

Captura y Tratamiento Parámetros Físicos Meteorológicos

Sergio García Butrón, ⁽¹⁾ José María Guerrero Rodríguez

C/Falucho número 9 – 2ºA, San Fernando (Cádiz) C.P: 11100
Teléfono: 956898532 – Correo electrónico: s.garcia.butron@telefonica.net

⁽¹⁾C/Doctor Marañón número 3 – Grupo Diseño Microelectrónico – C.P: 11002

Extracto

Sistema Meteorológico ecológico y confiable con capacidad de expansión y sistema de interconexión homogéneo para instrumentación y periféricos, que permite a terceros fabricantes el desarrollo de soluciones técnicas altamente compatibles con esta plataforma, aumentando la oferta disponible en el mercado y favoreciendo una reducción en los costes de adquisición de los dispositivos de estas características.

Palabras Clave: Meteorología, Confiabilidad, Ecología, Expansión, Compatibilidad

1. Introducción

El proyecto tiene por objeto el diseño de un sistema para la realización de medidas de los principales parámetros físicos meteorológicos, cuya solución estaría orientada al sector meteorológico profesional. Se desarrolla desde la toma de muestras meteorológicas hasta la transmisión de datos al centro de evaluación. Además, se incluyen todos los dispositivos accesorios necesarios para su instalación básica en cualquier lugar sin determinar, y junto a un conjunto de soluciones PLUG-INS, que complementan o amplían la funcionalidad del sistema básico.

Actualmente son muchas las soluciones disponibles en el mercado, tanto para aficionados como para profesionales, pero en todas se ha detectado un problema común: la escasa normalización o estandarización de sus diseños, que definen de forma completa el diseño constructivo de un Sistema Meteorológico. Por ello existe la heterogeneidad de las soluciones del mercado, ya que es común que cada fabricante desarrolle su propia plataforma, y estas suelen ser incompatibles entre distintas firmas o incluso con nuevas versiones de una misma compañía.

Por tanto, el siguiente proyecto quiere dar una posible solución al problema existente en este campo, basando la plataforma de desarrollo del Sistema Meteorológico, en el concepto de diseño modular, tecnología con una extraordinaria

compatibilidad entre HARWDARE BASE y PERIFÉRICOS con el objeto de poder ofrecer a todo meteorólogo profesional soluciones más compatibles.

El diseño del sistema meteorológico puede definirse mediante el diagrama de BLOQUES funcionales que podemos observar en el gráfico descrito en la figura-1:

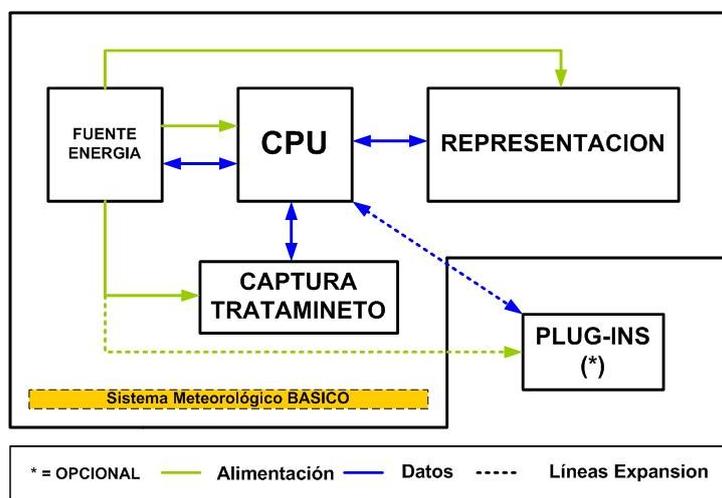


Figura nº1. Diagramas de BLOQUES funcionales del Sistema Meteorológico

El funcionamiento del Sistema Meteorológico proyectado consiste en captar los parámetros meteorológicos básicos mediante los distintos SENSORES instalados sobre la torreta, tratar y procesar las señales generadas por dichos SENSORES en los correspondientes módulos de tratamiento y de control-proceso, para posteriormente representar la información obtenida en el dispositivo gráfico, instalados dentro del armario de componentes fijado a la torreta, y finalmente proceder a su transmisión a larga distancia al centro de evaluación para su correspondiente post-procesado por el personal meteorológico cualificado.

