSOLAR = muestraSOLAR + 1
If ValorSOLAR > HISOLAR Then HISOLAR = ValorSOLAR ' Obtener el
mayor valor de la radiación solar
Return

'***** INTERPRETA LA TRAMA DE DATOS DE LA CONSOLA PARA ENCONTRAR LOS
VALORES DEL ÍNDICE DE LLUVIA *****
STORM_RAIN:
ValorStRAIN = 0
STORMRAIN2 = Str$ (Hex Datol[47])
If STORMRAIN2 = "00" Or STORMRAIN2 = 0 Then STORMRAIN2 = "00"
If Len (STORMRAIN2) < 2 Then STORMRAIN2 = "0" + Str$ (Hex Datol[47])
STORMRAIN1 = Str$ (Hex Datol[48])
If STORMRAIN1 = "00" Or STORMRAIN1 = 0 Then STORMRAIN1 = "00"
If Len (STORMRAIN1) < 2 Then STORMRAIN1 = "0" + Str$ (Hex Datol[48])
STORMRAIN = STORMRAIN1 + STORMRAIN2
If Len (STORMRAIN) < 3 Then STORMRAIN = "0" + Str$ (Hex Datol[48]) +
"0" + Str$ (Hex Datol[47])
For HX = 0 To Len (STORMRAIN)
HtoD = Mid$ (STORMRAIN, HX, 1)
GoSub HEXtoDEC
elev = Len (STORMRAIN) - HX
ValorStRAIN = ValorStRAIN + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
If ValorStRAIN > 0 Or ValorStRAIN <= 1000 Then SumaStRAIN = SumaStRAIN
+ ValorStRAIN : muestraStRAIN = muestraStRAIN + 1
Return

DAY_RAIN:
ValorDAYR = 0
DAYRAIN2 = Str$ (Hex Datol[51])
If DAYRAIN2 = "00" Or DAYRAIN2 = 0 Then DAYRAIN2 = "00"
If Len (DAYRAIN2) < 2 Then DAYRAIN2 = "0" + Str$ (Hex Datol[51])
DAYRAIN1 = Str$ (Hex Datol[52])
If DAYRAIN1 = "00" Or DAYRAIN1 = 0 Then DAYRAIN1 = "00"
If Len (DAYRAIN1) < 2 Then DAYRAIN1 = "0" + Str$ (Hex Datol[52])
DAYRAIN = DAYRAIN1 + DAYRAIN2
If Len (DAYRAIN) < 3 Then DAYRAIN = "0" + Str$ (Hex Datol[52]) + "0" +
Str$ (Hex Datol[51])
For HX = 0 To Len (DAYRAIN)
HtoD = Mid$ (DAYRAIN, HX, 1)
GoSub HEXtoDEC
elev = Len (DAYRAIN) - HX
ValorDAYR = ValorDAYR + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
If ValorDAYR > 0 Then SumaDAYR = SumaDAYR + ValorDAYR : muestraDAYR =
muestraDAYR + 1
Return

DAY_ET:
ValorDAYET = 0
```

```
DAYET2 = Str$ (Hex Dato1[57])
If DAYET2 = "00" Or DAYET2 = 0 Then DAYET2 = "00"
If Len (DAYET2) < 2 Then DAYET2 = "0" + Str$ (Hex Dato1[57])
    DAYET1 = Str$ (Hex Dato1[58])
If DAYET1 = "00" Or DAYET1 = 0 Then DAYET1 = "00"
If Len (DAYET1) < 2 Then DAYET1 = "0" + Str$ (Hex Dato1[58])
    DAYET = DAYET1 + DAYET2
If Len (DAYET) < 3 Then DAYET = "0" + Str$ (Hex Dato1[58]) + "0" +
Str$ (Hex Dato1[57])
For HX = 0 To Len (DAYET)
    HtoD = Mid$ (DAYET, HX, 1)
GoSub HEXtoDEC
    elev = Len (DAYET) - HX
    ValorDAYET = ValorDAYET + ValorDEC * Pow 16, elev
Next HX
If ValorDAYET > 0 Then SumaDAYET = SumaDAYET + ValorDAYET :
muestraDAYET = muestraDAYET + 1
Return
```

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA EL MONITOREO CLIMATOLOGICO A TRAVÉS DEL USO DE LA RED CELULAR GPRS

Calderón C. Carlos., Jaramillo Z. Alex., Tinoco T. Crhistian.
Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Técnica Particular de Loja.
cacalderon@utpl.edu.ec, ajzamora@utpl.edu.ec, cptinoco@utpl.edu.ec

Resumen– conocer el comportamiento climático es de vital importancia, es por tal motivo que nos adentramos a este proyecto para automatizar el monitoreo de una red de estaciones meteorológicas, que tiene mucha relevancia en los estudios que realiza nuestra Universidad, y que a su vez nos permitirá la medición de diferentes parámetros ambientales.

