

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA AUTOMATIZAR LA LECTURA DE CONSUMOS EN LOS MEDIDORES DE AGUA



## AUTOR

**Lisa Saavedra Moreno**

Ingeniera Electrónica

MS(C). Maestría en Ingeniería, área

Electrónica

Investigador del grupo CEMOS (Control

electrónico Modelado y Simulación -

UIS

lisasaavedra@hotmail.com

COLOMBIA

## AUTOR

**Oscar M. Reyes Torres**

Ingeniero Electrónico y Magíster en

Ingeniería, Área Electrónica

Docente Asistente

Investigador del grupo CEMOS (Control

electrónico Modelado y Simulación -

UIS

omreyes@uis.edu.co

COLOMBIA

Fecha de Recepción del Artículo marzo 24 de 2006 Fecha de Aceptación del Artículo Abril 17 de 2006

Artículo Tipo 1

## RESUMEN.

Los sistemas de telemetría AMR (Automatic Meter Reading), como su nombre lo indica, son aquellos que permiten realizar una lectura automática de manera remota y sin necesidad de un contacto directo con la variable o el elemento de medición. En la actualidad esta tecnología es aplicada en diferentes ámbitos dada su gran utilidad en el monitoreo y control de procesos industriales, sistemas seguridad, etc. Este artículo se centra en el diseño de un sistema prototipo con el cual se pueda obtener en tiempo real el consumo registrado en los medidores de agua residenciales haciendo uso de una línea telefónica como medio de transmisión, dado que actualmente en las empresas de acueducto del país esta operación se viene realizando de manera manual y local.

La importancia de este sistema radica en el uso que se hace de redes de comunicaciones ya estructuradas y en la posibilidad de modificar los medidores de agua actuales sin incurrir en el costo de reemplazarlos, lo cual representa un ahorro tanto para la empresa como para el usuario final.

Como complemento y para hacer más robusto este sistema, se presentan además las consideraciones necesarias para hacer uso de una comunicación inalámbrica que involucre la centralización de datos aprovechando la versatilidad y amplia difusión del Internet.

## PALABRAS CLAVES

Sistema de telemetría

Sistemas de lectura automática AMR

Línea telefónica

Detector de tonos multifrecuenciales - DTMF

GPRS

## ABSTRACT

The telemetry systems AMR (Automatic Meter Reading), as its name indicates, they are systems that allows to make an automatic reading in a remote distance and without of a direct contact need with the variable or the measurement element system. It's currently applied in different environments due of many uses of monitoring and industrial process control, the Security System, etc. This paper is focused for and in the

design of a prototype system where it is able to obtain in a real time the recorded data in the home water readers by and through a phone line by transmitting way, as today water distribution companies employ a manual application for the reading consume of water.

The most important of this, is the use of the currents cellular communication nets and the possibility of modify the current water reading without increase the replacement of costs, giving a great saving for the user and the company.

Besides, In order to explain better this, the necessary considerations that are explained is the use of a current wireless communication that involves the centralization of data taking advantage of the versatility and wide diffusion of the Internet.

## KEYWORDS

Telemetry system  
Automatic Meter Reading - AMR  
Phone line  
Dual Tone Multi-Frequency - DTMF  
GPRS

## INTRODUCCIÓN

En las empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios, como las de acueducto, la lectura manual y local de los medidores utilizados para el cálculo de los consumos genera inconvenientes no sólo a las entidades interesadas en dicha medición sino también a los mismos usuarios debido a los posibles errores humanos y los inconvenientes logísticos que se pueden presentar. Es por esto que resulta razonable pensar en la necesidad de un sistema que permita obtener automáticamente y de manera remota la información desde la residencia del usuario a una central que almacena y procesa la información. Esto deja en claro los beneficios que se pueden obtener del diseño e implementación de un sistema de telemetría que realice esta tarea en tiempo real, haciendo más eficiente el proceso de recolección y mejorando finalmente el servicio de facturación prestado por las empresas.

La telemetría es una técnica de medición a distancia por la cual mediante elementos colocados estratégicamente se consigue capturar valores presentes en un punto (lugar, sensor) sin necesidad de interactuar con el mismo[9]. Los sistemas AMR (Automatic Meter Reading)[13], hacen uso de

un medio de transmisión (alámbrico o inalámbrico) para el envío de los datos de consumo, sin tener un contacto directo con el medidor, y almacenan la información obtenida sin ser ingresada manualmente por el lector.

