



PROYECTO FINAL DE CARRERA

**CONTROL REMOTO PARA ESTACIÓN  
METEOROLÓGICA**

**MEMORIA**

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA  
TÉCNICA INDUSTRIAL DE  
ZARAGOZA

# *HOJA DE IDENTIFICACIÓN*

PROYECTO FINAL DE CARRERA

## **CONTROL REMOTO PARA ESTACIÓN METEOROLÓGICA**

TITULACIÓN: INGENIERÍA TÉCNICA ELECTRÓNICA  
CURSO: 09/10

### ***Autor:***

- *Javier Díaz Hernández*  
*Titulación: Ingeniero Técnico Industrial por la Universidad de Zaragoza*  
*Especialidad: Electrónica*  
*DNI: 76919215-Q*  
*Dirección: C/ Comuneros de Castilla Nº 1 7º E*  
*Localidad: Zaragoza*  
*Teléfono: 976392636*  
*Corre electrónico: javi436@hotmail.com*

*Director del proyecto: Manuel Torres Portero*  
*Departamento: Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación*  
*Área: Expresión Gráfica*  
*Despacho: C5-3-12. Edificio Torres Quevedo.*

### **Fecha y Firma**

Javier Díaz Hernández

Zaragoza, a      de      del      .



# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| 1. RESUMEN.....  | 6  |
| 2. ALCANCE .....                                       | 7  |
| 3. OBJETO.....   | 8  |
| 4. ANTECEDENTES .....                                  | 8  |
| 5. INTRODUCCIÓN A LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS .....  | 11 |
| 5.1 Clasificación .....                                | 11 |
| 5.2 Medición de las variables climatológicas.....      | 13 |
| 6. REQUISITOS DE DISEÑO .....                          | 13 |
| 7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....                        | 14 |
| 7.1 ALTERNATIVAS .....                                 | 14 |
| 7.1.1 Envío de datos a largas distancias.....          | 15 |
| 7.1.1.1 Radiofrecuencia .....                          | 15 |
| 7.1.1.2 Comunicación GSM .....                         | 16 |
| 7.1.1.3 Comunicación GPRS .....                        | 17 |
| 7.1.2 Elección microprocesador o microcontrolador..... | 17 |
| 7.1.3 Conexión externa al PC .....                     | 21 |
| 7.1.4 Sensores.....                                    | 21 |
| 7.2 JUSTIFICACIÓN A LA SOLUCIÓN ELEGIDA.....           | 22 |
| 7.2.1 Envío de datos a largas distancias.....          | 22 |
| 7.2.2 Microcontrolador .....                           | 24 |
| 7.2.3 Conexión externa al PC .....                     | 27 |
| 7.2.4 Sensores.....                                    | 28 |
| 7.2.5 Tecnología 1-wire.....                           | 28 |
| 7.2.5.1 Composición de la red.....                     | 30 |
| 7.2.5.2 Protocolo de comunicación .....                | 30 |
| 7.2.5.3 Comparativa con otras tecnologías.....         | 32 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>8. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SIST. A NIVEL DE BLOQUES .....</b> | <b>34</b> |
| <b>9. CONCLUSIÓN Y COSTE DEL EQUIPO .....</b>                    | <b>38</b> |
| <b>10. PROGRAMAS UTILIZADOS.....</b>                             | <b>38</b> |
| <b>11. BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                     | <b>39</b> |



## 1. RESUMEN

Con la realización de este proyecto se intenta diseñar e implementar un sistema electrónico para la adquisición y transmisión de datos climatológicos recogidos por una estación meteorológica hasta el punto donde se encuentre el aparato receptor de los mismos. Esta distancia será como mínimo de 20Km., ya que menos distancia haría que el sistema pudiera quedarse un poco limitado para nuestros fines. Así podremos permitirnos establecer contacto con una estación meteorológica situada en un lugar de difícil acceso, como un monte o una sierra.

En la sociedad actual la información meteorológica es cada vez un factor más importante, debido a los beneficios económicos y sociales que esta aporta. Para recabar esta información una serie de sensores recogen unos datos sobre las distintas mediciones que se realizan. La combinación de estos sensores junto con un microcontrolador programado debidamente para la recogida de datos, resume la propuesta de nuestro proyecto.

En nuestro caso, los sensores serán los siguientes:

- Termómetro: será el encargado de medir la temperatura del lugar.
- Higrómetro: para medir la humedad del aire.
- Anemómetro: para la lectura de la velocidad del viento.
- Pluviómetro: encargado de la medida de las precipitaciones.
- Barómetro: para medir la presión atmosférica.
- Piranómetro: encargado de medir la radiación solar incidente sobre la superficie de la tierra.

Dicho proyecto consta de un desarrollo de hardware que engloba la captación de datos, la comunicación mediante un sistema GSM, la unidad central de procesado y la alimentación. Dentro del sistema GSM utilizaremos la tecnología de telemetría de la empresa Signalix, para cubrir la distancia antes indicada sin necesidad de cables. Este módulo nos permite la comunicación con un PC haciendo uso de una conexión Internet, que nos permitirá la creación de una página web asociada al sistema si así se desea.

Por otro lado, ayudado por un microcontrolador PIC18 que codifique, decodifique y muestre los datos meteorológicos. Además se dispondrá de una memoria externa para el volcado de datos, cuando el gestor de la estación así lo desee, a través de un puerto USB que llevará incorporado el PIC elegido. También se podrán compartir los datos con los usuarios que lo deseen, vía comunicación SMS, así como comunicarles con un simple mensaje cuando el sistema esté fuera de servicio (labores de mantenimiento, etc.).



**Como características principales cabe destacar:**

- ❑ Sistema de alimentación autónomo mediante paneles solares y baterías. A fin de poder emplazar el sistema en cualquier ubicación donde no se disponga de red eléctrica para su alimentación ni una red de comunicación por cable.
- ❑ Sistema de comunicaciones inalámbrico, vía red comercial GSM/GPRS.
- ❑ Con la ayuda de la red GSM se podrá realizar el envío automático por parte de la central, con mensajería SMS, de los datos climatológicos almacenados en el microcontrolador a los usuarios que previamente envíen un SMS, que será almacenado por el sistema, solicitando dicha información.
- ❑ Conexión USB de alta velocidad para volcado de los datos registrados por los sensores, en un ordenador u otro terminal en el que quedarán registrados.
- ❑ Nuestra batería dispondrá de una indicación visual que nos indicará el nivel de carga en cada momento (cargada, media y descargada).
- ❑ Sistema de comunicación a 1 hilo de los diferentes sensores (1-Wire protocol). Conectándose entre sí en paralelo, y a su vez, a una de las patillas de uno de los puertos del microcontrolador.

## 2. OBJETO

Esta estación meteorológica automática está diseñada para aplicaciones de adquisición de datos y transmisión remota en aquellos lugares donde la necesidad de alimentación y comunicaciones impliquen la instalación de un equipo autónomo y de bajo consumo, haciéndolo idóneo para proyectos de telemedida.

Así pues el objetivo final es la gestión eficaz de los recursos del sistema a fin de lograr un funcionamiento simple, autónomo y de consumo y tamaño reducido para su libre ubicación. Que dicha autonomía de la estación meteorológica se cumpla indica la capacidad de la misma para poder obtener mediciones de diversas variables meteorológicas, sin necesidad de desplazarnos al lugar de emplazamiento de la estación.

La autonomía de este tipo de dispositivos es un requisito indispensable si se desean medir las variables meteorológicas en ciertos emplazamientos donde no existen líneas de comunicaciones ni redes eléctricas de alimentación. La gestión de los datos se llevará a cabo a través del programa en ensamblador que contenga nuestro PIC, y podrán ser volcados en una memoria externa, para ser procesados para el cálculo de diferentes estadísticas como máximos, mínimos, desviaciones, promedios, etc.



### 3. ALCANCE

Podrá ser emplazada en un campo para que un agricultor tenga previsión de los efectos del clima en sus cosechas en un momento determinado, a fin de poder gestionar los recursos a su disposición. Otra aplicación sería la ubicación de la estación en una montaña o bosque, a fin de controlar posibles riesgos de incendios o como consulta para excursionistas antes de desplazarse al lugar. En definitiva, nos permitiría un registro de datos de los fenómenos atmosféricos en la zona deseada, incluso de los más destructivos, por si se pudieran llegar a controlar o minimizar.

Las comunicaciones del sistema se basarán en la red inalámbrica GSM de comunicaciones de teléfonos móviles o sistemas de telemetría. Esta red tiene una cobertura en el territorio español de aproximadamente el 98 % en algunas compañías y, por tanto, puede ser utilizada prácticamente en cualquier lugar. Incluso se podría aplicar en territorios extranjeros sin perder funcionalidad debido a que es una tecnología extendida por casi todo el mundo.

### 4. ANTECEDENTES

La meteorología es la ciencia que estudia el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos allí producidos y las leyes que lo rigen. Los primeros que se sumergieron en ella tratando de predecir el tiempo fueron los babilonios guiándose por el aspecto del cielo. En 340 a. C. Aristóteles escribe el libro 'Meteorologica', donde presenta observaciones mixtas y especulaciones sobre el origen de los fenómenos atmosféricos y celestes. Por otra parte, se puede considerar a Galileo Galilei, físico y astrónomo italiano, como el fundador del método experimental, al combinar sabiamente procedimientos inductivos y deductivos. Así mismo, fue él el inventor del termómetro en 1607.



Dentro de este grupo de genios cabe destacar al italiano Evangelista Torricelli. Gracias a él se abrieron las puertas a los estudios meteorológicos. En 1643 fue cuando realizó un descubrimiento que lo haría pasar a la posteridad sin duda: el principio del barómetro, con él quedaba demostrado la existencia de la presión atmosférica, principio confirmado por Pascal posteriormente, realizando mediciones a distinta altura.

El anemómetro, que mide la velocidad del viento, fue construido en 1667 por Robert Hooke, mientras Horace de Saussure completa el elenco del desarrollo de los más importantes instrumentos meteorológicos en 1780 con el higrómetro a cabello, que mide la humedad del aire.



