

# Adquisición y Transmisión de Datos desde Estaciones Meteorológicas Remotas.

S. Rosiek, F.J. Batlles,

Dpto. Física Aplicada, Universidad de Almería

E-mail: fbatlles@ual.es, srosiek@ual.es

## RESUMEN

En este trabajo se describen las diferentes metodologías existentes de transmisión de datos desde estaciones meteorológicas remotas. La información a transmitir consiste en datos de temperatura del aire, humedad relativa, radiación global y fotosintéticamente activa (PAR). Los datos experimentales se registran en estaciones localizadas a unos 100 km de la Universidad de Almería. Se estudian las diferentes técnicas existentes, especialmente Radio y Teléfono y, como consecuencia se diseña un sistema de adquisición y transmisión de datos remotos.

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la radiación solar en un lugar determinado es fundamental para la posible ubicación de sistemas solares, tanto térmicos como fotovoltaicos. La variabilidad de la radiación solar en la elevación, orientación en la de la superficie y la obstrucción por elevaciones cercanas da lugar a fuertes gradientes en la insolación y, con ello, en multitud de variables influenciadas por la insolación. La importancia de la variabilidad de la radiación solar incidente con la topografía en determinadas aplicaciones es fundamental. Para dicho estudio disponemos de estaciones meteorológicas localizadas en zonas de topografía compleja y de difícil acceso.

En este trabajo se analiza varias técnicas utilizadas para transmitir y recibir datos digitales con el objeto de recibir datos en tiempo real. Cualquier sistema de comunicación debe tener un emisor, un receptor y un medio de transmisión. El emisor prepara información digital para transmitirla y luego la manda a través del medio de transmisión. El receptor detecta y transforma los datos con el fin de visualizarlos, archivarlos y analizarlos. Se espera que la información llegue sin modificaciones ni errores. Generalmente como medio de transmisión se suele utilizar el cable, la fibra óptica o la radio-transmisión (Luecke, 2004). En nuestro caso, como 'emisor' se entiende al conjunto de un Data Logger y un Módem GSM. Como medio de transmisión se

utilizara una red GSM y como receptor Módem GSM conectado con un PC.

El objetivo principal de este trabajo es diseñar un sistema de transmisión de datos recibidos de la red de estaciones remotas, para facilitar considerablemente la descarga y disminuir el coste de mantenimiento de los mismos.

## DATOS EXPERIMENTALES

En este trabajo se utilizan medidas de radiación global, radiación fotosintéticamente activa, temperatura del aire y humedad relativa, registradas en 15 estaciones meteorológicas. Dichas estaciones se encuentran situadas en la cara norte del Parque Natural de Sierra Nevada, en el término municipal de Huéneja (Granada). En la Fig. 1 se muestra la ubicación de las mismas. La altitud de las estaciones oscila entre 1077 y 1670 m, siendo la distancia máxima entre estaciones del orden de 10 km. La radiación global se mide con un piranómetro LICOR 200-SZ y la PAR con piranómetro LICOR 190. Siendo el periodo de muestreo de 2.5 minutos, y utilizando como sistema de adquisición de datos HOBO, modelos: H8, H8 PRO y U12.

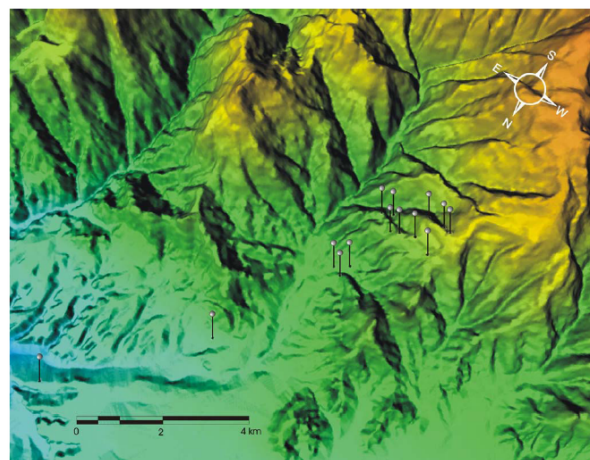


Fig. 1. Las ubicaciones de las estaciones remotas en la Sierra Nevada.

Entre dichas estaciones distinguimos: siete estaciones tipo A, siete estaciones tipo B y una estación con un termómetro infrarrojo alimentado por un panel fotovoltaico de potencia de 2.5 W y tres estaciones de superficie inclinada. En todas las estaciones se mide: temperatura, humedad, radiación global y PAR, en el caso de las estaciones inclinadas solamente disponemos de radiación global y PAR.