En la actualidad, los sistemas de telemetría son comúnmente utilizados en aplicaciones industriales para el monitoreo y control de variables como nivel, presión, volumen, entre otras; también para detección de flotas y sistemas de seguridad; mientras que los AMR se centran en la macro y micromedición. En Colombia las empresas que hacen uso de la telemetría sólo la utilizan en la macromedición, es decir, para grandes consumidores.

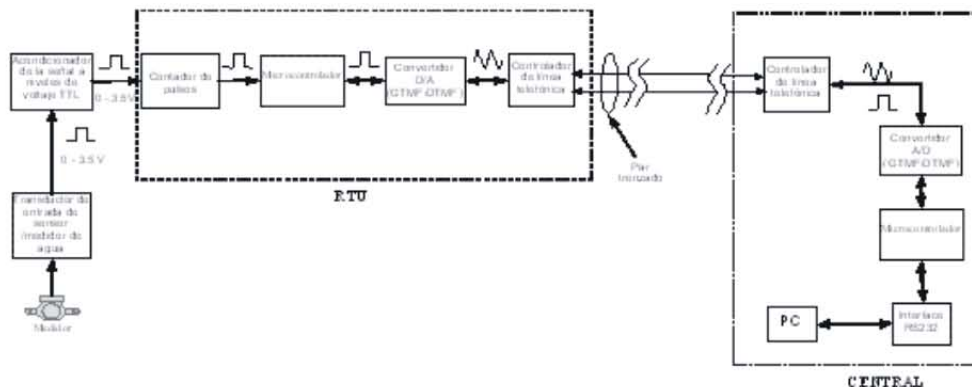
El diseño de este sistema, orientado a la micromedición, permite obtener la lectura de los medidores residenciales haciendo uso de dos medios de comunicación que se complementan como son los sistemas de telefonía fija y celular. En este trabajo se describe el uso de un enlace telefónico fijo para transmitir los datos provenientes de la micromedición del consumo de agua residencial, en donde se demostró por medio de un prototipo que este medio de comunicación puede llegar a ser utilizado sin problemas en lo referente a la transmisión de datos y sin hacer uso de una línea dedicada para realizar la transmisión.

Para hacer más robusto el sistema, adicionalmente se presenta el diseño y las consideraciones para la implementación de la comunicación celular en combinación con el uso de la Internet.

## 1. LECTURA DE DATOS POR LÍNEA TELEFÓNICA

El siguiente diagrama de bloques (Figura 1) se ilustran los elementos que constituyen el sistema diseñado que hace uso de un canal de telefonía fija para transmitir los datos obtenidos de un medidor analógico de chorro único con esfera seca que ha sido modificado con el fin de obtener una lectura digital del consumo de agua. Parte de este diseño está basado en los resultados del proyecto "Diseño y construcción de un sistema de telemetría para automatizar los procesos de facturación en la Compañía de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (CAMB)"[6], que permitió recopilar una base de información relacionada con los sistemas AMR y llegar a la implementación de un primer prototipo que emplea la red telefónica conmutada para la transmisión de los datos.

Figura 1. Sistema de transmisión de datos por vía telefónica



### 1.1. MEDIDOR DE AGUA

Con el fin de evitar costos adicionales al usuario, en una futura implementación, este sistema incorpora una modificación a un medidor de chorro único de transmisión magnética con el fin de adaptar un transductor que permite convertir el registro mecánico del totalizador en pulsos con niveles TTL de voltaje que son contados y registrados por un microprocesador que los almacena y procesa.

Los medidores de transmisión magnética [10] son utilizados por la gran mayoría de empresas de suministro de agua y presentan la ventaja de que la cámara, por la cual circula el agua a contabilizar, no tiene contacto alguno con el registrador mecánico; lo cual facilita aún más este trabajo y permite el uso seguro de este dispositivo en el totalizador.

De esta manera, la estructura interna del registrador mecánico o totalizador lo hacen ideal para la integración del transductor entre alguno de sus engranajes tal como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2. Medidores de agua con transmisión magnética**



Una alternativa diferente sería reemplazar el medidor por alguno que provea el totalizador con el generador de impulsos incorporado, y que actualmente se encuentran disponibles comercialmente [3][14]; pero el costo resulta bastante alto. Es por eso que el acondicionamiento de los medidores actuales es una buena alternativa con un bajo costo para las empresas y el usuario.