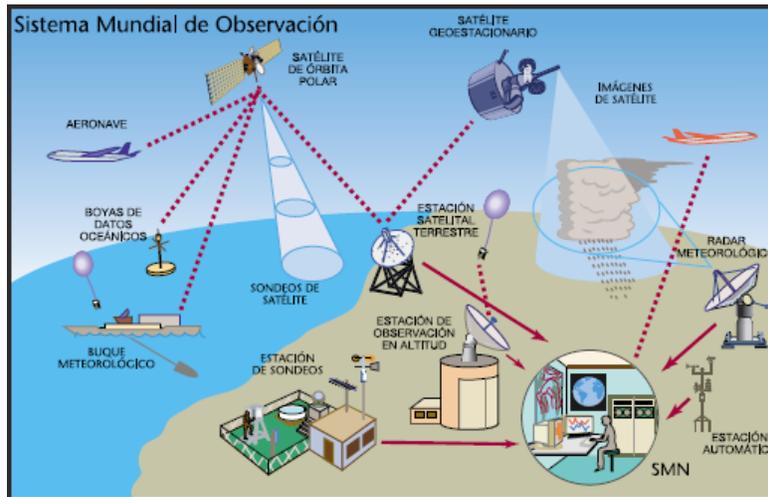
Si bien ya en el año 230 a.C., Aristóteles conocía la presencia de vapor de agua en el aire, no es hasta el siglo XVII que se comienza a estudiar la atmósfera en su conjunto, y no es hasta principios del siglo XIX cuando Lamark hace una primera y básica clasificación de las nubes, y sólo a finales de dicho siglo se acepta internacionalmente la clasificación de Hildebrandsson y Abercrombie, que hicieron hincapié en la altura vertical de las nubes, estructura y establecimiento de las mismas. Así pues, la ciencia meteorológica es una ciencia joven.

Otros científicos como Gay-Lussac, Lavoisier y Laplace, con sus estudios sobre la física y química permiten ampliar los conocimientos científicos sobre la atmósfera. No obstante, el trabajo de los antiguos "meteorólogos" se reduce al estudio local de la temperatura, viento y estado del cielo, sin que hubiera unos estudios estadísticos ni de base. Es con la primera guerra mundial cuando se produce un avance importante. El número de observatorios y de toma de datos se amplía considerablemente. La red meteorológica se extiende por todo el mundo y en los mares surcan los barcos especializados.

Desde 1937 a 1939 en el buque meteorológico Carimaré, en el Atlántico Norte, se elaboran mapas y previsiones diariamente, convirtiéndose así en la primera estación meteorológica del Atlántico Norte. Realiza 4 campañas ayudando al desarrollo de los vuelos transatlánticos de cruce.

Uno de los retos para los científicos ha sido obtener datos aéreos de los principales parámetros meteorológicos. Los primeros datos se obtuvieron gracias a la utilización de globos sonda, aunque con el inconveniente de no poder disponer de los datos al momento. Pero posteriormente y con el uso de la radiotelegrafía se solucionó este problema. Por otra parte el uso de aviones permitió el registro de datos y su rápida difusión.

Durante las dos últimas décadas se ha producido una gran expansión de las redes de estaciones meteorológicas automáticas en todo el mundo. Esta rápida evolución ha sido consecuencia de la necesidad de disponer de datos meteorológicos específicos en tiempo real, así como de la evolución de los sistemas automáticos de adquisición de datos. Gracias a las estaciones meteorológicas automáticas (EMA) se consigue ahorrar labor humana, y realizar mediciones en áreas remotas o inhóspitas. Además con este sistema podemos enviar los datos a cualquier parte del mundo o almacenarlos para futuros estudios.



*Diferentes sistemas de observación para la captura de datos meteorológicos.*

En la actualidad, además del uso de radiosondas y estaciones meteorológica locales, se emplean los satélites (en 1960 el TIROS-1, fue el primer satélite meteorológico en funcionar) y radares meteorológicos que son de gran ayuda para la localización de precipitaciones, cálculo de sus trayectorias y estimación de su tipo (lluvia, nieve, granizo, etc.). Además, los datos tridimensionales pueden analizarse para extraer la estructura de las tormentas y su potencial de trayectoria y de daño. Nos permiten estimar la dirección y velocidad del viento en las zonas bajas de la atmósfera, etc. También nos suministran imágenes en IR y UV y otros datos, básicos para el estudio y predicción del tiempo hoy en día.

Los sistemas de observación instalados en plataformas, sean éstas satélites, torres de radar o boyas, permiten medir diversos tipos de datos. Cada sistema tiene su forma peculiar de obtener datos, pero la tecnología ayuda a evaluarlos sea cual sea su procedencia. Más de 10.000 estaciones meteorológicas de superficie, automáticas o manuales, 1.000 estaciones de observación en altitud, unos 7.000 buques, 100 boyas fondeadas y más de 1 000 boyas a la deriva, así como centenares de radares meteorológicos, miden a diario parámetros clave de la atmósfera, de la tierra y de la superficie del océano. Además, más de 3.000 aeronaves en vuelos comerciales proporcionan diariamente más de 150.000 observaciones. Los datos y la información así obtenidos, así como las predicciones y alertas que gracias a ellos se generan, son después intercambiados a nivel internacional.

Los patrones de instrumentos, los protocolos de transmisión y los métodos de observación proporcionan ejemplos de integración de sistemas de observación. Los procedimientos de control de calidad se aplican no sólo en las plataformas de observación, sino también en los centros nacionales y mundiales de procesamiento de datos.



Los datos son transmitidos por Internet y por el Sistema Mundial de Telecomunicación (SMT) a los centros de preparación de modelos. Computadoras con alta capacidad de cálculo procesan los datos y ponen los productos a disposición de todos los países. Algunos centros producen análisis meteorológicos, predicciones, avisos y alertas. Otros producen análisis mensuales, estacionales e interanuales, y productos de predicción, así como productos especializados.

Durante más de 50 años la OMM (Organización Mundial de Meteorología) ha facilitado en todo el mundo la cooperación para la creación de redes de observación y ha fomentado la prestación de servicios meteorológicos y similares. El extenso alcance del sistema integrado OMM-IOOS (Sistema Mundial Integrado de Observación) beneficia a la agricultura, a los recursos hídricos, a la investigación sobre el clima, a los servicios meteorológicos marinos, a la aviación, a los programas de calidad del medio ambiente y a las aplicaciones para la atenuación de los desastres naturales.

## 5. INTRODUCCIÓN A LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS

### 5.1 CLASIFICACIÓN

Las estaciones meteorológicas se clasifican en varios tipos según los objetivos y los parámetros que se desee medir, entre las principales podemos citar las siguientes:

- **Pluviométricas:** es una estación meteorológica dotada de un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos observaciones consecutivas.
- **Climatológicas:** es aquella en la cual se hacen observaciones de visibilidad, tiempo atmosférico presente, cantidad, tipo y altura de las nubes, estado del suelo, precipitación, temperatura del aire, humedad, viento, etc.
- **Agrometeorológicas:** se realizan observaciones meteorológicas y biológicas, incluyendo fenológicas y otras observaciones que ayuden a determinar las relaciones entre el tiempo y el clima, por una parte y la vida de las plantas y los animales, por la otra.
- **Sinópticas:** de superficie y en altitud. Donde se efectúan observaciones de los principales elementos meteorológicos en horas convenidas internacionalmente.
- **Estaciones de Radiosonda:** cuya finalidad es la observación de temperaturas, presión, humedad y viento en las capas altas de la atmósfera.



- **Estaciones meteorológicas automáticas (EMA):** la cual es objeto de nuestro proyecto, siendo una versión autónoma automatizada de la tradicional estación meteorológica, preparada tanto para ahorrar labor humana, como para realizar mediciones en áreas remotas o inhóspitas.
  
- **Especiales.**
  - Mareográficas: sirven para la observación del estado del mar. Miden nivel, temperatura y salinidad de las aguas marinas. Se incluyen en la categoría de estaciones meteorológicas especiales.
  - Heliopluviográficas: registran el número de horas de sol y la lluvia.
  - Pluviográficas: registran de forma mecánica y continua la precipitación, en una gráfica que permite conocer la cantidad, duración, intensidad y periodo en que ha ocurrido la lluvia.
  - Etc.

Las estaciones meteorológicas se establecen en la superficie de la tierra o en el mar y deben estar espaciadas de tal manera que sea representativa del sector y garantice una cobertura meteorológica adecuada. Por ejemplo, la distancia entre estaciones sinópticas principales en la superficie no debe ser superior a los 150 Km. y entre estaciones de altitud no debe sobrepasar los 300 Km.

El espaciamiento óptimo de las estaciones de observación es aquel en función al objetivo para el que los datos deben utilizarse, la variabilidad temporal y espacial del elemento meteorológico observado y la naturaleza de la topografía de la región donde debe establecerse. Siendo conveniente por otra parte, disponer de más de una estación meteorológica en las proximidades para poder verificar posibles datos erróneos.

Dentro de las estaciones meteorológicas, existen las estaciones meteorológicas automáticas (EMA), que son una versión autónoma automatizada de la tradicional estación meteorológica, preparada tanto para ahorrar labor humana, como para realizar mediciones en áreas remotas o inhóspitas. El sistema puede reportar en tiempo real vía sistema Argos (sistema de satélites que colecta, procesa y disemina información ambiental desde plataformas fijas y móviles en todo el mundo), o vía '*Global Telecommunications System*' los datos extraídos, tener enlace de microondas, o salvar los datos para posteriores recuperaciones.

Las primeras EMA se colocaban donde electricidad y líneas de comunicación estaban disponibles. Actualmente, las tecnologías de paneles solares, generador eólico y teléfono celular hacen posible las EMA inalámbricas.



## 5.2 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS

La medición de las variables meteorológicas, que en la mayor parte son variables físicas, con el objeto de obtener resultados comparables de los puntos de observación de la red meteorológica, necesitan además de un programa unificado de observación, procurar un cierto grado de uniformidad con respecto a los parámetros de los instrumentos de medición. Deben utilizarse instrumentos con exactitud y características operacionales análogas con enfoques uniformes en lo referente al mantenimiento y calibración.

Los programas de observaciones deben ser los mismos en todo el globo terrestre, razón por la cual existe la OMM, organismo encargado de normar y reglamentar las actividades meteorológicas. Fundamentalmente las estaciones meteorológicas automáticas nos dan datos de temperatura y precipitación. Aparte de esto, informan sobre el viento, las horas de sol, como granizo, escarcha, rocío, tormenta, nieve, niebla engelante, galerna, etc. De nubosidad, visibilidad y meteoritos, sólo pueden dar datos las estaciones manuales, es decir, las que disponen de personas presentes.

Los aparatos de medida están sometidos a sus propias averías, por el viento o las tormentas. Las estaciones automatizadas se averían mucho más que las manuales, siendo las descargas eléctricas la principal causa de avería en las estaciones automáticas.