Los sensores LI-COR suministran una señal muy pequeña del orden de los microamperios, mientras que las entradas del sistema de adquisición de datos, HOBO, requerían una señal inferior de 2.5V. Por esta razón se diseñaron dos interfaces entre los sensores LI-COR y HOBO. En las estaciones tipo A se utilizaron dos amplificadores con los factores de amplificación de 300 y 97 respectivamente. Dichos amplificadores se alimentan con una batería de 6V y 7.2 Ah. En las estaciones tipo B se utilizaron amplificadores UTA/HOBO alimentados de una batería de 3V, 230mAh. En ambos casos las salidas de los amplificadores están acopladas a un sistema de adquisición de datos H8 (4-20mA, 0-2.5V DC, 8 bit resolución). Este tiene una memoria no volátil tipo EEPROM de 32 KB y acumula las medidas registradas cada 2.5 minutos. En la Fig. 2 se muestra un sistema de adquisición de datos H8.



Fig. 2.- Sistema de adquisición de datos HOBO H8.



Fig. 3.- HOBO H8 PRO junto con los sensores de temperatura y humedad.

Las medidas de temperatura y humedad se acumulan en un sistema de adquisición de datos H8 PRO (de 8 bit de resolución). Este tiene 32 KB una memoria no volátil tipo EEPROM, alimentado por una batería de 3.6 V y, 1200 mAh. Los datos están tomados cada 2.5 minutos. En la Fig. 3 se muestra circuito integrado del H8 PRO.

En la Fig. 4 se muestra imagen de la estación que contiene sensores de radiación global y PAR sobre superficie inclinada. En esta estación se utiliza como sistema de adquisición de datos U12 (4-20mA, 0-2.5 V DC, 12 bit de resolución) con 64KB de memoria no volátil tipo EEPROM y una salida de datos a través de USB, alimentado por una batería de litio, CR-2032 .

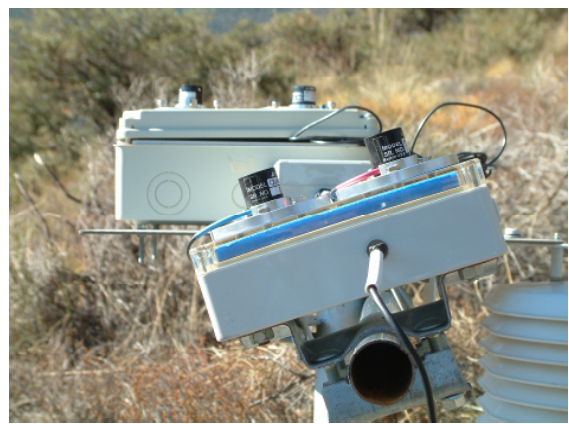


Fig. 4.- La estación de la superficie inclinada.



Fig. 5.- La estación de termómetro infrarrojo.

En la Fig. 5 se muestra la imagen de la estación que contiene el termómetro de infrarrojo. En esta estación se registran medidas de temperatura de superficie de la tierra y temperaturas a diferentes profundidades. El sistema de almacenamiento es U12 con cuatro entradas. Junto a ésta estación, se encuentra otra estación en la que se registran medidas de radiación global y PAR, temperatura y humedad. Los datos de radiación se almacenan en

U12, de dos entradas y los de temperatura y humedad en H8 PRO.

### VOLUMEN DE DATOS TRANSMITIDOS

Iniciar y descargar los datos de forma remota de todas las estaciones resulta una cuestión bastante complicada, teniendo en cuenta la gran influencia de las bajas y elevadas temperaturas en la sierra, las capacidades de los sistemas de adquisición de datos de esas estaciones y así como la importancia de conocer en tiempo real las medidas registradas. Una variable fundamental para diseñar el sistema de transmisión es el volumen de datos a transmitir. Hasta ahora el período de registro de las medidas ha sido de 2.5 minutos. Dicho intervalo se ha elegido fundamentalmente debido a las limitaciones del sistema de adquisición de datos.

Posteriormente vamos a calcular el volumen de información a transmitir, para los intervalos de medida de 2.5 y 1 minuto. Esto es muy importante para saber cada cuanto tiempo tenemos que realizar la recogida de datos. Antes de comenzar los cálculos vamos a definir los conceptos de parámetro y resolución. Se entiende por parámetro el valor de cada una de las salidas de los sensores. La resolución se define como la precisión con la cual un convertidor cambia la representación de una señal analógica, a una digital.

### Cálculos del volumen para tiempo de medida de 2.5 y 1 minuto

En este apartado vamos a calcular el volumen de datos a transmitir para los H8, H8 PRO y U12, así como el período de recogida de los mismos.