1.1 Requisitos técnicos

Los principales requisitos técnicos del Sistema Meteorológico se corresponden con los siguientes:

- Permitir ubicación del SISTEMA de peor caso sin RED Eléctrica y de Telecomunicaciones CONVENCIONAL.

- SISTEMA, autónomo, ecológico y con alta confiabilidad.
- Organización de los componentes del SISTEMA en módulos independientes según FUNCION y TIPO.
- Dispositivo interconexión homogéneo para Instrumentación y Periféricos.
- Permitir la EXPANSION básica del HARDWARE y del FIRMWARE (Programación de los Chips).
- Permitir la PROGRAMACION abierta del FIRMWARE.
- Dispositivo GRÁFICO práctico y sencillo de presentación de datos, acompañado de un TECLADO básico además de una interfaz de comunicaciones.
- Permitir una cobertura mínima entre el SISTEMA proyectado y el centro de evaluación hasta una distancia de 5 kilómetros.

1.2 El Sistema Meteorológico

El Sistema Meteorológico diseñado está formado por los componentes que se detallan brevemente a continuación.

1.2.1 Bloque funcional FUENTE-ENERGIA

Este bloque funcional se encarga de satisfacer la necesidad de suministro de energía al SISTEMA para su correcto funcionamiento. La alimentación principal esta constituida por un sistema fotovoltaico que, como es común, está compuesto por un panel solar, un regulador de carga y un banco de reserva. Este último, instalado sobre un recinto aislado térmicamente para aumentar su rendimiento, obligando por tanto a utilizar un tipo especial de baterías denominadas VRLA o hermética de electrolito gelatinoso con baja gasificación y que permiten su ubicación en un recinto de estas características. Finalmente, el cuadro eléctrico se encarga de suministrar las tensiones de trabajo a los distintos módulos del SISTEMA y dotar de protección adecuada a los mismos y así como de monitorizar el sistema de alimentación principal, permitiendo conocer en todo momento el estado y nivel de carga de las baterías.

1.2.2 Bloque funcional CAPTURA-TRATAMIENTO

Este bloque funcional se encarga de satisfacer la necesidad de captura de los parámetros físicos meteorológicos básicos siguientes:

- Temperatura
- Humedad
- Presión atmosférica
- Densidad lumínica
- Velocidad y dirección viento
- Precipitación

Siendo los instrumentos meteorológicos básicos del SISTEMA los que se indican a continuación:

- Termohigrómetro
- Barómetro
- Luxómetro
- Anemómetro
- Veleta
- Pluviómetro

Este bloque funcional también se encarga del tratamiento analógico de las señales enviadas por los instrumentos meteorológicos para su posterior digitalización, componiéndose el SISTEMA de los módulos de tratamiento siguientes:

- Módulo TRATAMIENTO Termohigrómetro
- Módulo TRATAMIENTO Barómetro
- Módulo TRATAMIENTO Luxómetro
- Módulo TRATAMIENTO Anemómetro-Veleta
- Módulo TRATAMIENTO Pluviómetro

Los módulos de tratamiento constan de una tarjeta que contiene el circuito básico de tratamiento especializado en señales en TENSION o FRECUENCIA, complementado con las funciones avanzadas del Interfaz Instrumentación Meteorológica (I2M). Esta interfaz I2M incluye funciones de corrección de OFFSET, ajuste digital de cero, selector de rango digital, control ahorro de energía, selector fuente de captura y sistema PLUG&PLAY.