## 6. REQUISITOS DE DISEÑO

A continuación se describen una serie de requisitos que nuestra estación meteorológica automática (EMA) debe recoger para que funcione dentro del ámbito para el que ha sido diseñada. Estos requisitos son los siguientes:

- ❑ El sistema será capaz de tener cobertura en prácticamente la totalidad de la geografía nacional.
- ❑ Será capaz de almacenar los datos meteorológicos, por lo menos, de los últimos 3 meses, en una tarjeta de memoria externa haciendo uso del puerto USB de nuestro sistema.
- ❑ Sistema electrónico basado en lógica programable (Uso microcontrolador PIC).
- ❑ Almacenamiento del programa monitor mediante la memoria EEPROM del propio PIC.
- ❑ Sistema Autónomo: un panel solar será el encargado de almacenar la energía necesaria para que nuestro equipo funcione.



- ❑ Indicación visual mediante diodos LED del nivel de la batería para conocer el estado de esta (cargada, mediana, descargada).
- ❑ Conexión USB de alta velocidad para envío opcional de datos a PC externo a través de comunicación serie.
- ❑ Sistema de comunicación 1-wire, para los sensores que sea posible, que nos posibilitará el ahorro de patillas en referencia al PIC y nos evitará una excesiva complicación en el montaje, evitando tener que realizar el acondicionamiento de sensores y la calibración del convertor A/D del PIC.
- ❑ Todos los sensores tendrán que tener un amplio rango de medición de su característica propia, para la medición incluso de las condiciones más extremas.
- ❑ Bajo consumo del sistema.

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

- ❑ Caja de intemperie. Cada uno de los sensores y el registrador de datos de la estación se encuentran alojados en el interior de una caja de intemperie IP65.
- ❑ Sensores meteorológicos. La estación dispone de elementos de conexión perfectamente identificados que facilitan la instalación de los múltiples sensores con que va equipada. El anemómetro, el pluviómetro y el piranómetro son los únicos sensores exteriores de la central.
- ❑ Panel solar.
- ❑ Mástil.

## 7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

### 7.1 ALTERNATIVAS

A continuación procederemos a enumerar todos aquellos antecedentes necesarios para la comprensión de las alternativas estudiadas y al análisis de estas, y de la solución final adoptada tanto para la transmisión de datos desde la estación meteorológica a los diferentes usuarios del servicio como además, del microcontrolador, conexión externa al PC, sensores y del resto del equipo.



- **7.1.1 ENVÍO DE DATOS A LARGAS DISTANCIAS**
  - **7.1.1.1 RADIOFRECUENCIA**

El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o simplemente RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando a una antena, la corriente alterna originada en un generador.

El primer sistema práctico de comunicación mediante ondas de radio fue el diseñado por el italiano Guglielmo Marconi, quien en el año 1901 realizó la primera emisión trasatlántica radioeléctrica, mediante ondas electromagnéticas, dando lugar a lo que entonces se denominó ‘telegrafía sin hilos’.

**Transmisión en AM o FM:**

- **A.M. o ‘Amplitud Modulada’:**

Es un tipo de modulación que consiste en hacer variar la amplitud de una onda de alta frecuencia, denominada portadora, en función de una señal de baja frecuencia, denominada moduladora, la cual contiene la información que se va a transmitir.

Una gran ventaja de la señal AM es que su demodulación es muy simple y, por consiguiente, los receptores son sencillos y baratos, un ejemplo de esto es la radio a galena, que es un receptor de radio que emplea un cristal semiconductor para captar las señales de radio. Otras formas de AM como la modulación por ‘Banda lateral única’ o la ‘Doble banda lateral’ son más eficientes en ancho de banda o potencia pero en contrapartida los receptores y transmisores son más caros y difíciles de construir.

La también llamada ‘Onda Media’ es usada en las comunicaciones radiales entre los aviones y las torres de control de los aeropuertos. Esta señal, que es capaz de ser captada por la mayoría de los receptores de uso domésticos, abarca un rango de frecuencia desde 550 Hz a 1600 kHz.

- **F.M. o ‘Frecuencia Modulada’:**

La frecuencia modulada es una modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia. Es usada comúnmente en las radiofrecuencias de muy alta frecuencia por la alta fidelidad de la radiodifusión de la música y el habla. Es así como el paso de Modulación en Amplitud (AM), a la Modulación en Frecuencia (FM), establece un importante avance no solo en el mejoramiento que presenta la relación señal-ruido, sino también en la mayor resistencia al efecto del desvanecimiento y a la interferencia, tan comunes en A.M.



### ▪ 7.1.1.2 COMUNICACIÓN GSM

Un teléfono GSM es un teléfono celular que cuenta con tecnología en base a un sistema global de comunicaciones móviles. El término GSM corresponde a las siglas en inglés para ‘*Global System for Mobile Communications*’. Este sistema está tomando cada vez mayor importancia a lo largo del mundo, ya que es el más avanzado hasta el momento. Desarrollado en Europa, este sistema ha sido adoptado por cerca de 300 países, otorgándole nuevas posibilidades de comunicación a alrededor de 900 millones de usuarios. Se considera que es un sistema de segunda generación, ya que tanto la señal como el audio transferidos son completamente digitales.

Contar con un teléfono GSM permite disfrutar de una tecnología punta que, entre sus avances, cuenta con una cobertura de *roaming* internacional muy amplia, es decir, con una capacidad de hacer y recibir llamadas en redes móviles fuera del área de servicio local de su compañía, por tanto, dentro de la zona de servicio de otra empresa del mismo país.

Por otra parte, cuenta con un chip inteligente que permite conservar toda la información personal como los mensajes de texto, datos personales y de agenda. Esta tarjeta se denomina SIM Card, siendo SIM las siglas en inglés para ‘*Subscriber Identity Module*’. Gracias a esta prestación singular e innovadora es posible cambiar el teléfono sin la molestia de tener que configurar el nuevo dispositivo ni de perder la información del teléfono móvil ni el número, además de la pérdida de servicios de suscripción personalizados tales como mensajería.

Con esta tecnología también se puede acceder de forma fácil a Internet con solo añadir una tarjeta módem, pudiendo tener Internet de alta velocidad, gracias a la Banda Ancha, lo cual representa un filón debido a la cantidad de aplicaciones que están surgiendo en los últimos años para estos móviles de última generación.

#### ¿Cuáles son las principales ventajas de GSM?

GSM es la tecnología inalámbrica más ampliamente disponible en el mundo. Se encuentra disponible en más de 210 países y territorios del mundo. Como resultado de ello, los clientes GSM tienen acceso constante a servicios de voz de alta calidad y servicios optimizados, por ejemplo, mensajería de texto.

Al contar con más de mil millones de clientes en todo el mundo, o más del 75% de los clientes inalámbricos del mundo, GSM es una opción de presente y futuro. Sólo en América, la cantidad de clientes de GSM ha venido aumentando todos los años. Un mercado de esta envergadura requiere grandes volúmenes de terminales, lo que se traduce en una amplia selección de dispositivos con diversas funciones y precios competitivos.



Los datos constituyen una aplicación inalámbrica cada vez más popular, aunque los servicios de voz siguen siendo el principal motivo por el cual la gente utiliza tecnología inalámbrica. La tecnología GSM representa una buena cantidad de servicios innovadores, siendo una tecnología pionera para muchos de los servicios más populares del mundo, un claro ejemplo es el Servicio de Mensajes Cortos (SMS). Además, la flexibilidad de la tarjeta SIM y el bajo costo de los dispositivos móviles hacen que las redes de datos basadas en GSM resulten atractivas para otros proveedores que ofrecen dichos servicios, como el de telemetría.

### ▪ 7.1.1.3 COMUNICACIÓN GPRS

El sistema de comunicación GPRS o *'General Packet Radio Service'* o servicio general de paquetes vía radio es una extensión del ya comentado GSM o Sistema Global para Comunicaciones Móviles, para la transmisión de datos por paquetes. Permitiendo velocidades de transferencia, relativamente elevadas, de 56 a 144 kbps. El sistema GPRS se orienta así al tráfico de datos.

La transferencia de datos de GPRS se cobra por volumen de información transmitida (en kilo o megabytes), mientras que la comunicación de datos a través de conmutación de circuitos tradicionales se factura por minuto de tiempo de conexión, independientemente de si el usuario utiliza toda la capacidad del canal o está en un estado de inactividad. El GPRS se puede utilizar para servicios tales como servicios WAP, que incluyen servicio de acceso a páginas de Internet en formato WAP, servicios de acceso a información, noticias y chat. Servicio de mensajes cortos (SMS), servicio de mensajería multimedia (MMS) y servicios de comunicación, como el correo electrónico y la World Wide Web.

### • 7.1.2 ELECCIÓN MICROPROCESADOR O MICROCONTROLADOR

Lo primero que se hará será hacer un análisis de las diferencias existentes entre un microprocesador y un microcontrolador.

- ❑ La configuración mínima básica de un microprocesador suele estar constituida por el microprocesador, una memoria RAM, una memoria ROM y un decodificador de direcciones. Pero un microcontrolador incluye todo estos elementos en un solo circuito integrado.
- ❑ Existen unos microcontroladores mas avanzados que otros por los componentes que estos incluyen. Podemos mencionar algunas características especiales que poseen los microcontroladores actuales, como: modulación por ancho de pulso, comunicación serial síncrona, comunicación serial asíncrona, temporizadores, contadores, etc. Características con las que los microprocesadores no suelen contar.



Después de este análisis podemos pasar a hacer un listado de las ventajas del uso del microcontrolador frente al microprocesador, en varios aspectos:

- Se simplifica la circuitería del circuito impreso con el uso del microcontrolador.
- El costo para un sistema basado en microcontrolador es mucho menor.
- El tiempo de desarrollo del sistema disminuye considerablemente, al tener que interconectar menor cantidad de elementos.

Ahora pasamos a hacer un análisis más exhaustivo de los bloques internos de un microprocesador y un microcontrolador.

o Microprocesador:

Un microprocesador es el componente electrónico que realiza en una única pastilla el procesador (CPU) de una máquina programable de tratamiento de la información. Dicho esto, el microprocesador es un componente electrónico complejo que incorpora las funciones típicas de un computador.

La clave del éxito de los microprocesadores como componente electrónico en que modificando el programa almacenado en memoria pueden adaptarse a numerosas y diferentes aplicaciones (control de una lavadora, un teléfono móvil...) en tareas de control, debido a su creciente potencia de cálculo y variedad de funciones integradas, sustituyendo a la tecnología convencional. Los microprocesadores modernos funcionan con una anchura de bus de 64 bits, esto significa que pueden transmitirse simultáneamente 64 bits de datos.