### 1.2. RTU (UNIDAD TERMINAL REMOTA)

Está conformada principalmente por un microcontrolador que tiene la función de llevar el conteo de impulsos entregados por el transductor en el medidor y hacer el control de línea para habilitar el sistema al recibir la petición desde la central y realizar la entrega de la información almacenada en la memoria por medio de tonos multifrecuenciales.

La transmisión por medio de los tonos multifrecuenciales o DTMF, consiste en la combinación de un par de tonos de distinta frecuencia para cada cifra o número (0-9) que están comprendidas dentro de la banda de voz que oscila entre 300 Hz a 3 kHz[4]. Este par de tonos es la suma algebraica de dos señales sinusoidales divididas en un grupo de baja frecuencia y

uno de alta frecuencia como se muestra en una matriz de teclado (Figura 3).

**Figura 3. Frecuencias del sistema DTMF**

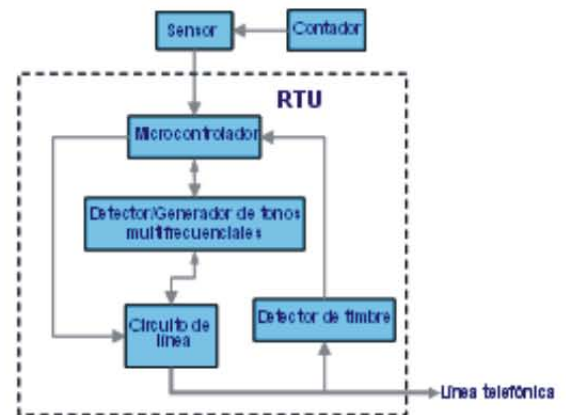
		Frecuencia del grupo bajo			
Frecuencia del grupo alto	Hz	697	770	852	941
	1209	1	4	7	*
	1336	2	5	8	0
	1477	3	6	9	#
	1633	A	B	C	D

#### 1.2.1. Características Del Sistema RTU

Todo el sistema RTU esta conformado, en detalle, por cuatro etapas todas interconectadas y controladas por el microcontrolador.

En el diseño de la RTU se tuvo en cuenta las limitaciones de espacio disponible para la instalación del dispositivo en la caja del medidor y se logró incorporar la totalidad del sistema en un área de 5 cmx5 cm, y se espera que haciendo uso de elementos con tecnología de superficie y bajo consumo, se pueda lograr que la duración de la batería sea cercana a un año (ver Figura 4).

**Figura 4. Elementos de la RTU**

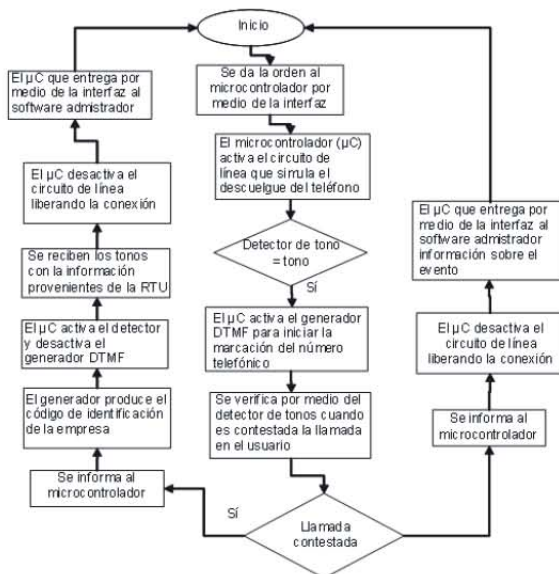


- Transductor o sensor del medidor: Entrega las señales de pulso a ser contadas por el microcontrolador.
- Detector/Generador DTMF: en esta etapa la detección y generación de los tonos multifrecuenciales se hace posible por medio de un transceiver DTMF que transmite la información a través de la línea telefónica. Éste es activado por medio del microcontrolador que le indica cuándo debe trabajar y de qué manera, si como receptor o transmisor
- Circuito controlador de línea: Etapa en la cual se hace el



el software Administrador en donde se hace el requerimiento de la información, y tener acceso a una línea telefónica.

