

# SISTEMA DE TELEMETRÍA INTELIGENTE PARA CAVIDADES TURÍSTICAS

\*Entidades Participantes: Universidad de Almería; Grupo de Investigación Automática Electrónica y Robótica <sup>(1)</sup>; Grupo de Investigación Recursos Hídricos y Geología Ambiental <sup>(2)</sup>; C.I.E.M.A.T. Cra. Sacramento s/n, La Cañada, E04120, Almería, Spain. E-mail: jgazequez@ual.es

Investigadores: J.A. Gázquez <sup>(1)</sup>, J.M. Calaforra <sup>(2)</sup>, N. Novas <sup>(1)</sup>, A. Fernández-Cortés <sup>(2)</sup>, J. Verger <sup>(2)</sup>



**Palabras clave:** Telemetría, Sensores, Radiomodem, Protección de Cavidades.

**Resumen:** En este tarabajo se presenta un sistema de telemetría de sensores de parámetros ambientales instalados en el interior de cavidades en el Karst en Yeso de Sorbas (Almería) destinado a estudiar la influencia de las visitas en la conservación de las mismas y determinar el tiempo mínimo entre visitas. La información de parámetros como la concentración de CO<sub>2</sub> en el aire, temperatura, humedad relativa y presencia dentro de la cavidad es enviada vía radio en tiempo real al centro de gestión de información en la Universidad de Almería y puesta a disposición pública a través de Internet también en tiempo real.

## 1 INTRODUCCIÓN

Las técnicas de medida y registro de variables mediante los clásicos *data-loggers* presenta la ventaja de la independencia del sistema, que se puede colocar en cualquier lugar y de forma autónoma adquiere y almacena medidas periódicas procedentes de los sensores conectados, con la limitación del tiempo de autonomía de su batería y de la memoria de almacenamiento de datos. Como contrapartida, estos sistemas presentan el inconveniente primario de una atención periódica para la sustitución de la batería de alimentación y la descarga de datos, además de no disponer en tiempo real de la información adquirida.

En algunas cavidades con cierta afluencia de visitas (figura 1) es de interés el registro de ciertas variables físico-ambientales como la temperatura, la concentración de CO<sub>2</sub> en el aire, la humedad relativa, etc., para poder determinar la influencia de estas visitas en las condiciones ambientales de la cavidad y así poder evaluar el grado de incidencia en la conservación de la cavidad, tanto a nivel físico como biológico. Además estos datos en tiempo real pueden ser usados para regular el intervalo entre grupos de visitantes.

Bajo el marco del Proyecto Feder. Caracterización de las Condiciones Ambientales para Visitas Turísticas en el Karts en Yeso de Sorbas, se ha desarrollado un nuevo sistema de adquisición inteligente y telemetría de propósito específico, con capacidad de detectar presencia para modificar la frecuencia de adquisición de forma adaptativa y reenvío de los datos vía radio a la estación de proceso situada en la Universidad de Almería donde son puestos a disposición pública a través de Internet.



Figura 1. Galería del Bosque (Sorbas)

## 2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El Sistema de Adquisición de Datos y Telemetría se ha desarrollado usando una arquitectura de control distribuido, y en él se pueden diferenciar las siguientes partes: Estaciones de Medida, Sistema de Comunicaciones y Sistema de Alimentación Eléctrica.

### 2.1 Estaciones de Medida

Las estaciones de medida tienen la función de adquirir el valor de las diferentes variables a medir y transmitir dichos datos a una Estación Local (figura 5) encargada del almacenamiento, y envío de dicha información a la Estación Central (Figura 2). La estación de medida (figura 3) está compuesta por un conjunto de sensores con salida en lazo de corriente de 4 a 20 mA: (1) Sensor de CO<sub>2</sub> basado en el método de la absorción infrarroja; con rango de 0 a 7000 ppm, la resolución de 6.9 ppm y una precisión del 1.4%; (2) Sensor de Temperatura de resistencia de platino tipo Pt100 a 2 hilos, el rango se ha establecido en el margen de 0 a 50° C y permite una resolución de 0.01 °C con una precisión de 0.3 °C; (3) Sensor de Humedad Relativa basado en el método de la Célula de Cloruro de Litio, el rango es del 5 al 100%, la resolución de 0.1% y la precisión del 3% y (4) se ha incorporado también un Detector de Presencia para la detección de visitas a las cavidades. Para la digitalización de estos datos se emplea un módulo comercial de adquisición de datos, con 8 canales diferenciales de entrada, está basado en un convertidor analógico digital tipo sigma-delta de 24 bits, con velocidad de muestreo de 10 muestras/segundo y el ancho de banda de 15Hz, permite una precisión del 0.1%. El protocolo establecido es de tipo Polling con una frecuencia de interrogación variable y adaptativa en función de la detección de presencia en la cavidad para optimizar el volumen de datos y la precisión de las gráficas de variables (figura 4).