El objetivo principal de este proyecto es el diseño de una tarjeta de adquisición de datos, mediante la cual obtendríamos la información de la estación meteorológica en tiempo real y que posteriormente sería enviada a la red GPRS mediante el modem.

El monitoreo de la estación meteorológica se basa en la utilización de dispositivos móviles GPRS dispuestos geográficamente dentro del área de cobertura de la red pública. Esto se hace a través de la instalación de un servidor conectado a Internet, que no sólo almacena, calcula y visualiza los datos transmitidos, sino que también permite el acceso a esta información mediante navegadores Web en computadores personales.

PALABRAS CLAVE: GPRS, monitoreo remoto, adquisición de datos.

I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto, tiene como objetivo principal la recolección remota de los datos meteorológicos sensados por las estaciones meteorológica DAVIS Vantage PRO 2, ubicados en la hoya de Loja. Para la realización de este proyecto se utilizará, como medio de comunicación, la red GPRS, ésta nos servirá para hacer el envío de los datos.

Con el objetivo de transmitir la información recopilada por los diferentes sensores de la estación remota, en tiempo real, se presentará el equipo modem para la comunicación a

través de la red GPRS como también el lenguaje para su operación y configuración, los datos serán receptados e interpretados, en el área de Hidrología y Meteorología de la Unidad Civil Geominera (UCG) de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), la misma que se encuentra desarrollando un proyecto en el que pretende instalar una red meteorológica para el monitoreo del clima con el objetivo de calibrar y validar los datos calculados, en base a imágenes satelitales y los datos del radar de lluvia LAWR (Local Area Weather Radar, ubicado en el cerro El Tiro facilitado por la Universidad de Marburg).

Las estaciones meteorológicas Davis Vantage PRO, se instalarán en las cimas de las montañas (Villonaco y Ventanas) para recolectar datos climáticos de grandes alturas y también en los valles de Loja y Catamayo. Los datos recibidos de las estaciones meteorológicas se usarán para regionalizar los elementos climáticos y obtener mapas de alta resolución. Estos mapas son necesarios para la investigación y el trabajo de otras áreas, por ejemplo: biología, ecología, ingeniería forestal, ingeniería civil etc., no solo para entender la distribución de las plantas o la prevención de riesgos (sequía e inundación), sino también para analizar el impacto del cambio climático en el medio ambiente, y de esta manera, salvaguardar la vida humana y los bienes materiales de posibles desastres naturales en nuestra ciudad.

Cuando existen sistemas que se encuentran localizados a largas distancias, es necesario un método que permita obtener la información recolectada de manera rápida, para esto existe la telemetría que permite el monitoreo de procesos por medio de un sistema de telecomunicaciones, logrando así poder realizar una base de datos y sobre la esta elaborar el respectivo análisis del estado climatológico

II. TELEMETRÍA

La Telemetría consiste en la adquisición de datos, de cualquier índole, a distancia mediante sensores o

transductores ya sean estos analógicos o digitales y enviarlos a una estación de control a través de un sistema de telecomunicaciones donde estos datos son administrados, procesados y visualizados.[1]

Todos los datos sensados por la estación Davis, son registrados y almacenados en el datalogger, la capacidad que tiene para almacenar este dispositivo es corta, por esta razón se vio la necesidad de utilizar una memoria externa, la misma que se encuentra incorporada a la tarjeta de adquisición de datos, la memoria guardará, la mayor cantidad de datos que podrán ser descargados de forma manual, esto es con la finalidad de tener un respaldo a la información transmitida a través de la red. Esta comunicación se la realiza por medio de módems GPRS que acondicionan las señales de información de acuerdo al medio en el que se realiza la comunicación.

A. Instrumento de medición meteorológica

A.1 Estación Davis Vantage PRO2

Las estaciones meteorológicas Davis son equipos, que permiten obtener mediciones fiables y precisas las condiciones climatológicas tales como la presión barométrica, temperatura, humedad, lluvia, velocidad del viento y dirección, entre otras.

La estación está conformada por algunos componentes, los cuales se citan a continuación:

- Pluviómetro
- Anemómetro
- ISS (Módulo de Sensores Integrados)
- Sensores de radiación Solar y UV
- Sensores de temperatura y humedad del suelo



Figura 2.1 El Módulo de Sensores Integrados

A.2 El Módulo de Sensores Integrados (ISS)

El ISS (figura 2.1), reúne las señales eléctricas provenientes de las lecturas meteorológicas registradas por los sensores: variación de corriente, variación de voltaje, variación de resistencia, los datos se digitalizan y se envían, para visualizar en la consola Vantage Pro2, mediante transmisión inalámbrica.