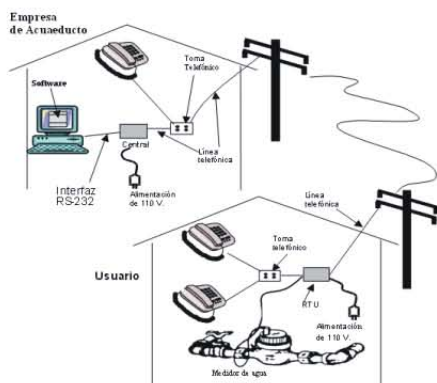
**Figura 7. Diagrama de flujo de las etapas de la Central**



La conexión general se puede observar detalladamente en la Figura 8. Toda la comunicación se hace por medio de la línea telefónica en donde, uno a uno, los datos se obtienen en tonos, y de la misma manera se hace la transmisión y la recepción de los obtenidos; además también se trabaja la detección de tonos de invitación a marcar y ocupado, eventos que se pueden dar al momento de realizar la comunicación.

Sólo en la RTU, como se indica en la Figura 8, los aparatos telefónicos deben de ir conectados a la salida, es decir, que la línea telefónica llega primero a ella y de allí se deriva la conexión a todos los teléfonos ubicados en la residencia del usuario, esto para que cuando se reciba una llamada y si detecta que es de la empresa de acueducto, desconecte los teléfonos del usuario para que no interfieran en la comunicación.

**Figura 8. Conexión general del sistema de Telemetría**



El proceso que se realiza para obtener el consumo es el siguiente:

- Desde la central de información de la empresa se selecciona al usuario al que desea conocer el dato del registrador.
- Se inicia con el proceso de llamada al número telefónico almacenado en la base de datos y asignado a ese usuario, todo esto se hace por medio del elemento denominado con el mismo nombre, Central.
- La llamada se recibe en la residencia del usuario de la misma forma como se recibe cualquier otra y cuando ésta es contestada y en la central se detecta esto, se hace envío de un código que la RTU identifica para dejar momentáneamente fuera de servicio la derivación de la línea a la residencia por 5 segundos, tiempo de sobra para realizar el envío y restablecer todo a la normalidad.
- Cuando el dato se recibe en la central, ésta la transmite al computador por medio de la interfaz serial.
- Obtenida la información se almacena por medio del software diseñado especialmente para esta aplicación y se continúa con el siguiente usuario.

Todo el proceso anterior se realiza en un tiempo aproximado de 30 segundos que, aunque puede ser el mismo utilizado al hacerlo manualmente, se ahorra el tiempo de los desplazamientos del personal encargado de tomar las lecturas y además se obtiene de forma inmediata la información en la base de datos de la empresa y sin posibilidad de error humano en la lectura.

## 2. LECTURA DE DATOS HACIENDO USO DE LA TELEFONÍA CELULAR

Tomando como referencia los sistemas de comunicación inalámbricos se propone el diseño de un sistema que integre la tecnología de la telefonía celular y la Internet, para automatizar la lectura de los medidores de agua, comúnmente utilizada en aplicaciones de ubicación de flotas, sistemas de seguridad, entre otras; que permite obtener de manera segura y en un tiempo menor al que normalmente se está empleando para esta labor.

### 2.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA AMR

El sistema está compuesto por tres elementos: el elemento de hardware, el medio de comunicación y el elemento software (Figura 9).

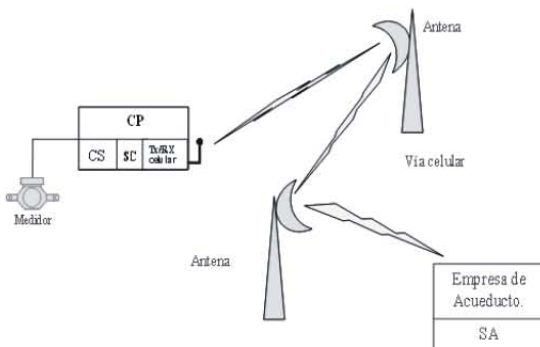
#### 2.1.1. Elementos del Hardware

- Medidores de consumo de agua o hidrómetros.
- Concentradores de señal (CS), también llamados concentradores de impulsos o concentradores secundarios, utilizados para almacenar la señal de impulsos generada en los medidores de agua, llevar el

registro de ellos y realizar el envío de los datos debidamente procesados en forma inalámbrica a un concentrador principal también llamado concentrador primario.

- Concentrador general, concentrador principal o concentrador primario (CP), tienen la función de recibir los datos en forma inalámbrica de todos los otros concentradores secundarios; almacenarlos y enviarlos por a la empresa haciendo uso de la plataforma de telefonía celular.