El número de medidas  $N_m$ , para un parámetro durante 24 horas fue calculado en función del tiempo a partir de la siguiente ecuación:

$$N_m = \frac{(24h * 60 \text{ min})}{t} = \frac{1440}{t} \left[ \frac{\text{medidas}}{\text{dia}} \right] \quad (1)$$

$$\text{siendo: } t = 2.5 \text{ min} \rightarrow N_m = 576 \left[ \frac{\text{medidas}}{\text{dia}} \right]$$

$$t = 1 \text{ min} \rightarrow N_m = 1440 \left[ \frac{\text{medidas}}{\text{dia}} \right]$$

### Cálculos para HOBO H8 y H8PRO

El cálculo de cantidad de datos  $C_d^{pH8}$ , en Byte, para un parámetro fue realizado utilizando la siguiente expresión:

$$C_d^{pH8} = N_m * 1B = \frac{1440}{t} \left[ \frac{B}{\text{dia}} \right] \quad (2)$$

$$t = 2.5 \text{ min} \rightarrow C_d^{pH8} = 576 \left[ \frac{B}{\text{dia}} \right]$$

$$t = 1 \text{ min} \rightarrow C_d^{pH8} = 1440 \left[ \frac{B}{\text{dia}} \right]$$

Donde 1B es la resolución de 8 bits con la cual un parámetro está medido y anotado en la memoria del sistema de adquisición de datos. Teniendo en cuenta que H8 registra 2 parámetros, podemos obtener la cantidad de datos a partir de la siguiente expresión:

$$C_d^{hoboH8} = C_d^{pH8} * 2P = \frac{2880}{t} \left[ \frac{B}{\text{dia}} \right] \quad (3)$$

$$t = 2.5 \text{ min} \rightarrow C_d^{hoboH8} = 1152 \left[ \frac{B}{\text{dia}} \right]$$

$$t = 1 \text{ min} \rightarrow C_d^{hoboH8} = 2880 \left[ \frac{B}{\text{dia}} \right]$$

Teniendo en cuenta que en cada estación está compuesta por un H8 y un H8 PRO, la cantidad de datos para una estación  $C_d^e$  se obtiene de la siguiente manera:

$$C_d^e = C_d^{hoboH8} * 2HOBO = \frac{5760}{t} \left[ \frac{B}{\text{dia}} \right] \quad (4)$$

$$t = 2.5 \text{ min} \rightarrow C_d^e = 2304 \left[ \frac{B}{\text{dia}} \right]$$

$$t = 1 \text{ min} \rightarrow C_d^e = 5760 \left[ \frac{B}{\text{dia}} \right]$$

Recordando que la memoria,  $M_{hoboH8}$ , de los sistemas de adquisición de datos H8 y H8 PRO es 32 KB, el tiempo máximo de recogida de datos de un H8 lo obtenemos a partir de la siguiente ecuación:

$$T_r^{hoboH8} = \frac{M_{hoboH8}}{C_d^{hoboH8}} \approx 11.4 * t [\text{dias}] \quad (5)$$

$$t = 2.5 \text{ min} \rightarrow T_r^{hoboH8} \approx 28 [\text{dias}]$$

$$t = 1 \text{ min} \rightarrow T_r^{hoboH8} \approx 11 [\text{dias}]$$

La diferencia entre los valores del tiempo de la recogida de datos obtenido para los sistemas de adquisición HOBO H8 y U12 para ambos intervalos de medida, es considerable por lo tanto es importante para facilitar la recogida de los datos el utilizar un sistema de transmisión remota.

### Cálculos para HOBO U12

El cálculo de la cantidad de datos obtenidos de las estaciones con sistema de adquisición de datos HOBO U12, se realiza teniendo en cuenta, que este

sistema mide cada parámetro con una resolución de 12 bits. Entonces se obtiene la Ec. (6):

$$C_d^{pU12} = N_m * 2B = \frac{2880}{t} \left[ \frac{B}{dia} \right] \quad (6)$$

$$t = 2.5 \text{ min} \rightarrow C_d^{pU12} = 1152 \left[ \frac{B}{dia} \right]$$

$$t = 1 \text{ min} \rightarrow C_d^{pU12} = 2880 \left[ \frac{B}{dia} \right]$$

La cantidad de datos de un HOBO U12  $C_d^{hoboU12}$  se calcula a través de la Ec (7):

$$C_d^{hoboU12} = C_d^{pU12} * 2P = \frac{5760}{t} \left[ \frac{B}{dia} \right] \quad (7)$$

$$t = 2.5 \text{ min} \rightarrow C_d^{hoboU12} = 2304 \left[ \frac{B}{dia} \right]$$

$$t = 1 \text{ min} \rightarrow C_d^{hoboU12} = 5760 \left[ \frac{B}{dia} \right]$$

Sabiendo que la memoria,  $M_{hoboU12}$ , de un HOBO U12 es 64 KB, el cálculo del tiempo de recogida de un HOBO U12 sería siguiente, Ec. (8):

$$T_r^{hoboU12} = \frac{M_{hoboU12}}{C_d^{hoboU12}} \approx 11.4 * t [dias] \quad (8)$$

$$t = 2.5 \text{ min} \rightarrow T_r^{hoboU12} \approx 28 [dias]$$

$$t = 1 \text{ min} \rightarrow T_r^{hoboU12} \approx 11 [dias]$$

### Volumen mensual de datos de la red de las estaciones

Teniendo en cuenta, que la red de las estaciones incluye:

- ❖ 14 estaciones con los sistemas de adquisición de datos HOBO H8 y H8 PRO,
- ❖ 1 estación con HOBO U12 de dos entradas y H8 PRO,
- ❖ 3 estaciones inclinadas con U12 de dos entradas,
- ❖ 1 estación de termómetro infrarrojo con HOBO U12 de cuatro entradas,

se puede estimar el volumen de la información recibida durante 24 horas desde toda la red. El cálculo del volumen de datos de estaciones con HOBO H8 y H8 PRO se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$C_d^{e13} = 14,5 * C_d^e = \frac{83520}{t} \left[ \frac{B}{dia} \right] \quad (9)$$

El cálculo del volumen de datos de estaciones con HOBO U12 fue realizado con Ec. (10):

$$C_d^{U12} = 6 * C_d^{hoboU12} = \frac{34560}{t} \left[ \frac{B}{dia} \right] \quad (10)$$

Finalmente la cantidad de datos obtenidos de la red de dichas estaciones, durante 24 horas se representa por la Ec. (11):

$$C_d^{red} = C_d^{e13} + C_d^{U12} = \frac{118080}{t} \left[ \frac{B}{dia} \right] \quad (11)$$

$$t = 2.5 \text{ min} \rightarrow C_d^{red} = 47232 \left[ \frac{B}{dia} \right]$$

$$t = 1 \text{ min} \rightarrow C_d^{red} = 118080 \left[ \frac{B}{dia} \right]$$

Por lo tanto el volumen de datos recogidos de la red de estaciones durante un mes se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$C_d^{mes} = 31 * C_d^{red} = \frac{3660480}{t} [B] \quad (12)$$

$$t = 2.5 \text{ min} \rightarrow C_d^{mes} = 1.5 [MB]$$

$$t = 1 \text{ min} \rightarrow C_d^{mes} = 3.7 [MB]$$

En este volumen de datos a transmitir se incluye alguna información adicional.

## METODOLOGÍA

En este apartado vamos a analizar, en primer lugar, los diferentes sistemas de transmisión remota.

### TRANSMISIÓN DE DATOS REMOTOS

En la actualidad los principales sistemas de transmisión remota son:

- Radio
- Satélite
- Teléfono
- Red Inalámbrica

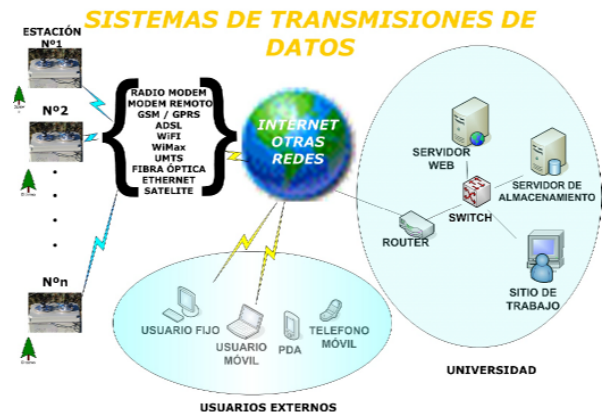


Fig. 6. Diagrama de las posibilidades de comunicación de las estaciones.

En la Fig. 6 se muestra un esquema general para las posibilidades de recogida de datos, desde las

estaciones remotas y, su transmisión hasta un ordenador central. La elección del sistema de transmisión la debemos hacer atendiendo a las siguientes consideraciones:

- Calidad y cobertura del servicio.
- Frecuencia de la transmisión.
- Cantidad de información transmitida (en KB).
- Tipo de sistema de adquisición de datos.
- Distancia entre las estaciones.
- Interferencias.
- Fuentes de alimentación del equipo.
- Gastos de instalación y mantenimiento.
- Licencia de la frecuencia de transmisión (ej. Radio).
- Posibilidades de desarrollo futuro.

Dos aspectos prácticos, que limitan a menudo la elección del sistema de transmisión son la frecuencia de transmisión y el coste de la instrumentación instalada. Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, analizaremos las ventajas e inconvenientes de cada uno de los sistemas.

La Radio tiene la posibilidad de mandar y recibir mucha información con un reducido coste de la transmisión, y es también una buena alternativa en el caso de la ausencia de líneas telefónicas. El principal inconveniente es la dificultad de obtener un permiso para la frecuencia de transmisión y el elevado coste de la instalación, fundamentalmente debida a los amplificadores.

La ventaja fundamental de los satélites es su gran cobertura espacial y temporal, así como su utilización en lugares que no tengan a su alcance líneas de teléfono. Su inconveniente radica fundamentalmente en el elevado coste de su instalación.

Con respecto a las redes inalámbricas (WiFi y WiMax) destacar su elevada velocidad de transmisión, y su limitado rango de cobertura, siendo éste del orden 200 metros. La ventaja fundamental de la tecnología WiMax sobre WiFi radica en el hecho de su mayor cobertura, siendo del orden de 50 km. El inconveniente fundamental del WiMax es el alto coste de la instalación.

En los últimos años está teniendo un gran auge el uso de la telefonía móvil. Una herramienta de la telefonía móvil es la tecnología GSM/GPRS (Andersson, 2001, Halonen et al, 2003), que se utiliza para transmitir datos remotos. La principal ventaja es su flexibilidad e ilimitado alcance, aunque éste está restringido por la cobertura de una compañía móvil. Otra ventaja es el bajo coste de la cantidad de datos transmitidos, así como el control remoto del equipo.