- El ISS mide las siguientes variables meteorológicas:
- Velocidad del Viento
- Dirección del Viento
- Precipitación
- Temperatura Exterior

- Humedad Exterior
- Radiación Ultravioleta (UV)
- Radiación Solar

A.3 Consola Davis Vantage Pro2

La consola (figura 2.2) nos permite visualizar las variables meteorológicas obtenidas por el ISS, además esta consola cuenta con sensores integrados como, termómetro para Interiores, Barómetro y Sensor de Humedad Interior que también son visualizados.

La consola es capaz de recibir datos desde el ISS, hasta 300 m (1000 pies) en línea visual.



Figura 2.2 Consola Vantage Pro2

A.4 Datalogger

Este dispositivo que forma parte de la consola, y que no viene integrada, almacena datos hasta que estos son transferidos al ordenador.

El datalogger almacena hasta 2560 registros (un registro tiene un tamaño de 52 bytes por cada intervalo). Los registros se almacenan en 128 KBytes de memoria no volátil, existe la protección de los datos incluso si la consola no tuviera energía. (figura 2.3) [2]



Figura 2.3 Datalogger

B. Componentes del Sistema

En la figura 2.4 se puede apreciar el sistema de telemetría con todos los componentes necesarios para llevar a cabo el monitoreo de la estación meteorológica Davis Vantage Pro2.

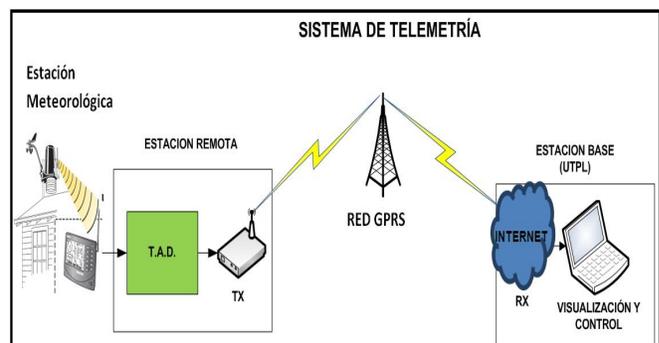


Fig. 2.4.- Esquema y elementos de la red de telemetría

Los componentes del sistema son:

- Estación remota
- Esquema de comunicación de datos GPRS

III. ADQUISICIÓN DE DATOS.

La necesidad de conocer y a su vez de adquirir los datos de una estación meteorológica ubicada en un lugar remoto, nos conlleva a realizar un circuito electrónico (Tarjeta de Adquisición de Datos) que nos permitirá obtener los datos y de la misma forma almacenarlos y transmitirlos hacia un servidor en el cual estarán disponibles en desde cualquier

lugar donde tenga acceso a internet, permitiéndome así visualizar y descargar todos los datos de las variables meteorológicas receptadas por los sensores de mi estación y para finalmente hacer un análisis capaz de determinar posibles cambios climatológicos.

Las características de precisión, resolución y rango de cada uno de los sensores de muestran a continuación (Tabla 3.1)

PRECISIÓN, RESOLUCIÓN Y RANGO DE SENSORES				
Función	Variable	Resolución	Rango	Precisión ±
Agrícola	Evapotranspiración ¹	0,1mm	Día:999.9 mm Mes:1999.9 mm Año: 1999.9 mm	5%
	Humedad de hojas	1	0 a 15	0,5
	Humedad de suelo	1 cb	0 a 200 cb	
Presión barométrica	Presión barométrica (rango de altitud -3000 a +3800 m (-1000 a +12500’’))	0,1 mm Hg	660 a 810 mm Hg	0,8 mm Hg
		0,1 mb	880 a 1080 mb	1,0 mb
		0,1 hPa	880 a 1080 hPa	1,0 hPa
Humedad	Humedad Interior	1%	10% a 90%	5%
	Humedad exterior	1%	0% a 100%	3%
	Punto de rocío	1°C	-76° a +54°C	1,5 °C
Lluvia caída	Lluvia caída	0,2 mm	Día : 0 a 9999 mm Tormenta:0 a 9999 mm Mes: 0 a 19999 mm Año: 0 a 19999 mm	4%
	Tasa de lluvia caída	0,1 mm	0 a 1999,9 mm/h	5%
Solar y UV	Radiación solar	1 W/m ²	0 a 1800 W/m ²	5%
	Energía Solar	PC: 0,1 J/cm ²	PC: 19999,9 J/cm ²	5%
	Dosis de UV	0,1 dosis media	0 a 199 de dosis media	5%
	Índice de UV	0,1	0 a 16	5%
Temperatura	Temperatura interior	0,1°C	0° a 60°C	0,5 °C
	Temperatura exterior	0,1°C	-40° a +65°C	0,5 °C
	Temperatura de suelo	1°C	-40° a +65°C	0,5 °C
	Índice de Temp-Hum-Sol-Viento	1°C	-79° a +54°C	1 °C
Viento	Dirección del viento	1°	0° a 360°	7°
	Compás (Rosa de los vientos)	22,5°	16 puntos de compás	7°
	Velocidad del viento	0,1 m/s	1 a 67 m/s	5%
		1 km/h	3 a 241 km/h	
Dirección del Alta Velocidad	22,5°	16 puntos de compás	7°	

Tabla 3.1. Precisión, resolución y rango de sensores

(Tabla tomada de Davis Instruments, Instrumentos Meteorológicos de Precisión, pág. 19)

¹ La evapotranspiración (ET) es una medida de la cantidad de vapor de agua devuelto al aire en un área dada.