**Figura 9. Elementos del sistema AMR**



## 2.2. ELEMENTOS DEL SOFTWARE

- Software de comunicación interna (SCI), es aquel existente en los concentradores secundarios, el concentrador primario y los equipos electrónicos de lectura o almacenamiento.
- Software administrador (SA), tiene la función de acceder a un banco de datos, generado a partir del software de comunicación realizando el proceso conveniente, ya sea generando cuentas, información o usuario, historiales del consumo o controlando funciones de accionamiento de carga. Conforme es utilizado, el software administrador deberá ser adecuado para ejecutar determinadas funciones.

## 2.3. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

La transmisión inalámbrica de datos, desde el medidor hacia la empresa de acueducto o central de almacenamiento, se hace posible haciendo uso de la tecnología GPRS (General Packet Radio Service) conocida como 2.5G (dos y media generación de la comunicación móvil) que integra un nuevo concepto en compartir el mismo ancho de banda de la red de GSM. Usa transmisión de datos por protocolo orientado por paquetes IP[12].

### 2.3.1. GPRS (General Packet Radio Service)

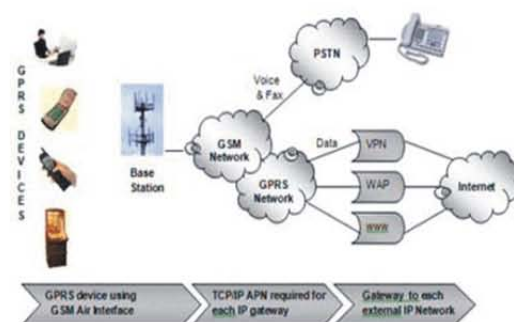
Con GPRS, la información se divide en paquetes distintos pero relacionados antes de que se transmitan y se reúnen al recibirse. La Internet misma es otro ejemplo de una red de datos de paquete. La conmutación de paquetes quiere decir que los recursos de radio de GPRS ven el uso solamente cuando los usuarios están en realidad transmitiendo o recibiendo los datos[7].

Entre las ventajas que se tendría con la tecnología de GPRS comparada con GSM, se tienen:

- Transmisión simultánea de la voz y los datos en el mismo canal.
- Amplia cobertura en todas las unidades.
- Acceso rápido y permanente de los datos.
- Con la tecnología de GSM, tarda 15-30 segundos el hacer una conexión a la red y este tiempo es requerido para cada nueva conexión. En el sistema de GPRS, en cuanto la conexión es hecha, se quedará permanentemente activo.
- Aumento importante en la velocidad de transmisión de datos.
- En promedio, en la red de GSM la velocidad puede alcanzar hasta 9.6 kbps. En GPRS ésta puede variar entre 40 y 144 kbps.
- Usa un protocolo popular, X.25 e IP.
- Muchos sistemas operativos de teléfono y diferentes módems celulares pueden ser usados, resultando en las elecciones flexibles e independientes en el mercado.
- Ahorro de costos.
- En la tecnología de GSM, la facturación depende del tiempo de la conexión. En el sistema de GPRS, depende de la cantidad de los datos transmitidos.

Los elementos que conforman este tipo de tecnología se pueden visualizar en el diagrama de la Figura 10[5].

**Figura 10. Diagrama de elementos de la tecnología GPRS**



### 3. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Al analizar algunos sistemas de telemetría AMR utilizados en el mundo para la lectura de medidores de energía, gas o agua, se llegó a la conclusión que para la implementación de alguno de éstos por cualquiera de las empresas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios del país es necesario tener en cuenta muchas de las características relacionadas con la instalación, el medio en el que va a trabajar, la ubicación de los medidores y del sistema que realizará la comunicación y algunos otros factores como el consumo de potencia, voltaje de alimentación, tamaño físico del sistema, etc.; que determinarán el buen funcionamiento del mismo.

Al hacer uso de la línea telefónica como medio de transmisión se determinó que:

- Este puede ser un sistema económico que en la práctica ya está implementado (redes) y hace que las pruebas realizadas a éste mismo proyecto estén sujetas a un sistema real.
- No se necesita de una línea dedicada ya que es un sistema que se adapta a la misma línea telefónica residencial de un usuario sin ocasionar problemas e interferencias en esta misma.
- Se pueden transmitir señales de audio moduladas entre las bandas de 300 y 3400 Hz, lo que hace fácil la transmisión de los diferentes tonos utilizados comúnmente en los teclados telefónicos.
- Entre dos sistemas de posiciones fijas localizadas a grandes distancias es el más simple, por utilizar un medio transmisión físico como la línea telefónica.