Entre los microprocesadores existentes podemos destacar el 68HC11 de la casa Motorola:

### **68HC11**

El microprocesador 68HC11, introducido en el año 1985, deriva del microprocesador Motorola 6800. Siguen la Arquitectura de von Neumann, en la que la memoria de programa, de datos y de entrada/salida se direcciona en un único mapa de memoria. Las siglas HC en la denominación de los miembros de esta familia de microcomputadores hace mención al proceso HCMOS (High CMOS) empleado en su integración, lo que conlleva reducido consumo, alta inmunidad al ruido y elevada velocidad de operación. Además, en los diseños cuyo requisito fundamental es el bajo consumo puede reducirse su frecuencia todo lo que sea preciso.

Emplean instrucciones de longitud variable, con el añadido de un registro Y. Tienen dos acumuladores de ocho bits (A y B), dos registros índice de 16 bits (X e Y), un registro de banderas, un puntero de pila y un contador de programa.

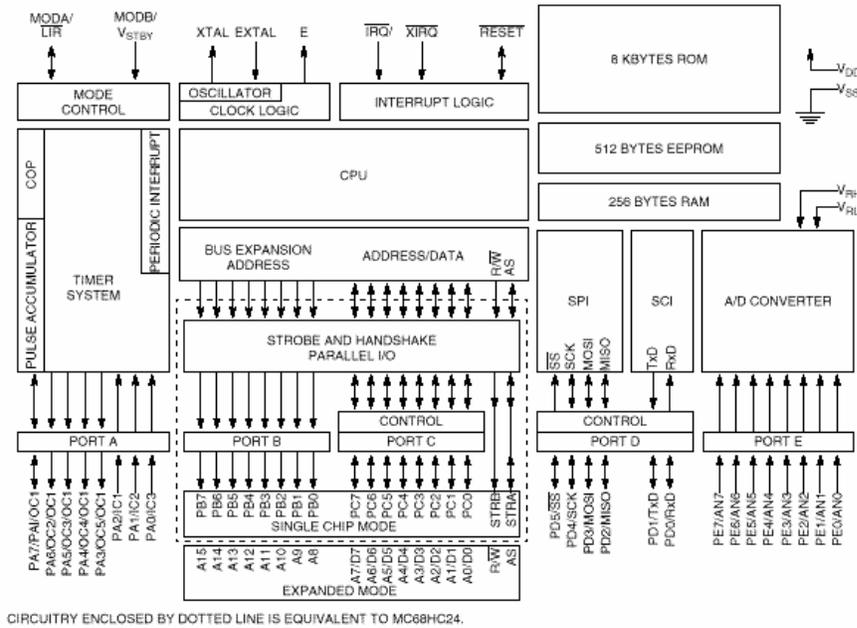


Tienen cinco puertos externos (A, B, C, D y E). Empleándose el puerto D para E/S serie y el puerto E como conversor analógico-digital. Además, puede funcionar tanto con memoria interna o externa. En caso de emplear memoria externa, los puertos B y C funcionan como bus de datos y direcciones respectivamente.

Los bloques internos presentes del 68HC11 son los siguientes:

- **CPU (núcleo microprocesador):** arquitectura basada en el 6800.
- **ROM:** en algunas versiones este bloque es sustituido por memoria EPROM.
- **RAM:** se emplea para alojar la pila del sistema y datos variables.
- **EEPROM:** puede emplearse como memoria de programa, para guardar datos de calibración que puedan ser actualizados con periodicidad, datos a mantener en caso de pérdida de alimentación, etc.
- **Oscilador interno:** el chip necesita únicamente un cristal (o un resonador cerámico, más barato), y dos condensadores externos.
- **SCI (Serial Communications Interface):** bloque de comunicación serie asíncrona, de tipo UART. Pensado para comunicaciones con dispositivos remotos, como un ordenador PC.
- **SPI (Serial Peripheral Interface):** canal de comunicaciones serie síncrono. Pensado para comunicación serie de alta velocidad.
- **Puertos de salida.**
- **Puertos programables de entrada/salida.**
- **Sistema de temporización programable:** permite la medida de intervalos temporales y frecuencias.
- **Acumulador de pulsos:** empleado en el contaje de eventos externos.
- **RTI (Real Time Clock):** reloj en el tiempo real que permite ejecutar interrupciones periódicas, cada cierto tiempo.
- **Sistema de conversión A/D:** incluye un conversor A/D de 8 bits (por aproximaciones sucesivas), conectado a 8 líneas analógicas de entrada por medio de un multiplexor analógico.

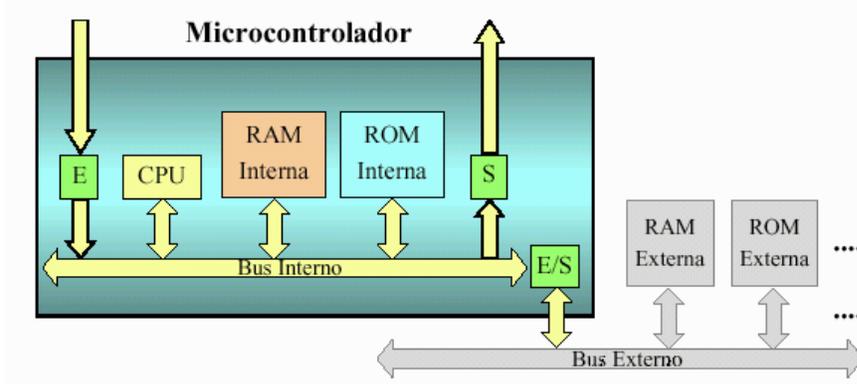
Los bloques internos del 68HC11 antes enumerados y explicados se encuentran en la siguiente fotografía:



Esquema de los bloques internos de un 68HC11.

- o Microcontrolador:

Los viejos PICs con memoria PROM o EPROM se están renovando gradualmente por chips con memoria Flash. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada. Sus puertos de entrada/salida soportan el conexionado de sensores y actuadores del dispositivo a controlar. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gestionar la tarea asignada.



Estructura típica de un microcontrolador.

Se pueden considerar tres grandes gamas de PIC en la actualidad: los básicos, los de medio rango y los de alto desempeño. Los de alto desempeño, que son los más modernos, tienen entre sus miembros a PICs con módulos de comunicación y protocolos avanzados (USB, Ethernet o Zigbee, por ejemplo).



Según el tipo empleado pueden diferenciarse en la capacidad y tipo de memoria, en el número de entradas/salidas, cantidad de temporizadores, de convertidores A/D y D/A, de rango de temperatura de trabajo o de puertos opcionales para la conexión de periféricos.

Como el microprocesador puede no ser capaz por sí solo de albergar la gran cantidad de memoria necesaria para almacenar instrucciones y datos de programa, para proporcionar la memoria necesaria se emplean otros circuitos integrados llamados chips de memoria de acceso aleatorio (RAM).

### • 7.1.3 CONEXIÓN EXTERNA AL PC

La estación meteorológica almacenará todos los datos que provengan de los sensores, en la memoria EEPROM del sistema. Como la capacidad de esta memoria no es excesiva, si el gestor del equipo desea proceder al volcado de estos datos en un ordenador también lo podrá hacer, así podremos volver a utilizar la capacidad de la memoria del equipo al completo. Para ello se necesitará un puerto que comunique nuestro sistema con dicho ordenador. Así se podrá proceder al procesamiento de esos datos para el cálculo de estadísticas o para la elaboración de tablas u otros estudios meteorológicos.

Los diferentes sistemas de comunicación más habituales para la transmisión de datos entre un equipo central y un periférico, son:

- **RS-232**
- **USB (de baja, alta o super alta velocidad)**
- **Firewire**
- **Serial ATA**

Antes la comunicación serie (RS-232) y paralelo eran las interfaces más usadas a la hora de comunicar un ordenador con un periférico, pero en la actualidad han surgido otros sistemas de transmisión de datos más rápidos como el USB, que han copado el mercado.

### • 7.1.4 SENSORES

Los sensores entre los que podemos elegir son de dos tipos: analógicos o digitales. Los analógicos varían de forma continua. Los digitales, en contraste con los analógicos, no varían en forma continua, sino que cambian en pasos o en incrementos discretos. El uso de los analógicos implica una posterior acomodación de las tensiones que estos generan a las de nuestro sistema, mientras que los digitales sólo se tienen que conectar directamente a cualquiera de las patillas de un puerto cualquiera de nuestro micro.



---

## 7.2 JUSTIFICACIÓN A LA SOLUCIÓN ELEGIDA

Para justificar las soluciones escogidas, tendremos en cuenta estos criterios:

- Desde el punto de vista económico, se ha elegido la opción que mejor relación precio/ prestaciones presenta.
- Se ha tenido en cuenta la elección de un diseño lo más sencillo posible y además que consuma lo menos posible.
- Los diferentes sensores con lo que cuenta la estación meteorológica , se encuentran a la intemperie, como no podía ser de otra manera, por lo que se ven afectados por los distintos agentes meteorológicos (lluvia, viento, heladas, etc.). Se ha procurado pues, que los equipos para la adquisición de datos sean robustos, con el fin de soportar todas las adversidades previstas.

A partir de aquí, vamos a justificar la elección de cada uno de los sistemas independientes de nuestra estación meteorológica.

### • 7.2.1 ENVÍO DE DATOS A LARGAS DISTANCIAS

Para la realización de este proyecto entre las distintas alternativas que había se eligió finalmente la utilización del sistema GSM de transmisión de datos, mediante la tecnología de telemetría Signalix. Se buscaba un sistema que pudiera realizar el envío de datos a través de grandes distancias y además sin que supusiera un gran desembolso económico, cualidades que se ajustan perfectamente a dicho sistema.

El sistema GSM dispone de millones de clientes en todo el mundo, con lo que prácticamente la totalidad del territorio nacional quedaría cubierta, incluso si nuestro proyecto se implantase en el extranjero, seguiría siendo igual de solvente.

Nos permite, por otro lado, la comunicación central-usuario a través de un simple mensaje de texto, cuyo coste es bajo y además es un sistema de comunicación instantáneo. También la existencia de una tarjeta SIM es un punto a favor pues hace que sea sencillo para el usuario cambiar de operador GSM.