Para cubrir la distancia existente entre el instrumento meteorológico y el módulo de tratamiento, se emplean los denominados Módulo S.T.S. Para transmitir señales analógicas y/o digitales de forma óptima por medios cableados, evitando así pérdidas y minimizando los efectos del ruido eléctrico. Precisando el SISTEMA los Módulos S.T.S siguientes:

- Módulo S.T.S. Termohigrómetro
- Módulo S.T.S. Barómetro
- Módulo S.T.S. Luxómetro
- Módulo S.T.S. Veleta

1.2.3 Bloque funcional CPU

Este bloque funcional se encarga de satisfacer las necesidades de control de las funciones del SISTEMA y el proceso de la información generada en el mismo. Éstas son desempeñadas por el módulo control-proceso que consta de una tarjeta que contiene la CPU ATMEL AVR modelo ATMega128 junto a sus circuitos básicos, circuito control interrupciones compartidas, dispositivo E-SPI™ y los recursos HARDWARE siguientes:

- Recursos CAPTURA
 - o Dispositivo CAPTURA Señales TENSION y FRECUENCIA
 - o Interfaz I2M
 - o SLOT Instrumentación
- Recursos AUXILIARES
 - o Reloj Tiempo Real (RTC)
 - o Dispositivo RESET
 - o Memoria DATOS
 - o Interfaz ISP
 - o Sistema PLUG&PLAY
 - o Dispositivo Alimentación MeteoBOARD
- Recursos COMUNICACIONES-EXPANSION
 - o Interfaz GRÁFICO-TECLADO
 - o Interfaz Comunicación MeteoBOARD
 - o SLOT Periféricos

El SLOT Instrumentación y el SLOT Periféricos constituyen respectivamente el sistema de interconexión homogéneo para instrumentación meteorológica y periféricos. Ambos disponen de un conjunto de señales comunes como la alimentación, interrupciones, identificación PLUG&PLAY, interfaces serie especializados tipo I2C o SPI™ y señales básicas de control. Además de forma exclusiva para la instrumentación meteorológica se incluyen las señales correspondientes al interfaz I2M y a los dispositivos de captura-digitalización. Estos

SLOTS en su extremo “hembra” corresponden a un modelo estándar de 30 y 22 pines respectivamente, y que en su extremo “macho” únicamente se precisará serigrafiar sobre la PCB de la tarjeta de tratamiento o periférico el correspondiente FINGER Instrumentación o Periféricos. De ahí que este sistema de interconexión sea un método sencillo y de alta compatibilidad que permitirá el desarrollo de gran variedad de módulos de tratamiento y periféricos sobre una misma plataforma meteorológica.

1.2.4 Bloque funcional REPRESENTACION

Este bloque funcional se encarga de satisfacer la necesidad de representación y transmisión de la información generada por el SISTEMA. La representación grafica de información corresponde al “Módulo GRÁFICO-TECLADO” compuesto por dos elementos fundamentales:

- Dispositivo GRÁFICO
- Teclado Básico

El dispositivo GRÁFICO permitirá mostrar visualmente de forma directa información meteorológica, facilitando la monitorización puntual ‘in situ’ de los datos meteorológicos generados por el SISTEMA así como facilitar la monitorización de su propio estado. Por otro lado, también facilitará las labores de instalación y reconfiguración al visualizar de forma rápida todas las opciones de configuración disponibles. El “Teclado Básico” permitirá de forma sencilla, rápida y directa navegar por las distintas opciones de configuración y/o monitorización de los menús del SISTEMA. Este módulo está diseñado entorno a un módulo LCD de matriz de caracteres con dos líneas de 16 caracteres por línea con retroiluminación y cuatro mini-pulsadores 6x6 para las teclas básicas de MENU, OK, ARRIBA y ABAJO.

La transmisión de la información generada en el SISTEMA hacia un dispositivo terminal de datos o punto remoto corresponden a:

- Interfaz COMUNICACIONES MeteoBOARD
- Solución COMUNICACIONES por Radio

La “Interfaz COMUNICACIONES MeteoBOARD” se desarrolla entorno al estándar EIA/RS-232 y pensando en su propia expansión (totalmente opcional) de forma directa empleando otros estándares de intercomunicaciones como los siguientes:

- Estándar Inalámbrico IRDA
- Estándar EIA/RS-485

Su diseño se compone de los interfaces de comunicaciones COM1 y COM2 además del circuito electrónico encargado de seleccionar individualmente entre sus dos respectivos modos de funcionamiento. El primero se corresponde con el modo BÁSICO que para ambas interfaces funcionan bajo el estándar RS-232 y el segundo con el modo EXTENDIDO, que para la interfaz COM1 se corresponde con el estándar inalámbrico IRDA, mientras que para el interfaz COM2 se corresponde con el estándar EIA/RS-485. Estos dos últimos estándares estarán disponibles mediante la incorporación externa de sus respectivos módulos PLUG-INS de comunicaciones. La técnica empleada en el diseño de la “Interfaz Comunicaciones MeteoBOARD” ofrece múltiples posibilidades de comunicación, ya que permite de forma sencilla y eficaz satisfacer la demanda de comunicación a corta distancia mediante conexión directa por cable u opcionalmente de forma inalámbrica por IRDA, con un dispositivo de configuración y/o monitorización como podría ser un ordenador portátil o una PDA, así como también satisfacer las necesidades de comunicación a media-larga distancia mediante la conexión de periféricos de comunicaciones basados en el interfaz RS-232 u opcionalmente en el interfaz RS-485 como podrían ser los MODEM telefónicos o Radio-MODEM.

La “Solución COMUNICACIONES por Radio” se encargará de transmitir la información generada por el SISTEMA a larga distancia al “centro de evaluación”, permitiendo que el personal cualificado en la materia pueda visualizar, analizar y evaluar la información meteorológica correspondiente, con el fin de generar los documentos meteorológicos necesarios en cada caso y que se consideren de utilidad a nivel público y/o privado. Esta solución estará compuesta básicamente por un Radio-MODEM con licencia, el cableado coaxial de tipo LMR-195 o similar y por una antena unidireccional de tipo YAGI. La banda de trabajo del Radio-MODEM (VHF o UHF)

dependerá de la frecuencia asignada en la correspondiente licencia de comunicaciones. El dispositivo de Radio empleado, está estrechamente vinculado con el carácter profesional del Sistema Meteorológico diseñado, estando éste destinado principalmente a organismos científicos-técnicos o estatales relacionados con la ciencia meteorológica, que disponen en algunos casos de licencias de comunicaciones o mayores facilidades para su obtención, así como el emplear en sus investigaciones las “Redes de Radio-Telemetría”, para la adquisición de datos que posteriormente serán empleados en el desarrollo de los distintos documentos meteorológicos de interés público y/o privados. Por tanto la “Solución COMUNICACIONES por Radio” permite una ubicación del SISTEMA en donde no exista “Red de Telecomunicaciones CONVECCIONAL”, como una línea de teléfono (RTB) o red de telefonía móvil así como implementación y expansión de una “Red de Radio-Telemetría” de forma óptima por su rendimiento y coste.

1.3 Soluciones PLUG-INS

Las soluciones PLUG-INS se encargan de complementar o ampliar la funcionalidad básica del SISTEMA, clasificándose estas soluciones en:

- PLUG-INS para FUENTE-ENERGÍA
- PLUG-INS para CAPTURA-TRATAMIENTO
- PLUG-INS para REPRESENTACIÓN
- PLUG-INS para CPU
- PLUG-ING GENERALES

El conjunto de soluciones PLUG-INS para el Sistema Meteorológico se corresponden con las siguientes:

- PLUG-INS para FUENTE-ENERGIA
 - o SAI
 - o Pilas BAKCUP Recargables
 - o Módulo FIRMWARE “Control Ahorro Energía”
- PLUG-INS para CAPTURA-TRATAMIENTO
 - o Piranómetro (Radiación UV)
 - o Instrumento PI (Tipo/Intensidad Precipitación)

- o Humedad Suelo/Humectación/Flujo calor
- o Profundidad nieve
- o Visibilidad
- o Heliógrafo (Horas de SOL)
- o Detector tormentas
- PLUG-INS para REPRESENTACION
 - o Dispositivos GRÁFICOS
 - Display LUMINOSOS
 - Display GRÁFICOS
 - o Interfaces COMUNICACIONES
 - Modulo Interfaz IRDA
 - Modulo Interfaz RS-485
 - Modulo Interfaz USB
 - Modulo Interfaz ETHERNET
 - o Periféricos COMUNICACIONES
 - Servicio COMERCIAL Empresa Telecomunicaciones
 - MODEM
- PLUG-INS para CPU
 - o Modulo MeteoBOARD versión SOL
 - o Módulo MeteoBOARD versión TORNADO
- PLUG-INS GENERALES
 - o Monitor Estado-Seguridad SISTEMA
 - o Almacenamiento masivo por tarjetas MMC
 - o Servidor WEB Embebido