Una vez analizadas las diferentes técnicas pensamos que las que presentan mayores ventajas son: la Radio y el Teléfono (Voskarides et al).

### DISEÑO DEL UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS

En las últimas décadas la transmisión de datos meteorológicas y sísmicos desde estaciones remotas se ha hecho utilizando la Radio. La telefonía no ha sido una alternativa interesante por el precio de las llamadas, pero en los últimos tiempos con la tecnología GPRS ha empezado a tener auge la transmisión vía Teléfono. Dicha tecnología abre nuevas posibilidades, las cuales vamos a analizar y utilizar a lo largo de este trabajo. Entre Radio y Teléfono existen muchas posibilidades, se puede por ejemplo simultáneamente utilizar ambos, para diseñar un sistema común de transmisión de datos, especialmente en el caso de las 15 estaciones remotas, situadas en distintas zonas de la sierra, donde las redes convencionales no tienen alcance. Para realizar algún sistema utilizando la tecnología GPRS es necesario que la zona donde están situadas las estaciones disponga de cobertura. En la Tabla 1. se muestran las características de las estaciones en término de sus coordenadas geográficas, la altitud y la cobertura de una compañía móvil. Posteriormente vamos a analizar los siguientes sistemas de transmisión remota:

- RADIO-MÓDEM + MÓDEM REMOTO
- RADIO-MÓDEM + INTERNET
- RADIO-MÓDEM + GSM/GPRS

Est No	Coor x	Coor y	Altitud [m]	Cobertura [%]
1	502130	4111284	1670	60
2	502243	4111212	1647	40
3	502532	4111109	1623	20
4	502334	4111674	1562	60
5	502639	4111461	1568	40
6	502905	4111461	1537	40
7	503062	4111460	1505	20
8	503325	4111154	1460	80
9	503111	4111107	1447	20
10	503539	4112190	1301	80
11	503828	4112280	1276	80
12	503658	4112414	1299	80
13	505529	4114325	1156	100
14	508391	4116254	1077	60
15	506280	4118779	1130	100

Tabla 1.- Características de 15 estaciones.

#### Radio-Módem+ Módem Remoto

En la Fig. 7. se muestra el esquema del sistema general de transmisión utilizando Radio-Módem y Módem remoto.

El equipo necesario para cada una de las estaciones sería, un Datalogger conectado con Radio-Módem, una Estación Radio-Base, un microcontrolador, un Módem remoto y un PC. El Datalogger permite registrar datos y enviarlos vía Radio-Módem. La Estación Radio-Base recibe los datos de dicha estación. Un microcontrolador pasa los datos desde la Estación Radio-Base a un Módem remoto conectado a una línea telefónica. Este último utilizando una línea de telefonía transmite los datos hasta la Universidad en Almería. Para ello se utiliza un Módem remoto conectado a un ordenador central.

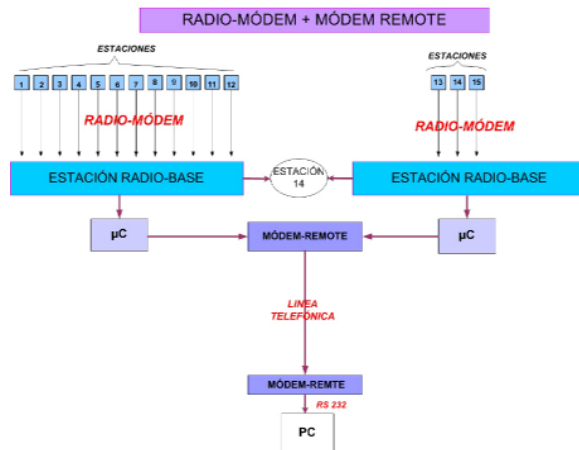


Fig. 7. Esquema de transmisión de datos a través del Radio-Módem y Módem remoto.

Los principales parámetros a tener en cuenta a la hora de utilizar este tipo de sistema son la frecuencia y el alcance de los sistemas de Radio a utilizar. Con respecto a la frecuencia debemos tener en cuenta las bandas que se pueden utilizar sin tener que pedir permiso al organismo pertinente, esto en determinadas ocasiones puede suponer un serio problema. Con respecto al alcance debemos destacar que para la emisión de datos remotos a grandes distancias se deben instalar antenas de gran potencia para amplificar las señales.