Un sistema con esta tipología puede interactuar con el usuario de varias formas:

- Teléfonos móviles. Enviar/recibir mensajes cortos de texto (SMS) con información del proceso a/de teléfonos móviles preestablecidos. Existen dos posibilidades:
  - Activados por evento: el módulo MT envía un SMS al destinatario para avisarle de algún suceso preprogramado.
  - Respuestas a consultas realizadas desde el móvil del usuario
- Ordenador central. Desde la aplicación central con los datos de todos los procesos, bases de datos, sinópticos (SCADA), etc. y con una conexión a nuestro subsistema GPRS, podemos visualizar el valor de cualquier variable remota, así como el estado actual de cualquier proceso.

Por otro lado, la seguridad respecto a las intrusiones externas de nuestro sistema es un tema muy importante y totalmente asegurado gracias a este sistema:

- La seguridad ofrecida por GPRS es muy similar a la ofrecida por GSM:
  - Confidencialidad de la identidad del usuario.
  - Autenticación del usuario.
  - Confidencialidad de los datos del usuario. Además, al basarse GPRS en un sistema IP, todos los recursos conocidos para Internet son aplicables (cortafuegos, *routers*, etc.). En el caso de que nuestra aplicación central se configure como conexión punto-a-punto deberemos utilizar conexiones seguras del tipo IP2SEC o similares.
- SMS: Como se comentó en el apartado anterior, únicamente los números telefónicos residentes en la lista de seguridad de cada módulo tienen permiso de acceso. Cualquier SMS que provenga de un número ajeno a dicha lista será ignorado automáticamente. Así pues, los clientes que lo deseen se tendrán que dar de alta en el servicio previamente

Por otro lado, el uso de la RF es una alternativa muy interesante en diversas aplicaciones pero no era un método válido para el envío de datos a largas distancias, ya que no solventaba nuestro deseo de querer transmitir a varias decenas de kilómetros, pues este sistema tiene como límite tan solo unos pares de kilómetros, del todo insuficiente para nuestro cometido, si además se requería hacer un sistema sencillo y económico, como es el que nos interesa. Ya que si queremos transmitir a más distancia por RF tendremos que acudir a sistemas profesionales que conllevan un coste mayor y normalmente un manejo más complejo.



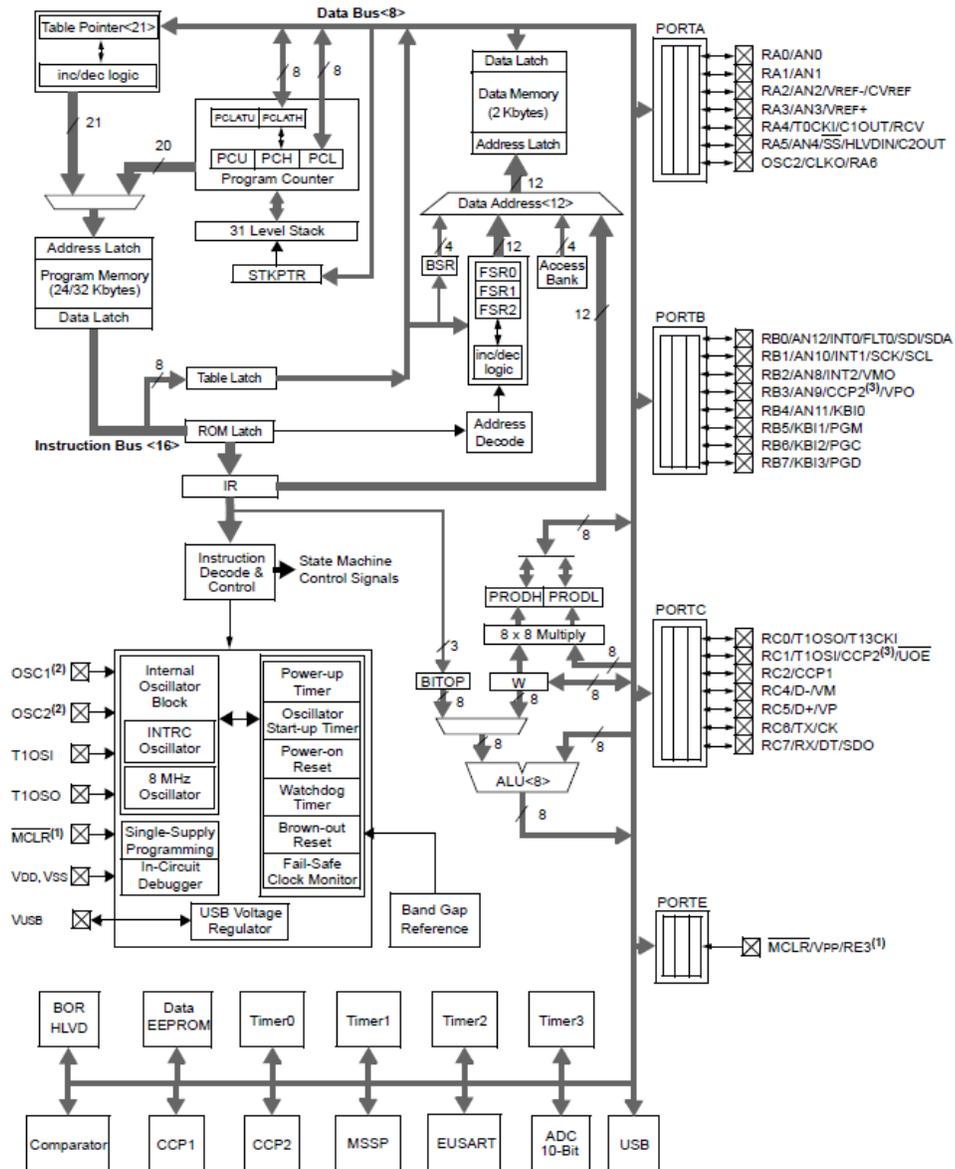
---

## • 7.2.2 MICROCONTROLADOR

A la hora de escoger el microcontrolador a emplear en un diseño concreto hay que tener en cuenta multitud de factores: la documentación a la cual se tiene acceso que puede hacer decantarnos por un modelo u otro y las herramientas de desarrollo disponibles por un lado, así como el precio del mismo, los fabricantes que lo producen y, por supuesto, las características del microcontrolador por otro lado (tipo de memoria de programa, número de temporizadores, interrupciones, puertos etc.).

La serie elegida es la del PIC18 por poseer una arquitectura que manteniendo las excelente cualidades de sus predecesores (PIC16 y PIC17), minimiza sus limitaciones. Así mismo, hereda la mayoría de las características y las instrucciones de la serie 17, al tiempo que añade una serie de importantes nuevas características:

- Arquitectura RISC avanzada Harvard: 16-bit con 8-bit de datos.
- Juego de instrucciones enriquecido: 79 instrucciones.
- De 18 a 80 pines.
- Frecuencia máxima de reloj 40Mhz. Hasta 10 MIPS.
- Pila de 32 niveles.
- Múltiples fuentes de interrupción.
- Amplia gama de periféricos integrados.
- Alta compatibilidad con PIC16CXX Y PIC17CXX.
- Diseñado para optimizar el rendimiento del compilador “C”.
- Modo de direccionamiento indexado (PLUSW).
- Ampliación de los registros FSR a 12 bits, lo que les permite abordar de forma lineal todo el espacio de direcciones de datos.
- La adición de otro registro FSR (lo que eleva el número a 3), posibilitando el direccionamiento de la memoria de datos de forma indirecta y sin bancos.



Esquema de los bloques internos de un PIC18F2455.

La elección de los microcontroladores de la casa Microchip frente a otros, se debe a características como su reducido precio, reducido consumo, alta velocidad, pequeño tamaño, micros fácilmente programable y fáciles de usar, así como la abundancia de información y de herramientas económicas de soporte de las que dispone.



En particular se ha escogido el PIC18F2455, por sus características técnicas ideales para nuestros propósitos y por su simplicidad.

#### Características del PIC18F2455:

- **Memoria de programa tipo Flash: 24Kb**
- **Memoria RAM: 2048 bytes**
- **Memoria EEPROM: 256 bytes**
- **Convertor A/D de 10 bits, 10 canales**
- **2 periféricos CCP (Capture/Compare/PWM)**
- **Puertos Serie Síncrono Master (MMSP): SPI, I2C**
- **Módulo EUSART (*The Enhanced Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*)**
- **2 comparadores**
- **4 Temporizadores: 1 x 8-bit, 3 x 16-bit**
- **CPU Speed: 12 MIPS**
- **USB 2.0 Full Speed**
- **Rango de temperatura -40°C a 85°C**
- **Rango operativo de voltaje: de 2 a 5,5V**
- **28 Pines PDIP o SOIC**

#### Patillas principales del PIC18F2455:

- **VDD: alimentación**
- **VSS: masa**
- **OSC1/CLKI: cristal oscilador o entrada del reloj externo**
- **OSC2/CLKO/RA6: cristal oscilador o salida del reloj**
- **/MCLR/VPP/RE3: tensión de programación o reset**
- **RA0-RA6: líneas de E/S del puerto A**
  - RA2/AN2/VREF-/CVREF: entrada (low) de voltaje de referencia para el convertor A/D.
  - RA3/AN3/VREF+: entrada (high) de voltaje de referencia para el convertor A/D.
  - RA4/T0CKI/C1OUT/RCV: salida comparador 1.
  - RA5/AN4/SS/HLVDIN/C2OUT: salida del comparador 2.
- **RB0-RB7: líneas de E/S del puerto B**
- **RC0-RC7: líneas de E/S del puerto C**
  - RC6/TX/CK: EUSART asynchronous transmit. EUSART synchronous clock.
  - RC7/RX/DT/SDO: EUSART asynchronous receive. EUSART synchronous data.
- **Vusb: suministro interno de voltaje (3,3V) para el USB**

**Nota:** más información de todas las patillas en el datasheet (pág 12-16).

Debido a que el almacenamiento interno consiste en una memoria EEPROM de 256 bytes y que nuestros datos se almacenan de forma periódica cuando se produce cambios significativos en las variables climatológicas, se cree que esta capacidad de almacenamiento será suficiente para almacenar datos de 24 a 36 meses, lo que le proporciona una gran autonomía. Además, cuando se desee estos datos podrán ser volcados a una memoria externa y así volver a disponer de toda la capacidad de toda la memoria EEPROM para seguir guardando datos.



### • 7.2.3 CONEXIÓN EXTERNA AL PC

Se ha escogido para la transmisión de datos el sistema USB (*Universal Serial Bus*), puerto que sirve para conectar diferentes tipos de periféricos a un ordenador. En los últimos años el USB se ha convertido en el método estándar de conexión para diversos dispositivos multimedia. Por esto, se ha elegido un PIC con USB 2.0 'Full Speed' o 'Alta Velocidad' cuya tasa de transferencia es de hasta 60 MB/s, pero por lo general es de hasta 16MB/s. Disponiendo de cuatro líneas, un par para datos, una de corriente y una de toma de tierra.