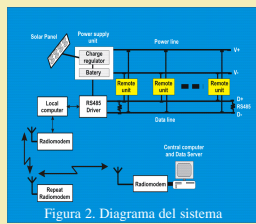


Figura 2. Diagrama del sistema

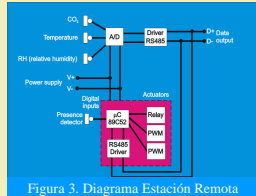


Figura 3. Diagrama Estación Remota

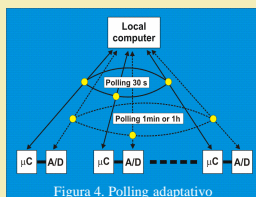


Figura 4. Polling adaptativo

### 2.2 Sistema de Comunicaciones

La información recogida por los diferentes sensores de las Estaciones Remotas, se envía primero a un Computador Local situado en una caseta en las inmediaciones de las cavidades, y en una segunda etapa a un Computador Central situado en el centro de almacenamiento de la información, en este caso la Universidad de Almería. Para la realización de estas funciones se requiere un sistema mixto, las comunicaciones de la primera etapa: Estaciones Remotas – Computador Local se realizan por cable de categoría 5 con la norma RS-485, mientras que en la segunda etapa Computador Local – Computador Central es necesario una comunicación sin cables vía radio. La figura 2 presenta un diagrama del Sistema de Comunicaciones y de Alimentación donde se muestra que la comunicación entre la Estación Local y la Estación Central no es directa sino a través de un radiomodem configurado como repetidor digital (figura 8), debido a que no hay cobertura radioeléctrica entre ambas estaciones (figura 6).



Figura 5. Caseta Estación Local

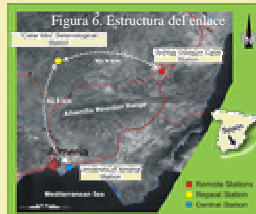


Figura 6. Estructura del enlace

### 2.3 Sistema de Alimentación Eléctrica

La ubicación de las instalaciones carece de líneas de energía eléctrica por lo que es necesario una alimentación autónoma, en este caso se opta por la fotovoltaica. En la figura 5 se aprecia el panel solar en la caseta de la Estación Local.

## 3 DESARROLLO DE HARDWARE ESPECIFICO

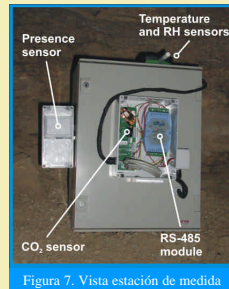


Figura 7. Vista estación de medida

### Tarjeta de control

Para la incorporación de un detector de presencia, necesario para decidir el intervalo idóneo entre medidas, ha sido necesario el desarrollo de un sistema basado en microcontrolador de propósito específico para esta aplicación con salida RS485 (figura 9). La figura 7 presenta un diagrama físico/funcional de una Estación Remota y la conexión del detector de presencia.

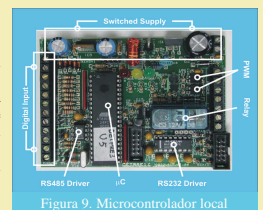


Figura 9. Microcontrolador local

### Radiomodem

En la Universidad de Almería se ha desarrollado un radiomodem (figura 10) para aplicaciones de energía solar, que es también adecuado para este uso, está controlado por microcomputador, y permite la adaptación del software interno para adecuarse a la aplicación, opción no disponible en sistemas comerciales cerrados. Las propiedades más importantes de este equipo son las siguientes:

- Frecuencia de trabajo: 430 a 450MHz, Potencia: hasta 250 mW.
- Tipo de Modulación FSK directa a 4 niveles, Velocidad de modulación: 4800, 9600 y 19200 bits/s, Ancho de banda: 12.5KHz para 9600 bits/s y 25KHz para 19200 bits/s, Buffer interno de 32Kbytes, Corrección directa de errores FEC, sensibilidad de  $-105 \text{ dBm} @ \text{BER} < 10^{-6}$  para 9600 bits/s.