C. Tarjeta de Adquisición de Datos (T.A.D.)

La T.A.D., es el módulo electrónico que se desarrollará e implementará como parte del presente proyecto, sus funciones será de recolectar las variables de la estación meteorológica mediante comunicación serial; procesar las variables recibidas para adecuarlas al interés del estudio; almacenar los datos registrados en una memoria externa para salvaguardar los datos ante posibles fallos; y enviarlos al módem GPRS para su transmisión a la estación central mediante la red de datos GPRS.

D. Arquitectura de la T.A.D.

En la figura 3.1 se muestra la arquitectura del funcionamiento de la T. A. D., el módulo está formado por un microcontrolador que se encarga de la adquisición y procesamiento de las variables climáticas.

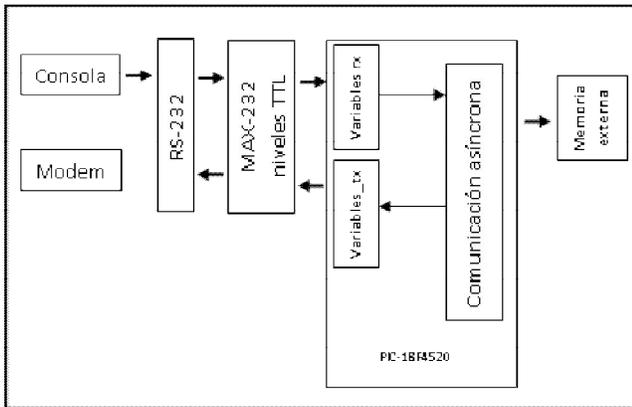


Figura 3.1 Arquitectura de la TAD

E. Diseño del circuito de la T.A.D.

E.1 Fase de Alimentación: Esto permite que la fase de procesamiento como también la fase de envío y recepción de datos estén operativas.

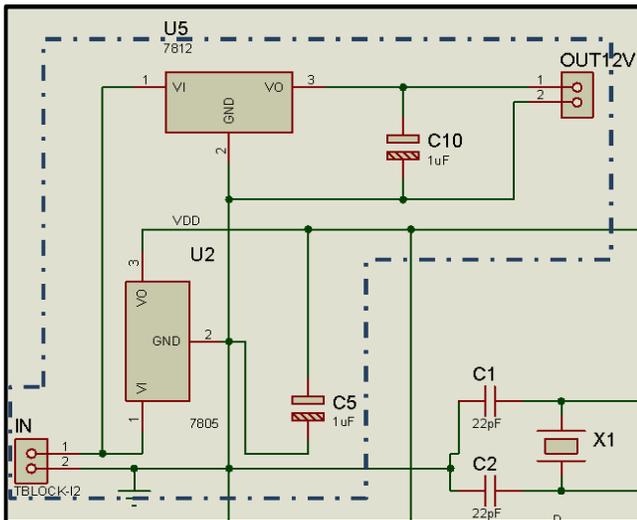


Figura 3.2 Fase de alimentación

E.2 Fase de Procesamiento de Datos: En esta fase se recibe con cada uno de los datos enviados desde la

estación meteorológica, estos son a su vez descifrados mediante varias operaciones lógicas con el fin de encapsularlos nuevamente para ser enviados hacia el servidor.

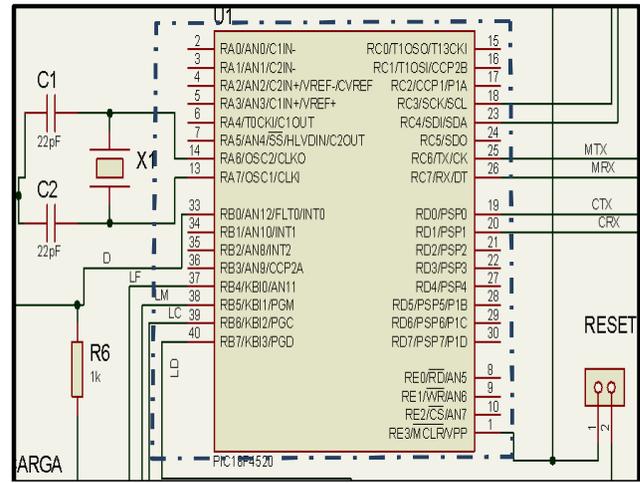


Figura 3.3 Fase de procesamiento de datos

E.3 Fase de Envío y Recepción de Datos: Cuando los datos son nuevamente encapsulados, son enviados a la red GPRS a través del módem conectado al puerto DB-9, estos datos son receptados en el servidor, aquí existe un software que interpretara cada uno de estos datos que serán reflejados gráficamente, para su posterior análisis.