En la actualidad es el modo de conexión a un periférico más utilizado, habiéndole ganado la partida por completo a otros puertos de transmisión como el RS-232. Además sigue siendo una tecnología en constante desarrollo pues se ha desarrollado el USB 3.0 que multiplica la velocidad de transferencia por diez del 2.0, aunque su uso todavía no es generalizado.

Además, el USB implementa conexiones a dispositivos de almacenamiento usando un grupo de estándares llamado '*USB mass storage device class*'. Éste se diseñó inicialmente para memorias ópticas y magnéticas, pero ahora sirve también para soportar una amplia variedad de dispositivos, particularmente memorias USB.

Algunos de las ventajas de hacer uso del USB son las siguientes:

- Se puede enchufar en caliente, es decir con el ordenador encendido.
- El periférico puede alimentarse a través de este puerto, por lo que si no gasta mucho, no necesita fuente de alimentación.
- Se necesitan menos componentes, por lo que los periféricos deben ser más baratos.
- Permite enchufar un amplio catálogo de periféricos al puerto y un gran número de los mismos al mismo sistema.

Para la protección del USB contra sobretensiones se limitará la tensión diferencial entre las diferentes patillas del USB a través de diodos Transil. Estos diodos limitarán las posibles sobretensiones apreciables a valores inocuos para nuestro equipo.

Los Transils son diodos especialmente diseñados para disipar picos de potencia máxima operando en modo avalancha. En conducción directa tienen las propiedades típicas de los buenos diodos convencionales (con la posibilidad de responder bien a repentinos aumentos de corriente) y, a su vez, pueden actuar como rectificadores.



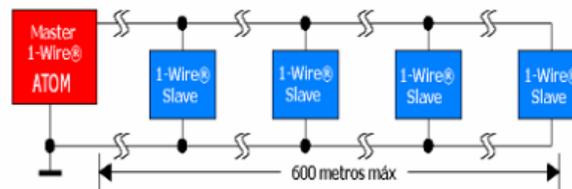
### • 7.2.4 SENSORES

El uso de sensores analógicos implica que se tiene que realizar una acomodación de tensiones para adecuar las que genera nuestro sensor a los niveles de nuestro sistema. Pero esta acomodación implica el uso de circuitos con amplificadores y resistencias, con lo cual, para asegurar la precisión del sistema, se tendrían que usar resistencias de precisión, a la vez que tendríamos que calibrar el sistema contra el autocalentamiento de los AO's para asegurar que no se perdiese precisión y calibrar el conversor A/D del PIC.

Pero aun haciendo todo esto no podríamos asegurar con total certeza que la medida leída por el sensor fuera la misma que llegase al microcontrolador y, por tanto, la que se almacenase en este. Así pues, se opta por el uso de sensores digitales siempre que sea posible. Además, estos serán tecnología 1-Wire, que nos permite la conexión de todos los sensores digitales en una sola línea de cualquier puerto del micro, lo que supone un importante ahorro de pines y una importante simplificación del sistema.

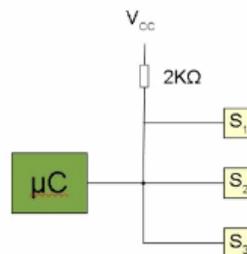
### • 7.2.5 TECNOLOGÍA 1-WIRE

Haciendo uso por otra parte del protocolo de comunicación 1-wire. Tecnología desarrollada por Dallas-Maxim Semiconductor, uno de los fabricantes de semiconductores más grande del mundo, la cual utiliza un sólo conductor más su conexión a tierra, para efectuar las comunicaciones y la transmisión de energía entre un dispositivo maestro y múltiples esclavos.



Conexión del maestro con los esclavos a través de un solo hilo.

Los esclavos poseen un único pin de datos de tipo 'open drain', es decir, con una etapa de salida a transistor con el colector abierto sin conexión, al que se conecta una resistencia de 'Pull Up' alimentada a +5V.



Conexión de los diferentes esclavos haciendo uso de la R de pull up.



Una de las características de la tecnología 1-Wire, es que cada dispositivo esclavo tiene una única e irrepetible identificación grabada en su memoria ROM al momento de su fabricación, lo cual, facilita las acciones típicas de búsqueda en una red y de direccionamiento y transferencia de información entre múltiples dispositivos.

El BUS 1-Wire, permite realizar una comunicación serial asincrónica entre un dispositivo maestro y uno o varios dispositivos esclavos, utilizando un único terminal de Entrada/Salida del microcontrolador. Algunas características de éste bus son:

- ❑ Utiliza niveles de alimentación CMOS/TTL con un rango de operación que abarca desde 2.8V hasta 6V.
- ❑ Tanto el maestro como los esclavos transmiten información de forma bidireccional, pero, sólo en una dirección a la vez.
- ❑ Toda la información es leída o escrita comenzando por el bit menos significativo (LSB).
- ❑ No se requiere del uso de una señal de reloj, ya que, cada dispositivo 1-Wire posee un oscilador interno que se sincroniza con el del maestro cada vez que en la línea de datos aparezca un flanco de bajada.
- ❑ La alimentación de los esclavos se puede hacer utilizando el voltaje propio del BUS. Para ello, cada circuito esclavo posee un rectificador de media onda y un condensador, durante los períodos en los cuales no se efectúa ninguna comunicación, la línea de datos se encuentra en estado alto debido a la resistencia de “Pull Up”; en esa condición, el diodo entra en conducción y carga al condensador. Cuando el voltaje de la red cae por debajo de la tensión del condensador, el diodo se polariza en inverso evitando que el condensador se descargue. La carga almacenada en el condensador alimentará al circuito esclavo.
- ❑ Las redes de dispositivos 1-Wire pueden tener fácilmente una longitud desde 200m y contener unos 100 dispositivos.
- ❑ Todas las tensiones mayores que 2,2 Voltios son consideradas un 1 lógico mientras que como un 0 lógico se interpreta cualquier voltaje menor o igual a 0,8 V.
- ❑ La transferencia de información es a 16.3Kbps en modo “*Standard*” y hasta a 142Kbps en modo “*Overdrive*”.

Podemos describir al protocolo 1-Wire como una secuencia de transacciones de información, la cual, se desarrolla según los siguientes pasos: inicialización, comandos y funciones de ROM, comandos y funciones de control y memoria, transferencia de bytes o datos.



### ▪ 7.2.5.1 COMPOSICIÓN DE LA RED

La red 1-Wire utiliza una topología maestro-esclavo. Según la nota de aplicación 1796 de la empresa Dallas-Maxim, esta red se compone de tres elementos principales:

- Un maestro de bus con un software de control.
- El cableado y los conectores asociados
- Y por último, los dispositivos 1-Wire.

Por otra parte, la red 1-Wire, brinda un estricto control sobre la comunicación debido a que ningún nodo de interconexión está autorizado a transmitir información a menos que se lo indique el dispositivo maestro, además, no está permitida la comunicación directa entre los esclavos.

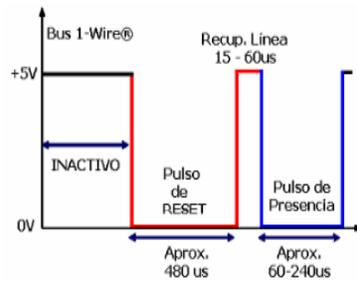
La implementación del maestro 1-Wire puede hacerse a través de diferentes medios, siendo los más utilizados un computador, un microcontrolador o un circuito integrado de aplicación específica. En cada caso, se requiere de determinados recursos hardware. Para la implementación basada en un computador, se necesita un adaptador de puerto de comunicaciones, que permitirá establecer la conexión física entre el puerto de computador y la red 1-Wire.

### ▪ 7.2.5.2 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

Se puede describir al protocolo de comunicaciones 1-Wire como una secuencia de transacciones de información, la cual, se desarrolla según los siguientes pasos: (1) Inicialización, (2) Comandos y funciones de ROM, (3) Comandos y funciones de control y memoria, (4) Transferencia de bytes o datos.

A continuación se describe cada secuencia:

- **Inicialización:** Todas las comunicaciones en el bus 1-Wire comienzan con una secuencia de un pulso de Reset y Presencia. El pulso de reset provee una forma limpia de iniciar las comunicaciones, ya que, con él se sincronizan todos los dispositivos esclavos presentes en el bus. Un Reset es un pulso que genera el maestro al colocar la línea de datos en estado lógico bajo durante unos 480 $\mu$ s. Una vez liberado, el bus retorna al nivel alto durante un tiempo de 15 $\mu$ s a 60 $\mu$ s, tras este tiempo los esclavos responden transmitiendo un pulso de presencia, poniendo en bajo la línea de 60 $\mu$ s a 240 $\mu$ s.



Representación gráfica de un pulso de reset y presencia.

- **Comandos y funciones de ROM:** Una vez que el dispositivo maestro recibe el pulso de presencia de los dispositivos esclavos, puede enviar un comando de ROM. Los comandos de ROM son comunes a los dispositivos 1-Wire y se relacionan con la búsqueda, lectura y utilización de la dirección de 64 bits que identifica a esclavos.

| Comando    | Dato | Descripción   |
|------------|------|---|
| Match ROM  | \$33 | Lee la identificación de 64 bits del dispositivo. Puede ser utilizado solamente cuando existe un sólo dispositivo esclavo presente en la red 1-Wire®.                   |
| Match ROM  | \$55 | Este comando, seguido de una identificación de 64 bits, permite seleccionar a un dispositivo esclavo en particular.   |
| Skip ROM   | \$CC | Direcciona a un dispositivo sin necesidad de conocer la identificación, puede ser utilizado solamente cuando existe un sólo esclavo conectado en la red 1-Wire®.        |
| Search ROM | \$F0 | Lee los 64 bits de identificación de los dispositivos esclavos conectados en la red. Se utiliza un proceso de eliminación para distinguir a cada dispositivo conectado. |

Funciones de ROM del bus 1-Wire.