### RADIO-MÓDEM + INTERNET

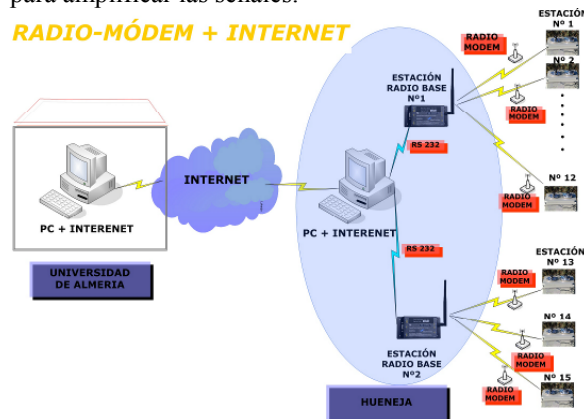


Fig. 8. Esquema de transmisión de datos a través del Radio-Módem y Internet.

### Radio-Módem + Internet

La segunda opción de transmisión de datos a través del Radio-Módem es el sistema anteriormente descrito al cual se le ha incorporado Internet, en la Fig. 8 se representa un esquema general del mismo. La única diferencia con el sistema anterior radica en hecho de que las estaciones Radio-Base están conectadas con un PC, y este transmite los datos remotos vía Internet a la Universidad de Almería. El principal problema de este sistema consiste en el alcance de Internet.

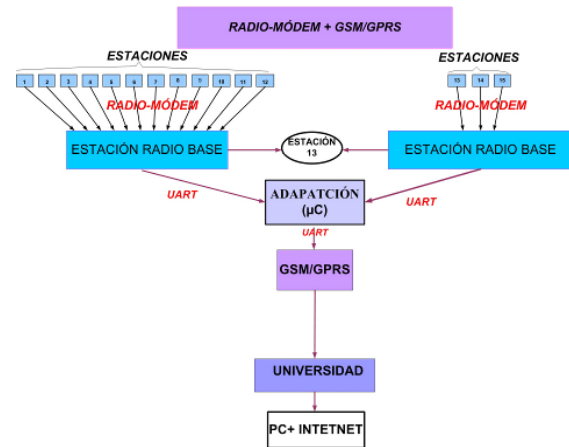


Fig. 9. Esquema de transmisión de datos a través del Radio-Módem y GSM/GPRS.

### Radio-Módem + GSM/GPRS

En la Fig. 9 se muestra el esquema de transmisión de datos utilizando Radio-Módem junto con la tecnología GSM/GPRS. En él podemos observar que la transmisión de datos hasta la Estación Radio-Base usa el mismo sistema, que el utilizado en los casos anteriores. Por el contrario la transmisión de datos desde estación Radio-Base hasta la Universidad de Almería, se puede realizar utilizando la tecnología GSM/GPRS.

Las dos estaciones Radio-Base estarían conectadas con un microcontrolador, este mandaría los datos recibidos a un Módem GSM/GPRS. Para utilizar este sistema se tendría que ubicar la Radio Base en una zona con muy buena cobertura telefónica.

## SISTEMA PROPIO DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS

En este apartado vamos a describir el diseño de un sistema propio de adquisición y transmisión de datos basado en la tecnología GSM/GPRS. Nos hemos decantado por este tipo de tecnología debido a las limitaciones del sistema de Radio-Módem. Estas se deben fundamentalmente al hecho de que necesitan

los amplificadores para reconstruir y amplificar la señal, con el fin de transmitir los datos a grandes distancias. En la elección de esta tecnología tenemos también en cuenta que, dentro de dicho proyecto, la ubicación de algunas estaciones puede cambiar, así como aumentar el número de las mismas (Salsón Casado et al, 2003, Caballero et al, 2004). En la Fig.10 se muestra el esquema de transmisión. Considerando las ventajas del sistema y también el gran interés que existe actualmente en su desarrollo y así como el apoyo de las compañías de telefonía móvil, se pretende instalar el siguiente equipo:

- Datalogger: permite registrar datos y enviarlos vía GSM/SMS.
- Módem GSM/GPRS de clase 12: incluye una tarjeta SIM y una antena.

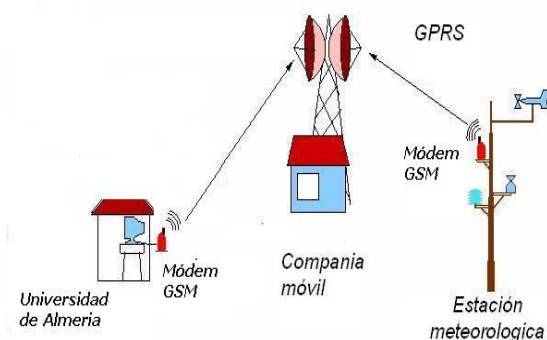


Fig. 10 Esquema de transmisión de datos a través del Módem GSM/GPRS.

## DATALOGGER

En este apartado vamos a describir el sistema de adquisición de datos desarrollado para transmitir la información de los sensores hasta el Módem GSM.

En la Fig. 11 se presenta el esquema general del circuito del datalogger. La información de los sensores pasa al microcontrolador, es guardada en una memoria tipo EEPROM y cada 24 horas, mediante una interfaz de comunicación, pasa al Módem GSM. En caso de no transmitirse los datos por un problema del circuito o del Módem GSM estos se quedan almacenados en la memoria. Este circuito ha sido diseñado teniendo en cuenta el número de sensores y la señal que estos suministran.