1.4 El FIRMWARE

El FIRMWARE del Sistema Meteorológico está estructurado en “Cuerpo del Programa” correspondiente al FIRMWARE principal y en Módulos de FIRMWARE, conteniendo funciones básicas de control como:

- Inicialización

- Muestreo Salida SENSORES
- Conversión Salida SENSORES en dato meteorológico
- Linealización
- Control de Calidad
- Promediado
- Reducción de DATOS
- Almacenamiento DATOS
- Transmisión DATOS
- Representación DATOS
- Configuración SISTEMA
- Monitorización SISTEMA

Además el FIRMWARE está programado en un lenguaje de alto nivel con el objeto de abstraer todos los cálculos en “Punto Flotante” requeridos por el procesamiento de la información meteorológica. Por otro lado, éste permitirá enviar mensajes codificados en la clave internacional SYNOP 12-XII EXT, a parte de implementar un conjunto de comandos tipo HAYES que permitirá el control remoto del Módulo MeteoBOARD, siendo estos comandos los que se detallan en la tabla siguiente:

Tabla n°1. Comandos HAYES MeteoBOARD® v1.0

COMANDO	DESCRIPCION	PARAMETROS
ATIM1=n	Solicita Información Meteorológica BASICA TEMPERATURA	0 = Temperatura ACTUAL 1 = Temperatura MINIMA 2 = Temperatura MAXIMA
ATIM2=n	Solicita Información Meteorológica BASICA HUMEDAD	0 = Humedad ACTUAL 1 = Humedad MINIMA 2 = Humedad MAXIMA 3 = Punto de Rocío
ATIM3=n	Solicita Información Meteorológica BASICA PRESION	0 = Presión ACTUAL 1 = Presión MINIMA 2 = Presión MAXIMA
ATIM4	Solicita Información Meteorológica BASICA DENSIDAD LUMINICA	No precisa
ATIM5=n	Solicita Información Meteorológica BASICA VIENTO	0 = Velocidad VIENTO 1 = Dirección VIENTO 2 = Ráfaga VIENTO 3 = Dirección VIENTO Formato TEXTO

Tabla n°1. Comandos HAYES MeteoBOARD® v1.0

COMANDO	DESCRIPCION	PARAMETROS
ATIM6=n	Solicita Información Meteorológica BASICA PRECIPITACION	0 = Precipitación ACTUAL 1 = Precipitación MAXIMA
ATIS1	Solicita Información Sistema ESTADO BATERIAS	No precisa
ATIS2	Solicita Información Sistema Versión FIRMWARE MeteoBOARD®	No precisa
ATIS3	Solicita Información Sistema ESTADO RF-Link	No precisa
ATIS4	Solicita Información Sistema Nivel Señal RF	No precisa
ATIS5	Solicita Información Sistema Fecha Manufacturación RF-MODEM	No precisa
ATIS6	Solicita Información Sistema Numero Serie RF-MODEM	No precisa
ATIS7=n	Solicita Información Sistema Slots INSTRUMENTACION	0 = SLOT/IM01 1 = SLOT/IM02 2 = SLOT/IM03 3 = SLOT/IM04 4 = SLOT/IM05
ATIS8=n	Solicita Información Sistema Slots PERIFERICOS	0 = SLOT/P01 1 = SLOT/P02
ATIMX1	Solicita Información Meteorológica AVANZADA REPORTE METEOROLOGICO	No precisa
ATIMX2	Solicita Información Meteorológica AVANZADA MENSAJE METEOROLOGICO	No precisa
ATSIS1=n"	Configuración INTERNA Sistema GENERALES	0 = Hora SISTEMA 1 = Fecha SISTEMA 2 = Mensaje BIENVENIDA
ATSIS4=n	Configuración INTERNA Sistema Velocidad Interfaz COM1	0 = 1200 bps 1 = 2400 bps 2 = 4800 bps 3 = 9600 bps 4 = 19200 bps 5 = 28800 bps 6 = 38400 bps 7 = 57600 bps 8 = 115200 bps
ATSIS5=n	Configuración INTERNA Sistema Velocidad Interfaz COM2	0 = 300 bps 1 = 600 bps 2 = 1200 bps 3 = 2400 bps 4 = 4800 bps 5 = 9600 bps 6 = 19200 bps 7 = 38400 bps 8 = 57600 bps 9 = 115200 bps
ATSIS6=n	Configuración INTERNA Sistema ESTADO Activación COM2	0 = Interfaz COM2: OFF 1 = Interfaz COM2: ON