- **Comandos y funciones de control y memoria:** Son funciones propias de cada dispositivo 1-Wire. Incluyen comandos para leer/escribir en localidades de memoria, controlar el inicio de la conversión de un ADC, iniciar la medición de una temperatura o manipular el estado de un bit de salida, entre otros. Cada dispositivo define un conjunto de comandos propios a su funcionalidad.
- **Transferencia de datos:** La lectura y escritura de datos en el bus 1-Wire se hace por medio de “Slots”, la generación de estos es responsabilidad del maestro. Cuando el maestro lee información del bus, debe forzar la línea de datos a estado bajo durante al menos 1  $\mu$ s y esperar unos 15  $\mu$ s para entonces leer el estado de la misma. El estado lógico de la línea en ese momento, estará determinado por el dispositivo esclavo.



### 7.2.5.3 COMPARATIVA DEL BUS 1-WIRE CON OTRAS TECNOLOGÍAS

En esta sección, se realiza una breve comparación entre los buses seriales que poseen características similares a las del 1-Wire a fin de resaltar, tanto las ventajas como las desventajas de utilizar esta tecnología, para ello, se presenta una matriz de comparación entre diferentes buses de comunicación serial.

| INDICADOR                                  | 1-Wire®  | LIN Bus  | Sensor Path   | I <sup>2</sup> C   |
|--|--|--|---|--|
| <b>Extensión de la red física</b>          | PCB o expandido hasta 200m   | 40 m   | Dentro de la PCB. Aprox. 1 Metro  | Dentro del PCB Aprox. 1 metro  |
| <b>Interfaz de hardware soportada</b>      | Controladores para PC por puerto paralelo, serial y/o USB.<br>Controlador para I2C<br>Terminales de I/O de uso general en microcontroladores | Terminales de I/O de uso general en microcontroladores           | Circuitos integrado tecnología Super I/O.<br>Terminales de I/O de uso general en microcontroladores | Terminales de I/O de uso general en microcontroladores<br>Por hardware especializado en algunos microcontroladores |
| <b>Soporte de software para desarrollo</b> | SDKs gratuitos para varias plataformas incluyendo microcontroladores   | Gratuito para microcontroladores Freescale                       | No disponible   | Gratuito para microcontroladores   |
| <b>Fuente de alimentación</b>              | Por la línea de datos (comúnmente) y con fuente local (otros dispositivos)   | Por la línea de datos  | Fuente local (V <sub>cc</sub> )   | Fuente local (V <sub>cc</sub> )  |
| <b>Velocidad de comunicación máxima</b>    | Estándar 15 kbps<br>Alta velocidad 125 Kbps ( <i>Overdrive</i> )   | Hasta 20 kbps  | Dependiente de los datos 20 kbps  | Estándar 100 kbps<br>Rápida 400 kbps<br>Alta Velocidad 3.4 Mbps  |
| <b>Reconocimiento de dispositivos</b>      | Función de búsqueda de seriales mediante el comando de ted "Search ROM"  | No aplica, direccionamiento por mensaje                          | No soportado  | Direcciones de esclavos en el firmware   |
| <b>Tipos de dispositivos</b>               | Gran variedad incluyendo instrumentación, memorias, etc.   | Limitadas funciones utilizadas en aplicaciones de automoción     | Limitado a sensores de temperatura y convertidores ADCs   | Amplia gama de productos incluyendo memorias, reloj de tiempo real, convertidores ADC                              |
| <b>Detección de errores</b>                | Soportada mediante algoritmo CRC de 8 y 16 bits  | Soportada mediante "Check - Sum"                                 | Verificación de 1 bit de paridad  | No soportada   |
| <b>Formato de direccionamiento</b>         | 56 bits con serial único de 48 bits, identificador de familia de 8 bit y código CRC  | Identificador de mensajes de 8 bits incluyendo 2 bits de paridad | Dirección de 9 bits, 3 para identificación del esclavo y 6 para la operación a realizar             | Dirección de 7 bits, un bit adicional para tipo de operación   |

*Tabla comparativa del bus 1-Wire con otros buses de comunicación serial.*



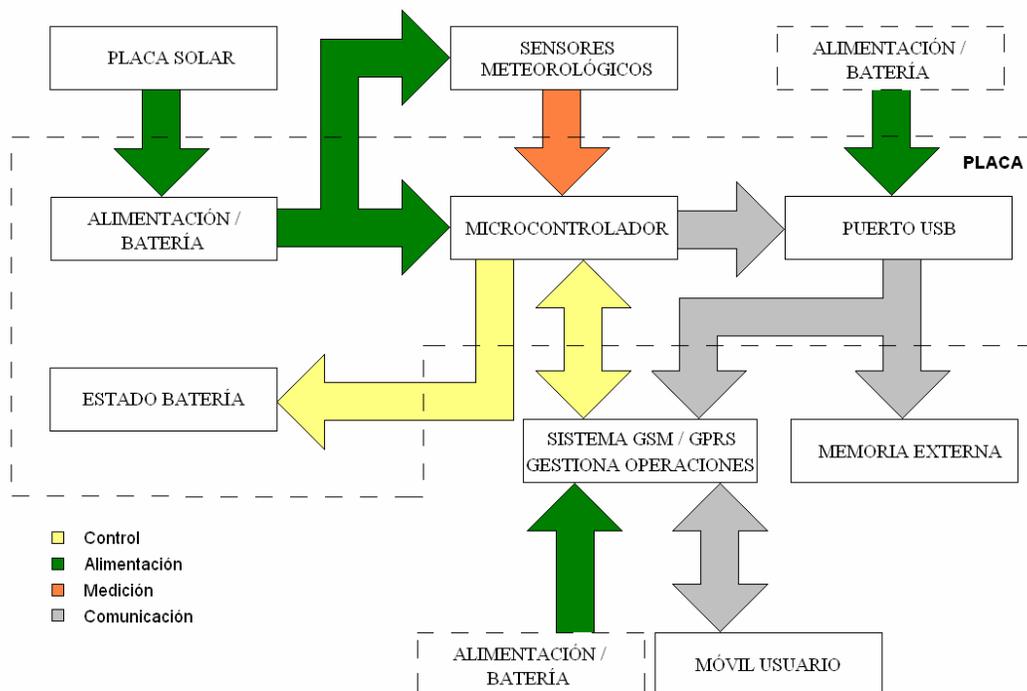
En la tabla comparativa se observa que:

- ❑ El bus SensorPath a diferencia de los demás está limitado físicamente a la tarjeta de circuito impreso PCB que lo contiene.
- ❑ Bajo ciertas condiciones y utilizando un apropiado hardware y software controlador de red, el alcance del bus 1-Wire puede ser expandido significativamente.
- ❑ Los buses 1-Wire y LIN Bus permiten la alimentación de los esclavos por la propia línea de datos mediante un método llamado “alimentación parásita”, esto evita la necesidad de instalar fuentes de alimentación locales en cada dispositivo conectado al bus.
- ❑ La característica de reconocimiento de la red 1-Wire permite al maestro identificar los números, tipos y direcciones de los dispositivos esclavos en la red, permitiendo una re-configuración dinámica de la misma.
- ❑ Dentro del grupo simple de los buses de bajo costo, los buses 1-Wire e I<sup>2</sup>C poseen una mayor cantidad de dispositivos comparados con el LIN Bus y el SensorPath.
- ❑ 1-Wire ofrece soporte tanto para desarrollar aplicaciones embebidas basadas en microcontroladores como para aplicaciones basadas en el uso del computador.
- ❑ El bus I<sup>2</sup>C requiere de una línea adicional de reloj y una fuente de poder externa, lo que le resta versatilidad.
- ❑ El mecanismo de direccionamiento e identificación única de 64 bits de los dispositivos 1-Wire supera ampliamente a los utilizados en los otros buses analizados. El identificador de carácter físico se encuentra dentro del circuito integrado y mediante el código de familia se puede determinar el tipo de dispositivo presente, por consiguiente, el tipo de servicio que provee. La dirección del dispositivo posibilita la unicidad en el direccionamiento y por tanto la ubicación del mismo en la red. Adicionalmente se incluye el código CRC, utilizado para la verificación de errores en la comunicación digital.
- ❑ La principal desventaja del 1-Wire como red de comunicación es que presenta una velocidad inferior a otros buses de comunicación, por ejemplo, al I<sup>2</sup>C. Sin embargo, aventaja a éste en cuanto a costos de implementación, flexibilidad, seguridad y alcance físico.

## 8. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA A NIVEL DE BLOQUES

A continuación se muestra el diagrama de bloques donde se enumeran los elementos que componen el sistema de la estación meteorológica. Sigue el esquema típico de un sistema de adquisición y distribución de señales basado en un microcontrolador.

Consta de cuatro partes claramente diferenciadas, dependiendo de la función que realizan en el sistema: sistema de control, de alimentación, de medición y de comunicaciones.



*Diagrama de bloques de nuestro sistema.*

Breve descripción de los diferentes bloques:

### **Sistema de control.**

**Microcontrolador:** Nuestro PIC18F2455 constituye el centro de procesamiento de los datos enviados por los sensores, siendo el encargado de proceder al guardado de datos en la memoria externa o de la transmisión de estos a un PC y de la gestión de los mensajes SMS, añadiendo el guardado y envío de los mismos.



## Sistema de alimentación.

**Fuente de alimentación:** Partiendo del panel solar que nos suministrará 16V queremos obtener los 5V necesarios para acondicionar la señal al nivel de tensión al que se alimentan los componentes electrónicos de nuestro sistema. Para ello se realizará el diseño de una fuente de alimentación con regulador de tensión más batería.

**Batería:** La batería es el elemento de almacenamiento de energía necesario para alimentar el sistema cuando las condiciones de iluminación no sean las idóneas, incapacitando la extracción de energía del panel solar. En estos casos la batería deberá tener una durabilidad aceptable para que aguante un periodo de varios días, hasta que se vuelvan a dar las condiciones climatológicas necesarias para restablecer el fluido eléctrico. Si la placa solar es capaz de suministrar esa energía, entonces parte de ella será inyectada a la batería, cargándola así

**Placa solar:** Es el elemento utilizado para captar energía del ambiente proporcionando al sistema autonomía en su alimentación. Será elegida en función de las necesidades de consumo del circuito y teniendo en cuenta la ubicación de la estación meteorológica, ya que es importante para el cálculo de su dimensionado.

Una vez seleccionada la batería, se ha de establecer cual es el tamaño de la placa solar. Para ello, se ha de tener en cuenta una serie de datos respecto a la ubicación del sistema. Se buscan los datos de mejor orientación de la placa solar para la obtención de mayor potencia por parte del panel.