Aunque hasta el momento no se ha realizado un estudio de mercado para determinar de cuanto sería el ahorro real con la implementación de este sistema, como antecedente se hace referencia a entidades internacionales<sup>[1][2]</sup> que aunque han aceptado que la inversión para esto es algo elevada, han concluido, al paso de los años que ésta se recupera y además de eso, también han obtenido un mayor control sobre los medidores, proveer a los usuarios una mejor información sobre el uso del agua, una facturación más exacta y bajas tarifas de subsistencia para las mismas empresas.

Finalmente al complementar este sistema de telemetría con la telefonía celular y la Internet este sistema puede realizar la comunicación de los datos con mayor eficiencia (tiempo) en la recepción y visualización de éstos, en cualquier momento que el usuario lo desee, ya sea haciendo uso de su teléfono celular o por medio de una página Web obtenerla y conocerla mucho antes de que su factura le sea entregada, lo cual puede generar en él, en cierta manera, un sentido de ahorro y control sobre su consumo.

La transmisión de los datos por medio de esta tecnología puede ser realizada por alguna de las empresas que prestan este servicio en el país, como lo son: Movistar, Comcel o Colombia Móvil S.A., con un costo y un tratamiento similar al

envío de mensajes de texto que se maneja en ellas. Para concluir, las pruebas a realizar en este sistema, se utilizará la plataforma de comunicación de la empresa Telefónica Móviles de Colombia Movistar, con la cual se espera determinar todo lo relacionado a este medio de transmisión en esta aplicación.

### 4. REFERENCIAS

ARCTNET (online). Autometric meter Reading (AMR) system, 2001.

[http://www.archnetco.com/english/product/product\\_s1.htm](http://www.archnetco.com/english/product/product_s1.htm)

BADGER METER (online). Toronto mejora sus ingresos a través de la tecnología y el servicio al cliente Badger Meter, 2005. <http://www.badgermeter.com/pdf/new/scon9-05.pdf>

COHISA (online). Contadores de agua, enero 2004. <http://www.cohisa.com/pdf/TarifaConta.pdf>

COLABORADORES DE WIKIPEDIA. Marcación por tonos (online). Wikipedia, La enciclopedia libre, 2006 28 de marzo del 2006.

[http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Marcaci%C3%B3n\\_por\\_tonos&oldid=2702696](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Marcaci%C3%B3n_por_tonos&oldid=2702696).

COMTECH M2M (online). (Bolton, Lancashire), enero 2006. <http://www.comtechm2m.com/m2m-technology/gprs-tutorial.htm>

CUESTA VELÁSQUEZ, Andrés Jaime y SAAVEDRA MORENO, Lisa. Diseño y Construcción de un Sistema de Telemetría para Automatizar los Procesos de Facturación en la Compañía de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (CAMB). Trabajo de pregrado (Ingenieros Electrónicos). Universidad del Valle y Universitaria de Investigación y Desarrollo (UDI). Facultad de Ingeniería Electrónica. Área de telecomunicaciones.

CURT, Wendt. Remote radio or telephone? InTech. Durham: Sep 2005. 21, 5 pág.

GONZÁLEZ, Rufino G. Electrónica, microcontroladores y microprocesadores: Repertorio de instrucciones para los microcontroladores. 3ed. [folleto]. Madrid: Multipress S.A., 2000, 2 15.

GRUENBERG, Elliot L. Handbook of telemetry and remote control. New York: Mcgraw-Hill, 1967. 1459 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana: Medición del flujo de Agua en conductos cerrados. Medidores para agua potable fría. Parte 1: especificaciones. Segunda actualización. Colombia: ICONTEC, 1995.

NATIONAL SEMICONECTOR. National Analog and Interface Products Databook. 400059. Santa clara, California: National Semiconector, 1999.

ROSA Aldo, Innovative Handling of Telemetry Enhances Gas System Automation, Pipeline & Gas Journal. Dallas: Nov 2005. Tomo 232, No. 11; 54, 3 págs.

ROZAS Norberto, Racine Tadeu Araújo Prado: Implantação De Sistemas De leitura Automática De Medidores De Insumos Prediais. Boletín Técnico Serie BT/PCC, 2002.

SENSUS METERING SYSTEMS. (online). Contador chorro único para agua fría, 2006.  
[http://www.sensus.com.mx/sitio/folletos/chorro\\_unico.pdf](http://www.sensus.com.mx/sitio/folletos/chorro_unico.pdf)