En la Fig. 12 se muestra cada uno de los componentes del circuito impreso, construido. Este consta fundamentalmente de los siguientes elementos:

- ❖ Sistema de conexión JTAG [1]
- ❖ Microcontrolador ATMEGA16 con una memoria programable tipo FLASH de 16KB, 512B de memoria tipo EEPROM y RAM de 1KB [2]
- ❖ Fuente de alimentación [3]
- ❖ Estabilizador LM7805 [4]

- ❖ Salidas de los sensores [5]
- ❖ Memoria de lectura tipo EEPROM AT24C512 [6]
- ❖ Convertidor del voltaje [7]
- ❖ Sistema de conexión DB 9M [8]

La unión [1] sirve para mandar la programación desde un programador (circuito diseñado especialmente para un microcontrolador ATMEGA16) hasta el microcontrolador [2]. La fuente de la alimentación [3] proporciona el voltaje necesario para alimentar el circuito, cubriendo ésta el rango de 5 a 35 V. Teniendo en cuenta el rango del voltaje operativo de todos elementos del circuito se ha puesto un estabilizador [4] que estabiliza el voltaje que llega desde la fuente de alimentación al circuito.

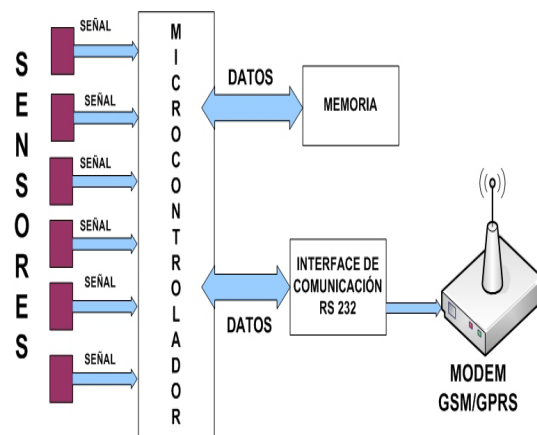


Fig. 11. Paso de datos desde los sensores a través del datalogger hasta un Módem GSM/GPRS.

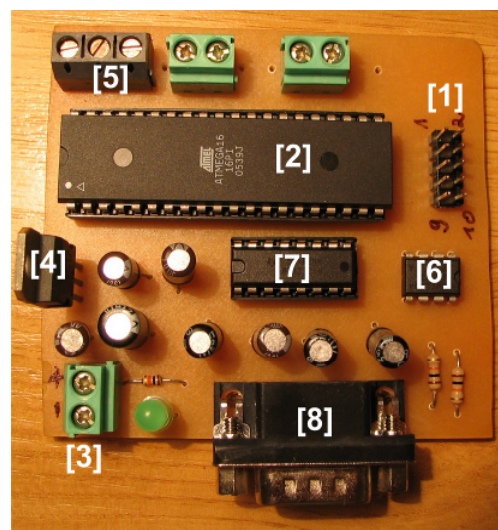


Fig. 12. Aspecto del MeteoLogger.

Las señales recogidas de los sensores [5] son convertidas a su forma digital, en el interior del microcontrolador [2]. Posteriormente esta señal digital se almacena en una memoria no volátil tipo

EEPROM AT24C512 [6]. El tamaño de la memoria que se eligió, teniendo en cuenta la cantidad de datos obtenidos con el intervalo de medida de 1 minuto y un posible cambio del intervalo del mismo, es del orden de 64 KB. Para mandar los datos desde el microcontrolador hasta un Módem GSM a través de la interfaz RS232, es necesario adaptar el voltaje de la señal a la salida del microcontrolador con el voltaje del Módem GSM. Para ello se utiliza un convertidor del voltaje [7]. Por último se conecta el MeteLogger con Módem GSM a través de un conector DB9M [8].

Una vez almacenados, los datos serán recibidos o enviados en el periodo de tiempo elegido, que en nuestro caso es de 24 horas. En la Fig. 13 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo utilizado para la programación del circuito.

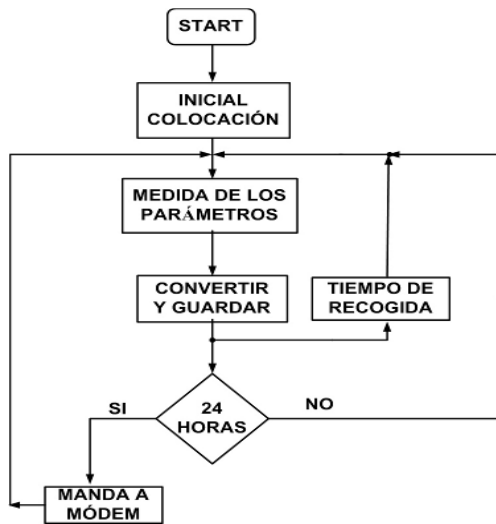


Fig. 13. Un algoritmo simplificado de la programación del circuito.