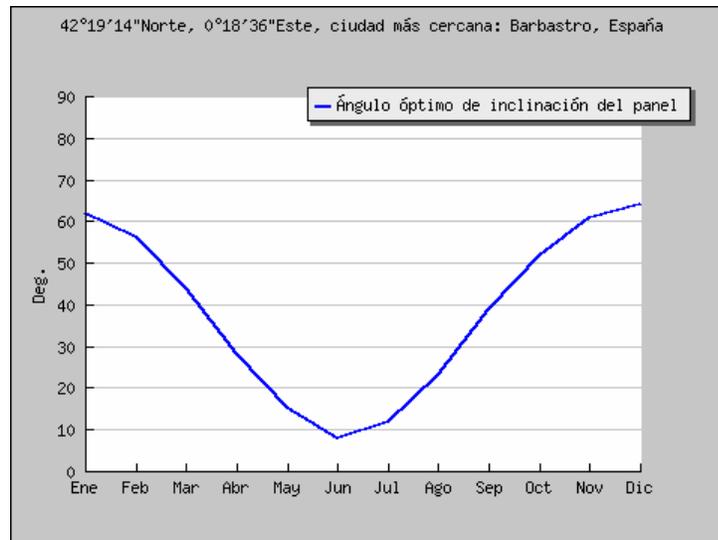
Para obtener estos datos basta con entrar en la página web oficial del PVGIS (sistema de información geográfica sobre energía fotovoltaica), en la sección '*monthly averages of solar irradiation*' dentro de 'mapas interactivos' y situar el emplazamiento de nuestra estación. El sitio web nos devolverá la inclinación óptima del panel en cada mes del año, que nos servirá para saber el valor medio que será el que utilizaremos.

Por ejemplo, si nosotros queremos situar nuestra estación en algún municipio del pirineo Aragonés. Tendremos:

- ❑ Elevación de nuestro emplazamiento: 953 metros sobre nivel del mar
- ❑ Ciudad más cercana : Barbastro, Aragón (a 35 km )
- ❑ Ángulo óptimo de inclinación: 35 grados
- ❑ Déficit anual de radiación debido al efecto sombra: 0,7%



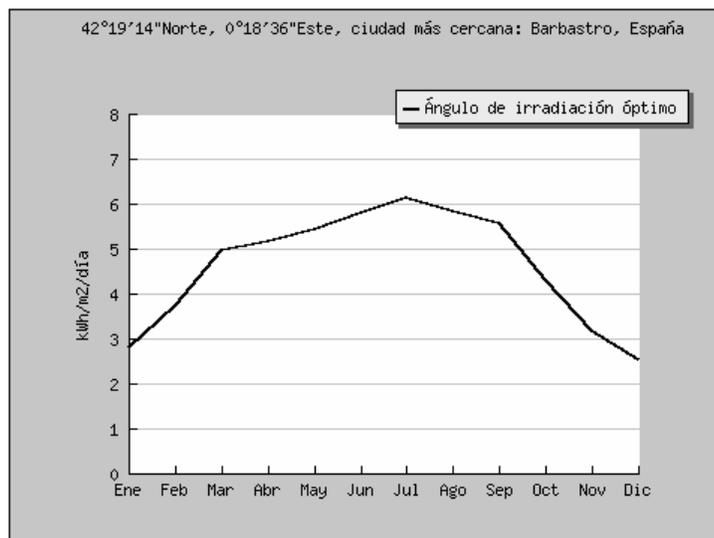
| Mes        | Inclinación óptima (grado) |
|------------|----------------------------|
| Ene        | 62                         |
| Feb        | 56                         |
| Mar        | 44                         |
| Abr        | 28                         |
| May        | 15                         |
| Jun        | 8                          |
| Jul        | 12                         |
| Ago        | 23                         |
| Sep        | 39                         |
| Oct        | 52                         |
| Nov        | 61                         |
| Dic        | 64                         |
| <b>Año</b> | <b>35</b>                  |



*Ángulo óptimo de inclinación de la placa solar en relación a los meses del año.*

Un vez hecho esto, se procederá a partir de la inclinación optima a averiguar la energía de radiación en cualquiera de los meses del año. Con estos datos podremos calcular la potencia media anual obtenida.

| Mes        | Irradiación diaria con inclinación (Wh/m <sup>2</sup> ) |
|------------|---|
|            | Ángulo óptimo   |
| Ene        | 2814  |
| Feb        | 3738  |
| Mar        | 4973  |
| Abr        | 5182  |
| May        | 5438  |
| Jun        | 5811  |
| Jul        | 6124  |
| Ago        | 5825  |
| Sep        | 5567  |
| Oct        | 4296  |
| Nov        | 3155  |
| Dic        | 2540  |
| <b>Año</b> | <b>4626</b>   |



*Irradiación solar con ángulo óptimo de inclinación de la placa en relación a los meses del año.*



Ahora es necesario introducir un concepto muy importante, las horas de pico HPS (h), definido como las horas de luz solar por día equivalentes, pero definidas en base a una irradiación  $I$  ( $\text{kW}/\text{m}^2$ ) constante de  $1 \text{ kW}/\text{m}^2$  a la cual está siempre medida la potencia de los paneles solares.

La irradiación es igual al producto de la irradiancia de referencia  $I$  por las horas de pico solar HPS. Luego entonces los valores numéricos de la irradiación y horas de pico solar son iguales.

$$\text{Irradiación solar anual } (\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2) = \text{Irradiancia } I (\text{kW}/\text{m}^2) \cdot \text{HPS (h)}$$

$$\text{Por tanto: } 4626 \frac{\text{W}\cdot\text{h}}{\text{m}^2} = 4,626 \frac{\text{kW}\cdot\text{h}}{\text{m}^2} = 4,626 \text{ HPS}$$

Dado que el panel solar elegido tiene  $I_{\text{máx}} = 160 \text{ mA} \Rightarrow$

$$4,626 \text{ HPS} \cdot 300\text{mA} \approx 1,4 \text{ Ah}$$

Esto es lo que podrá dar nuestro panel solar. Obviamente la elección del panel ha sido en función del consumo de nuestro circuito. Así vemos que cumple perfectamente con los requerimientos del mismo del mismo respecto a corriente.

El panel solar elegido es el el modelo de  $4,5\text{W}/16\text{V}/300\text{mA}$  de la casa Electrolug. Este panel, fabricado para durar varios años, generará energía para recargar nuestra batería. El panel solar está encapsulado en una carcasa de policarbonato super-resistente. Hermético al agua, la humedad, la corrosión y las inclemencias meteorológicas. Especialmente diseñado para usos marinos y aplicaciones exteriores en general, este panel está indicado para la mayor parte de aplicaciones de baja corriente.

El panel incorpora, internamente, un diodo de bloqueo para evitar la descarga de la batería, cuando la luz solar sea insuficiente, e incluye un soporte orientable que puede ser montado, indistintamente, en la pared, el suelo o el techo. Gracias a este soporte inclinable, se podrá obtener el máximo rendimiento del panel, si se busca la orientación solar más adecuada.

**Estado batería:** Nuestro sistema viene equipado con un indicador de nivel de batería. Un diodo LED en este caso, que se encenderá cuando la batería baje de un nivel determinado.

### Sistema de medición.

**Sensores meteorológicos:** Se compondrá de los diferentes sensores digitales de los que consta nuestra estación meteorológica, siguiendo estos el protocolo 1-wire.



### Sistema de comunicaciones.

**Comunicación con el usuario:** Al usuario le llegarán los diferentes datos recogidos por la central en su teléfono móvil cuando este lo solicite, haciendo uso del sistema de mensajes SMS. El microprocesador será el encargado de la gestión de los mensajes y del envío de los datos recogidos por los distintos sensores.

**Volcado de datos:** Los datos podrán ser transferidos por parte del administrador del sistema, a otro ordenador o cargados en una memoria externa, a través del puerto USB 2.0 *Full Speed* del que dispone nuestro PIC18, que nos permite la transferencia de datos a alta velocidad.

## 9. CONCLUSIÓN Y COSTE DEL EQUIPO

Todas las soluciones aquí recogidas se basan en el intento de realizar un sistema lo más moderno, versátil y simple posible, para satisfacer las necesidades tecnológicas que aquí se han presentado, sin incurrir en un coste excesivo. Esperando así, que este sistema consiga una buena acogida en el mercado y una pronta implantación en las áreas donde se pueda requerir. Este no es un sistema demasiado generalizado en el mercado, lo cual puede abrir nuevas vías tecnológicas o referentes a servicios que los usuarios puedan demandar, siendo posible que se vea sometido a posibles mejoras, las cuales puede ser sugerencias realizadas por los usuarios, para una posible y futura versión 2.0.

El montante económico estimado del equipo completo, incluyendo instalación e I.V.A. es de **2.079,06 €unidad**. Precio que comparado con el de otras estaciones meteorológicas y viendo la tecnológica a la que esta asociado, lo hace sin duda un sistema que puede competir en el mercado con cualquiera de las más vendidas.

## 10. PROGRAMAS UTILIZADOS

Para el completo desarrollo de este proyecto se han utilizado varios programas o herramientas software tales como:

- **Protel DXP v.2.02:** software electrónico que nos ha posibilitado la realización de los diversos planos de los que consta este proyecto.
- **MPLAB IDE v8.53:** el cual nos ha permitido la simulación de la programación realizada para el PIC18.



## 11. BIBLIOGRAFÍA

Para la realización de este proyecto se han consultado diversos libros, documentos y páginas web relacionadas con el mismo. A continuación se citan algunos de ellos.

### ○ Bibliografía de libros y documentos:

- Bonifacio Martín Del Brío: “*Sistemas electrónicos basados en microprocesadores y microcontroladores*”. Prensas Universitarias de Zaragoza 1994.
- Bonifacio Martín Del Brío y Antonio Bono: “*Libro de Trabajo de Microprocesadores e Instrumentación Electrónica*”.
- Manuel Torres Portero y Miguel Ángel Torres Portero: “*Diseño e ingeniería electrónica asistida con PROTEL DXP*”.
- *Apuntes de la asignatura Microprocesadores de la E.U.I.T.I.Z.*

### ○ Bibliografía de páginas web visitadas:

<http://es.farnell.com/>

<http://www.microchip.com/>

<http://www.maxim-ic.com/>

<http://www.forosdeelectronica.com/>

<http://www.todopic.com.ar/foros/>

<http://foro.meteored.com/>

[es.wikipedia.org/](http://es.wikipedia.org/)

[www.honeywell.com/](http://www.honeywell.com/)

[www.wmo.int/](http://www.wmo.int/)

Página de la ‘*World Meteorological Organization*’

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Página de la ‘*Photovoltaic Geographical Information System*’