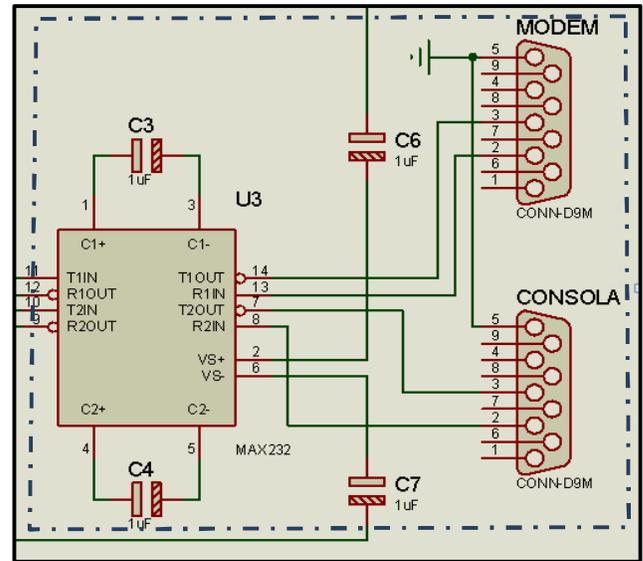


Figura 3.4 Fase de envío y recepción de datos

F. PCB y Circuito impreso de la T.A.D.

Como se puede observar en la figura 3.5a y 3.5b, se muestra tanto el circuito en PCB de la tarjeta de adquisición de datos, como también ya el circuito final diseñado para el proyecto de telemetría.

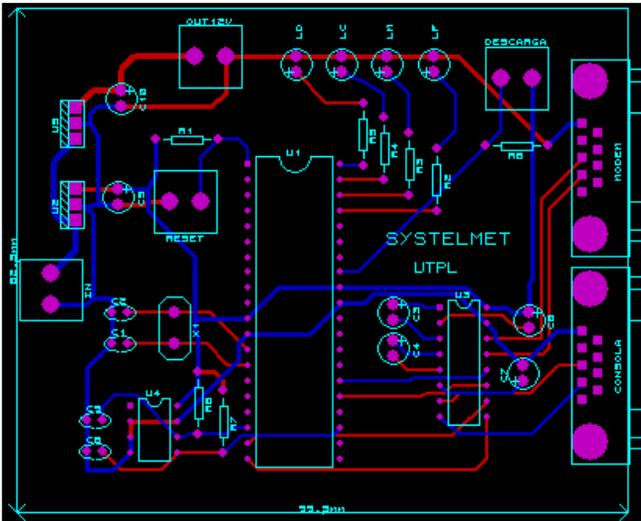


Figura. 3.5a PCB de la T.A.D



Figura. 3.5b Circuito impreso de la T.A.D

IV. IMPLEMENTACIÓN

La implementación del sistema de telemetría de adquisición de datos se realizó de siguiente forma:

G. Ensamblaje de panel metálico: El ensamblaje del panel se enfoca en la colocación y distribución de los dispositivos electrónicos dentro de la caja, para que exista un eficiente funcionamiento se distribuyó estos dispositivos sobre el panel el cual constan de una sección de control y una sección de energía o alimentación de todo el sistema. La sección de control consta de TAD, la misma que consta de 2 borneras, 2 conectores DB9, canaleta. Y la sección de energía consta de 1 fuente de poder con cargador de batería, la misma que sirve para alimentar la TAD (5V), la consola (12V) y el modem (12V).

H. Colocación de sensores: Para la colocación de los sensores en el suelo se utilizó barrenos para hacer los hoyos, una vez que la profundidad es la adecuada se colocó los sensores y se los recubrió de una mezcla espesa de tierra y agua llamada “colada”, la cual se encarga de cubrir el sensor y dejarlo enterrado listo para tomar datos (Figura 4.1).