Tabla n°1. Comandos HAYES MeteoBOARD® v1.0

COMANDO	DESCRIPCION	PARAMETROS	
<i>AT</i> SIS7= <i>n</i>	Configuración INTERNA Sistema ESTADO CAPTURA-MUESTREO	0 ≡ CAPTURA-MUESTREO: OFF 1 ≡ CAPTURA-MUESTREO: ON	
<i>AT</i> SRF1= <i>n</i>	Configuración RF-MODEM CONFIGURAR DIRECCIONES	0 ≡ Dirección RED-RF 1 ≡ Dirección RF-MODEM 2 ≡ Dirección ESTACION BASE	
<i>AT</i> SRF2= <i>n</i>	Configuración RF-MODEM VELOCIDAD TRANSFERENCIA	0 ≡ 300 bps 1 ≡ 600 bps 2 ≡ 1200 bps 3 ≡ 2400 bps 4 ≡ 4800 bps	5 ≡ 9600 bps 6 ≡ 19200 bps 7 ≡ 38400 bps 8 ≡ 57600 bps 9 ≡ 115200 bps
<i>AT</i> SRF3= <i>n</i>	Configuración RF-MODEM PROTOCOLO	0 ≡ Punto a Punto 1 ≡ Punto a Multi-Punto 2 ≡ Dial-UP 3 ≡ Datagrama 4 ≡ Log	
<i>AT</i> SRF4= <i>n</i>	Configuración RF-MODEM PARIDAD	0 ≡ Ninguna 1 ≡ PAR 2 ≡ IMPAR	
<i>AT</i> SRF5= <i>n</i>	Configuración RF-MODEM BITS-STOP	0 ≡ 1-Bit(s) 1 ≡ 2-Bit(s)	
<i>AT</i> SRF6= <i>n</i>	Configuración RF-MODEM BITS-DATOS	0 ≡ 7-Bit(s) 1 ≡ 8-Bit(s)	
<i>AT</i> SRF7= <i>n</i>	Configuración RF-MODEM POTENCIA TRANSMISION	0 ≡ 0 dBm (1 mW) 1 ≡ +20 dBm (100 mW) 2 ≡ +27 dBm (500 mW) 3 ≡ +30 dBm (1W) 4 ≡ +36 dBm (4W) 5 ≡ +37 dBm (5W)	
<i>AT</i> SRF8= <i>n</i>	Configuración RF-MODEM CONTROL FLUJO	0 ≡ Ninguno 1 ≡ HARDWARE CTS/RTS	
<i>AT</i> SRF9= <i>n</i>	Configuración RF-MODEM CANAL RF	0 ≡ CH-RF/001 1 ≡ CH-RF/002 2 ≡ CH-RF/003 3 ≡ CH-RF/004	4 ≡ CH-RF/005 5 ≡ CH-RF/006 6 ≡ CH-RF/007 7 ≡ CH-RF/008

1.5 Accesorios INSTALACION

El diseño del Sistema Meteorológico incluye todos los accesorios básicos necesarios para su instalación en cualquier lugar sin determinar, correspondiéndose estos con los siguientes:

- Carcasas PROTECCIÓN para Módulos SISTEMA
- Carcasas PROTECCIÓN para Instrumentos Meteorológicos
- Arqueta Instalación Baterías
- Infraestructura Meteorológica INSTALACIÓN
 - Torreta Meteorológica
 - Soportes Instrumentos Meteorológicos