Figura 8. Vista Estación Repetidora

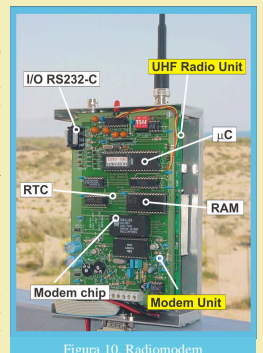


Figura 10. Radiomodem

## 4 RESULTADOS

El sistema lleva en funcionamiento un periodo de tiempo próximo a 1 año y ya se disponen de gran cantidad de datos obtenidos y procesados por el mismo. La figura 11 se ha obtenido directamente de la dirección WEB:

<http://karst-yeso.ual.es/fedorsorbas/telemetria>

En la figura se aprecia el efecto de dos visitas consecutivas y como tras el tiempo entre ambas la concentración de CO<sub>2</sub> llega al equilibrio anterior.

Las gráficas más interesantes son aquellas que denotan la influencia en las variables (CO<sub>2</sub>, HR, T) de las visitas efectuadas, y que supusieron el aumento de la cadencia de las medidas para un mejor estudio. En la gráfica de la figura 12 se puede apreciar el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> debido a la entrada de visitantes a la cavidad y como disminuye en el transcurso del tiempo.

Estos datos son de gran interés en la organización de visitas por parte de las empresas dedicadas a ello, en sus oficinas pueden recibir en tiempo real los datos de la telemetría y decidir el inicio de la próxima visita cuando no afecte de forma negativa al ecosistema de la cavidad.

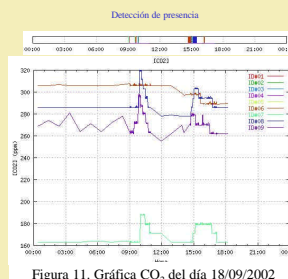


Figura 11. Gráfica CO<sub>2</sub> del día 18/09/2002

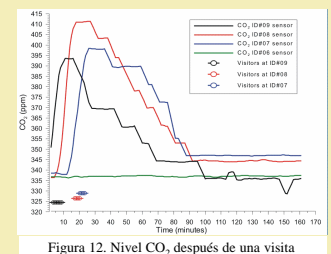


Figura 12. Nivel CO<sub>2</sub> después de una visita

## 5 CONCLUSIONES Y AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de sistemas de propósito específico supone un considerable esfuerzo comparado con la instalación de sistemas comerciales cerrados, pero como ventaja se pueden abordar proyectos que por su novedad no son fáciles de realizar de forma adecuada con sistemas comerciales. En el caso de este proyecto se ha podido abordar la exportación de la información de sensores en el interior de una cavidad situada en un paraje remoto sin línea telefónica ni luz eléctrica, en tiempo real a internet, gracias al desarrollo de sistemas específicos. El sistema puede considerarse, además, como una herramienta de gestión para el uso turístico de la cavidad. La toma de decisiones al respecto de la composición de los grupos de visitantes (número de personas y cadencia temporal de las visitas) puede realizarse en tiempo real, variando estos parámetros de acuerdo con la intensidad de la afección ambiental producida.

En agradecimientos, en primer lugar al proyecto subvencionado con fondos FEDER: Caracterización de los Condicionantes Ambientales para la Adecuación Turística de Cavidades en el Karst en Yeso de Sorbas ref CICYT IFD97-1577, este proyecto ha suministrado los medios económicos y personales para la ejecución de este desarrollo. Como entidades asociadas y colaboradoras en el proyecto han participado las Consejerías de Turismo y Deporte y Medio Ambiente del Junta de Andalucía, el Ayuntamiento de Sorbas y la empresa Iberyeso MED.S.A. El C.I.E. M.A.T. mediante un contrato con la Universidad de Almería, subvenció la fabricación de un Radiomodem de propósito específico el cual se ha usado en este proyecto.