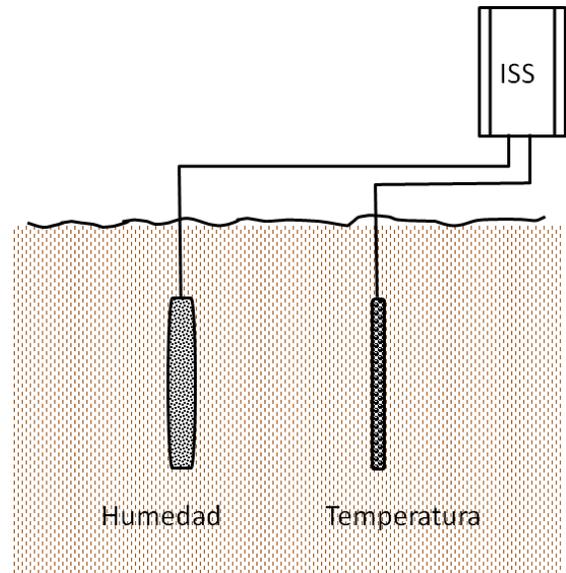


Figura. 4.1 Sensores de humedad y temperatura del suelo

I. Instalación del cableado: Una vez ubicados los dispositivos se procede a colocar canaleta por la que se guiará cable AWG #18 de hilo, necesarios para alimentar de energía desde el módulo de carga hasta los demás dispositivos, así mismo se guiará los cables de datos, desde el modem y de la consola hacia la T.A.D respectivamente. En la figura 4.2a y 4.2b se puede observar la distribución de los dispositivos electrónicos, y conjuntamente la instalación final.

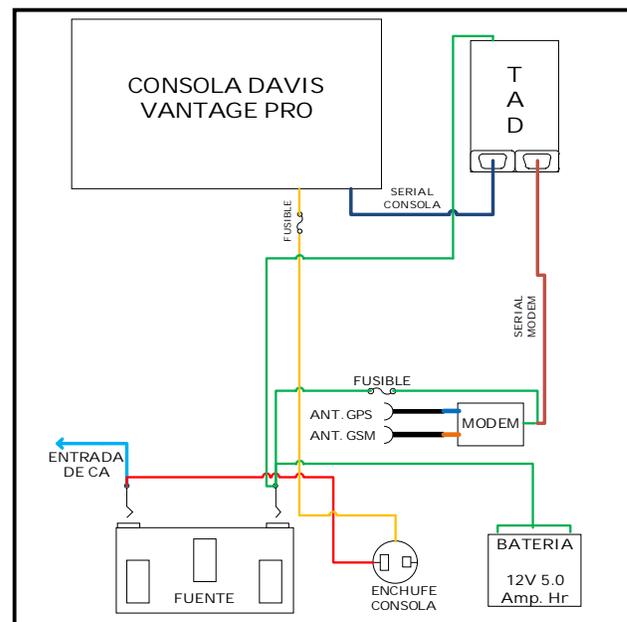


Figura 4.2a Distribución de los dispositivos electrónicos.



Figura 4.2b Instalación final de los componentes del panel de control

V. VALIDACION DE DATOS

Para la validación de los datos, se procede a comparar los datos obtenidos por el software WeatherLink con los del software SISTELMET y así obtener el error absoluto que tendrá el sistema.

Se realizan dos ensayos de comparación, uno por día, en el primer ensayo se obtiene 13 muestras y el segundo ensayo se obtiene 25 muestras, cada muestra se toma con un intervalo de 5 minutos.

Para obtener el error absoluto utilizaremos la siguiente fórmula:

$$e[\%]=100((DW-DS)/DW)$$

dónde:

e: Error absoluto dado en porcentaje
DW: Datos del WeatherLink
DS: Datos del sistema (SISTELMET).

El error absoluto obtenido en el primer ensayo realizado el día miércoles 22 de junio del 2011 a partir de las 10H30 hasta las 11H30 se muestra en la tabla 5.1

FECHA	HORA	DATO WEATHERLINK (%)	DATO SISTELMET (%)	ERROR RELATIVO (%)
22_junio_2011	10H30	71	72	1,4
22_junio_2011	10H35	70	70	0,0
22_junio_2011	10H40	70	69	1,4
22_junio_2011	10H45	67	68	1,5
22_junio_2011	10H50	68	67	1,5
22_junio_2011	10H55	68	67	1,5
22_junio_2011	11H00	66	66	0,0
22_junio_2011	11H05	65	65	0,0
22_junio_2011	11H10	65	65	0,0
22_junio_2011	11H15	66	65	1,5
22_junio_2011	11H20	67	66	1,5
22_junio_2011	11H25	66	66	0,0
22_junio_2011	11H30	65	65	0,0

Tabla 5.1.- Datos obtenidos del 22 de junio 2011

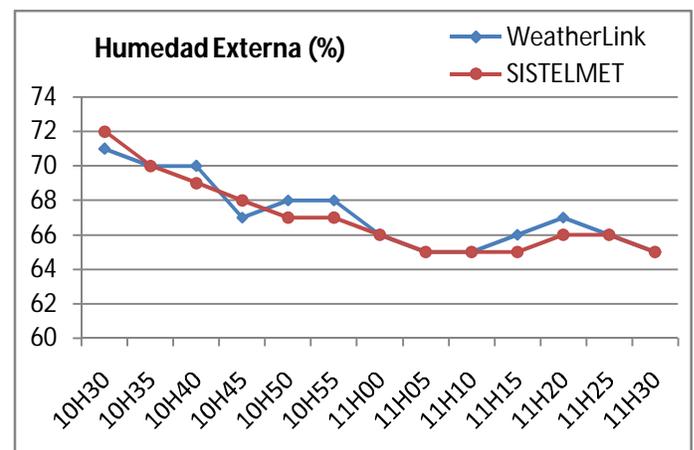


Figura 5.1.- Gráfica de la humedad externa.