Es interesante destacar que la programación deja la posibilidad de elegir el intervalo de medida y tiempo de transmisión de datos a través de Módem GSM. El diseño permite también aumentar el número de sensores conectados.

Para recibir los datos en la Universidad de Almería es recomendable instalar un Módem GSM conectado a un PC de sobremesa, Fig. 14. Dicho Módem es el mismo que hemos utilizando para las estaciones. La única diferencia radica en la programación.

#### MÓDEM GSM/GPRS

En este trabajo se va a utilizar un Módem GSM marca Siemens, modelo TC65 Terminal. Dicho Módem puede operar en las bandas de frecuencia de: 900 y 1800MHz. Dicho Módem transmite los datos utilizando GPRS (clase 12), la cual determina la velocidad de envío y recepción de datos.

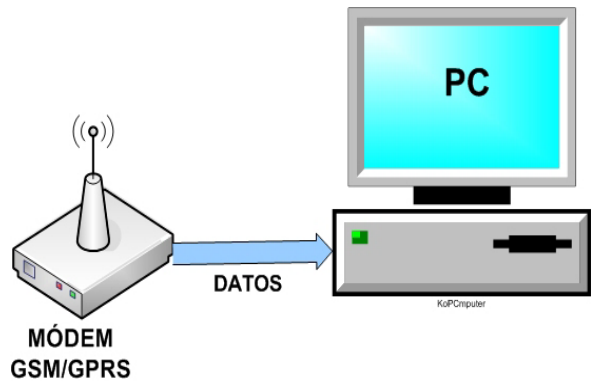


Fig. 14. Paso de datos desde un Módem GSM/GPRS hasta un ordenador fijo.

La transmisión de datos desde el Módem de emisión, localizado en cada una de las estaciones, hasta el Módem de recepción, localizado en la Universidad de Almería y conectado a un PC, la podemos realizar de dos maneras diferentes:

- los datos recogidos en las estaciones se envían cada cierto tiempo hasta el Módem de recepción
- el Módem de recepción GSM llamará a cada estación, para que ella le envíe los datos

#### Cálculos del tiempo de la transmisión de datos a través del Módem GSM/GPRS:

El tiempo de transmisión de datos se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$T_T = \frac{C_d^e}{V_T} \quad (13)$$

Donde:

$C_d^e$  - es la cantidad de datos recibidos de una estación durante 24 horas, que se obtuvo a través de la ecuación Ec. (4)

$V_T$  - es la velocidad de la transmisión de datos de estándar GPRS 12, del orden de 48 [KB/s].

Sustituyendo en la ecuación anterior los valores de  $C_d^e$  y  $V_T$ , obtenemos:

$$T_T = \frac{C_d^e}{V_T} = 0.12[s] \quad (14)$$

Este tiempo de transmisión se puede ver incrementado debido fundamentalmente a problemas con las coberturas de la telefonía móvil y a interferencias (Voskarides et al).



## CONCLUSIONES

En este trabajo se han analizado los diferentes sistemas de transmisión de datos remotos, analizando sus ventajas y sus inconvenientes. Se ha observado que para el caso concreto de transmitir datos a grandes distancias, la tecnología GSM/GPRS es la que presenta mayores ventajas. Debido a flexibilidad y al reducido coste de la misma. También hemos desarrollado un sistema propio de adquisición de datos para recoger y almacenar datos de varias estaciones, localizadas en zonas de difícil acceso. El volumen de datos a transmitir calculado es del orden de 3.7 MB al mes. El circuito diseñado y su programación, presenta como ventaja la posibilidad de cambiar el número de sensores colocados, así como la frecuencia de medida de los mismos.

El circuito desarrollado permite transmitir la información recibida hasta la Universidad de Almería, utilizando la tecnología GSM/GPRS.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia a través al Proyecto ENE 2004-07816-C03-01.

## REFERENCIAS

Luecke, J., 2004 *Analog and Digital Circuits for Electronic Control System Applications: Using the TI MSP430 Microcontroller*, Butterworth-Heinemann, Div. of Reed Elsevier Inc.

Andersson, Ch., 2001 *GPRS and 3G Wireless Applications: Professional Developer's Guide Series*, John Wiley & Sons inc.

Halonen, T., Romero, J., Melero, J., 2003, *GSM, GPRS and EDGE Performance Evolution Towards 3G/UMTS*, John Wiley & Sons, Ltd, England.

Voskarides, S. Ch., Pattichis, C.S., Istepanian, R., Michaelides, C., Schizas, C.N., *Practical evaluation of GPRS use in a telemedicine system in Cyprus*, University of Cyprus, Brunel University U.K.

Salsón Casado, S., Souto González, J. A., 2003, *Automatic weather stations network of the department of environment of galicia: data acquisition, validation and quality control*, Universidad de Santiago de Compostela.

Caballero, P.M.L., Valmaseda, J.C.T., Uruña H.J.C., Bujedo L.A.N. 2004, *Sistema de telegestión de instalaciones solares y eólicas a través de GSM e Internet*.