- o Soportes de Instalación
- o Armario para Módulos SISTEMA
- o Soportes FIJACION Módulos S.T.S

2. Conclusiones

El diseño resultante cumple los objetivos marcados en el proyecto, porque permite obtener un Sistema Meteorológico autónomo, versátil, ecológico y confiable así como su ubicación en un lugar de peor caso (sin red eléctrica y de telecomunicaciones convencional). La autonomía y confiabilidad del mismo se deben a su diseño modular general y de forma especial, al propio diseño del sistema fotovoltaico y al amplio abanico de soluciones de comunicaciones e incluso por Radio. Por otro lado se trata de un conjunto ecológico por el uso de fuentes de energía limpias, como es el caso de la energía solar fotovoltaica así como el uso de componentes y materiales que cumplen con las normas de radiación electromagnética, directiva RoHS (Directiva Europea 2002/95/CE sobre reducción de sustancias peligrosas en componentes eléctricos y electrónicos) y directiva RAEE (Directiva Europea 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos o electrónicos) de forma que una vez finalizada la vida útil del producto pueda ser reciclado sin problemas, según las normativas y la legislación vigentes. La versatilidad del SISTEMA se debe a las capacidades de expansión y compatibilidad ofrecidas por el SLOT Instrumentación y el SLOT Periféricos, permitiendo que terceros puedan desarrollar instrumentación meteorológica y periféricos compatibles con la plataforma meteorológica desarrollada, además como ventaja derivada de lo anterior ofrecerá al mercado una mayor oferta de equipos así como instrumentos y periféricos más compatibles, versátiles, baratos y eficaces en sectores de la meteorología profesional, pero que también podría servir como aplicación, dentro del sector meteorológico con fines educacionales y para aficionados. Finalmente el coste del Sistema Meteorológico diseñado en su versión VHF supondrá una inversión total de 20.743,43 euros mientras que la versión UHF tendrá un coste de 20.760,95 euros.

3. Referencias bibliográficas

- [1] WMO, “Guide to meteorological instruments and methods of observation” WMO-Nº8 6ªEd., 2006.
- [2] WMO, “Manual on codes – Internacional Codes” WMO-Nº306 Vol-I.1 Part-A 1995.
- [3] Norma UNE-500510:2005 IN, “Redes de estaciones meteorológicas automáticas. Aspectos generales y nomenclatura”, 2005.
- [4] Norma UNE-500520:2002, “Redes de estaciones meteorológicas automáticas. Criterios de localización de emplazamientos e instalación de sensores. Características de adquisición y muestreo”, 2002.
- [5] San Jose, R. Torres meteorológicas y determinación de parámetros turbulentos. 1ªed. Valladolid: Universidad de Valladolid. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, 1984.
- [6] Alcor Cabrerizo, Enrique. Instalaciones solares fotovoltaicas. 3ª ed., 1ª imp. Mairena del Aljarafe. Promotora General de Estudios, S.A., 2002.
- [7] Antony, Fall Dürschner, Christian; Remmers Karl-Heinz; Hernández Pérez, Raúl; tr. Fotovoltaica para profesionales: diseño, instalación y comercialización de plantas solares fotovoltaicas. 1ª ed., 1ª imp. Mairena del Aljarafe. Promotora General de Estudios, S.A., 2006.
- [8] Pallás Areny, Ramón. Sensores y acondicionadores de señal. 4ª ed., 1ª imp. Barcelona: Marcombo, S.A., 2004.
- [9] Miguel A. Pérez García et A.L, Instrumentación Electrónica, 2ª.ed. 2ª reimp. Madrid. Internacional Thomson, 2005.

4. Agradecimientos

En primer lugar y sobretodo, a mi Tutor de proyecto por su apoyo incondicional cuando elegí este proyecto, por la paciencia e inestimable ayuda que me ha prestado a lo largo de su desarrollo.

Al Instituto Nacional de Meteorología (INM) en especial al centro territorial de Sevilla por la ayuda prestada en la búsqueda de las fuentes base de documentación meteorológica necesarias para el desarrollo de este proyecto.