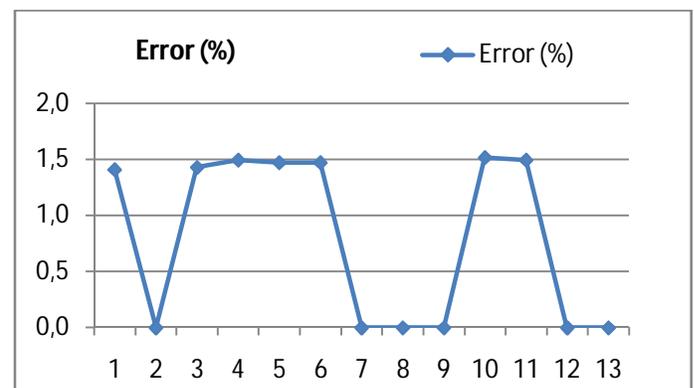


Figura 5.2.- Gráfica del error relativo.

En la figura 5.2 se puede apreciar que el error máximo del ensayo realizado el día 22 de junio, es de 1,5%. de un error máximo permitido del 5% según el UCG.

En la tabla 5.2 se muestran los datos y su error absoluto del día jueves 23 de junio tomados desde las 16h25 hasta las 18H25.

FECHA	HORA	DATO WEATHERLINK (°C)	DATO SISTELMET (°C)	ERROR RELATIVO (%)
23_junio_2011	16H25	17,1	17,1	0,1
23_junio_2011	16H30	17,2	17,2	0,2
23_junio_2011	16H35	17,2	17,1	0,5
23_junio_2011	16H40	17,1	17,0	0,5
23_junio_2011	16H45	17,1	17,0	0,6
23_junio_2011	16H50	17,1	17,1	0,3
23_junio_2011	16H55	17,2	17,1	0,5
23_junio_2011	17H00	17,1	17,0	0,6
23_junio_2011	17H05	17	16,9	0,3
23_junio_2011	17H10	16,9	16,8	0,4
23_junio_2011	17H15	16,8	16,8	0,2
23_junio_2011	17H20	16,7	16,6	0,5
23_junio_2011	17H25	16,6	16,6	0,3
23_junio_2011	17H30	16,6	16,4	0,9
23_junio_2011	17H35	16,4	16,3	0,7
23_junio_2011	17H40	16,3	16,3	0,1
23_junio_2011	17H45	16,1	16,3	1,1
23_junio_2011	17H50	16	16,2	1,1
23_junio_2011	17H55	15,9	16,0	0,6
23_junio_2011	18H00	15,9	15,9	0,1
23_junio_2011	18H05	15,8	15,8	0,2
23_junio_2011	18H10	15,7	15,7	0,1
23_junio_2011	18H15	15,6	15,6	0,1
23_junio_2011	18H20	15,5	15,6	0,4
23_junio_2011	18H25	15,6	15,5	0,9

Tabla 5.2.- Datos obtenidos del día 23 de junio 2011

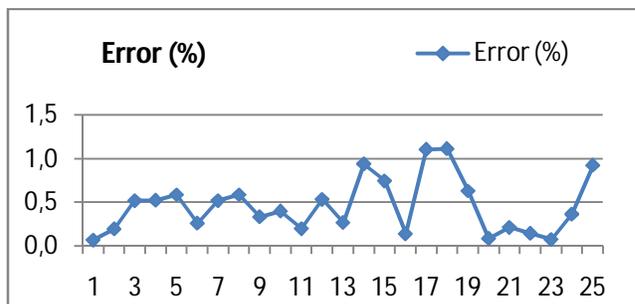


Figura 5.4.- Gráfica del error relativo.

Como se puede observar en la figura 4.4, el error máximo obtenido del día 23 de junio, es de 1,1%. Este valor se encuentra dentro del valor máximo de error permitido que es del 5%.

VI. CONCLUSIONES

- Con el diseño e implementación del sistema de adquisición, almacenamiento y transmisión de datos se logró determinar cuan beneficioso es poder obtener gran cantidad de datos de un lugar remoto sin necesidad de trasladarse a su lugar de origen.
- En nuestro país la red GPRS abarca gran parte de nuestro territorio y debido a su plataforma de transmisión de paquetes resulta muy beneficioso tanto técnica y económicamente para el desarrollo del presente proyecto.
- El error máximo permitido según investigadores del área de Hidrología y Meteorología de la UCG de la UTPL es del 5% en dos tomas de muestras de envío y recepción de datos realizados en nuestro sistema, el error máximo que se obtuvo fue del 1,5%, lo que nos permite conocer que los datos arrojados por el sistema están dentro del margen de error permitido.
- El proyecto ya implementado dispone de una independencia de energía de 55 horas, para prevenir posibles cortes de suministro de energía eléctrica, puesto que dispone de una batería de 7 A/h, evitando así que el sistema deje de funcionar.
- La importancia del proyecto en el Área de Hidrología y Meteorología de la UCG es muy substancial, porque tendrán en tiempo real todas las variables meteorológicas generadas por las estaciones, de esta forma la UTPL se ahorraría el tiempo que usan los docentes en recolectar los datos de manera manual y el dinero que se emplea en transporte para llegar a las estaciones

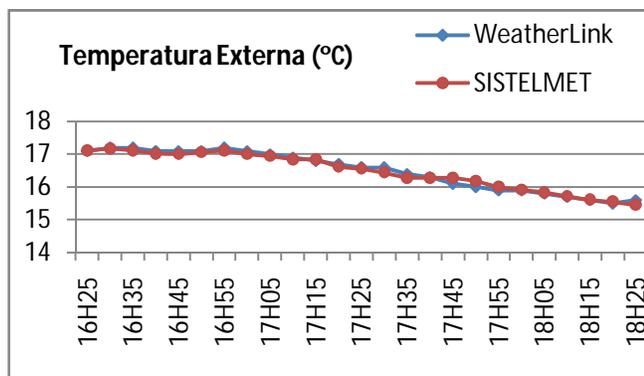


Figura 5.3.- Gráfica de la temperatura externa

VII. REFERENCIAS

Biografía Autores

[1] MARIO AUGUSTO SILVESTRE HERNÁNDEZ (2008): Sistema de monitoreo y control remoto de repetidoras VHF MTR2000, a través de la red GPRS, Tesis para optar por el título de Ingeniero en Electrónica. Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad de San Carlos de Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0222_EO.pdf

[2] Davis Vantage Pro II: Especificaciones técnicas. http://www.davisnet.com/product_documents/weather/spec_sheets/6152-62-53-63_Spec.pdf

[3] Davis Vantage Pro II: Manual de usuario de la consola. http://www.davisnet.com/product_documents/weather/manuals/07395-240_IM_06312.pdf

[4] Davis Vantage Pro II: Manual de referencia de comunicación serial. http://www.davisnet.com/support/weather/download/VantageSerialProtocolDocs_v230.pdf

[5] SKYPATROL TT8750: Manual de comandos de referencia. http://equipment.skypatrol.com/manuales/Hardware_Documentation/TT8750/TT8750AT001%20-%20SkyPatrol%20AT%20Command%20Reference%201_14.pdf

[6] POWER SONIC: Especificaciones técnicas de la batería modelo PS-1250-F1. http://www.alliedelec.com/Images/Products/Datasheets/BM/POWER-SONIC_CORP/621-9888.PDF

[7] JUAN BRAVO, GIOVANNY CELI (2008): Diseño e implementación de una estación de monitoreo de aforo y la transmisión de los datos obtenidos entiempos real, Tesis para obtener el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Escuela de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Técnica Particular de Loja.

[8] MÓNICA GORRICO MORENO, JUAN LUIS GORRICO MORENO (2002): “Comunicaciones móviles”.

[9] CHRISTIAN BETTSTETTER, HANS-JÖRG VÖGEL, AND JÖRG EBERSPÄCHER: GSM Phase 2+General Packet Radio Service GPRS: Architecture, Protocols, and Air Interface.

[10] ÁLVARO RUANO FERNÁNDEZ, Despliegue de un sistema de telefonía móvil GSM/GPRS en las comarcas de Tarragona

Carlos Alberto Calderón Córdova, nació el 6 de Marzo de 1983, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, docente de la escuela de Electrónica y Telecomunicaciones en las cátedras de Circuitos Eléctricos e Instrumentación. Instructor de las Academias: LabVIEW UTPL y Microautomatización SIEMENS. Integrador de soluciones de ingeniería en la compañía KRADAC dedicada a automatización. Actualmente se encuentra cursando un programa de maestría en Electromecánica, con el instituto ISMM de Moa, Cuba.

Alex Wladimir Jaramillo Zamora, nació el 24 de noviembre de 1987. Profesional en formación de la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Técnica Particular de Loja. Presidente de la Asociación de estudiantes de la escuela en el periodo 2008-2009. Pasantías en CNT 2009, en estudio y diseño de redes telefónicas externas para la ciudad de Loja. Actualmente trabaja en la empresa PUNTONET S.A. como Técnico Inalámbrico Jr.

Christian Paul Tinoco Torres, nació el 24 de Octubre de 1987. Profesional en formación de la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Técnica Particular de Loja. Pasantías en CNT 2009, en diseño y construcción del anillo de Fibra Óptica para la ciudad de Loja.

Actualmente trabaja en la empresa EASYNET S.A. Empresa Asociada a CNT. Como Técnico Instalador de Internet.