

Comunicación DNP 3.0 a través de una red CDPD

Alejandro Ramírez
Vicepresidente
Teletrol C.A.
Caracas, Venezuela
alejandro.ramirez@teletrol.com.ve

Francisco Maldonado T.
Ingeniero de Desarrollo
Teletrol C.A.
Caracas, Venezuela
francisco.maldonado@teletrol.com.ve

PALABRAS CLAVES

CDPD, DNP, SCADA

RESUMEN

El presente trabajo describe la integración de un Concentrador de Datos con reconvertidores de disparo transferido utilizando el protocolo DNP 3.0 y su facilidad de Respuestas no Solicitadas en una red CDPD para la supervisión de las líneas de distribución a lo largo del área metropolitana de Caracas en Venezuela.

La tecnología CDPD (Cellular Digital Packed Data) viene a presentar una alternativa confiable y económica tanto en la instalación como en el mantenimiento en el área de automatización si se une con la exactitud, robustez y versatilidad del protocolo DNP 3.0 especialmente en el área de automatización eléctrica aunando a esto la capacidad que tiene el protocolo DNP 3.0 en su modo esclavo de envío de Mensajes no Solicitados disminuyendo considerablemente el tráfico de datos por el canal y por ende el costo del servicio CDPD debido a que es facturado por la cantidad de datos enviados por el canal.

El sistema CDPD implementa una red de comunicación que cumple con los estándares de TCP/IP y UDP/IP. Algunas de las ventajas de este sistema son: Comunicación por excepción, alta velocidad de transmisión, no requiere el uso de antenas direccionables y bajo costo de la instalación, mantenimiento y servicio; éste último depende de la cantidad de datos que se transmitan por el canal.

Por otro lado el protocolo DNP 3.0 (Distributed Network Protocol), es un protocolo abierto y no propietario basado en tres de las capas del modelo OSI (Open Systems Interconnections), la Capa Física, la Capa de Enlace y la Capa de Aplicación. Entre sus principales características tenemos: Soporta el direccionamiento de más de 65000 dispositivos con direcciones diferentes, permite los mensajes en "Broadcast", reportes por excepción, segmentación en múltiples tramas en el mensaje de respuesta para disminuir los errores y la pérdida de datos, y el envío de mensajes sin solicitud previa (Mensajes No Solicitados), que es la característica más importante en la realización de este proyecto.

INTRODUCCIÓN

Una de las más importantes inquietudes que han tenido, tanto las empresas integradoras de Sistemas de Automatización para la industria, como las empresas clientes que utilizan estos sistemas para la supervisión y control de sus procesos industriales, ha sido la búsqueda de una eficiente plataforma de comunicación desde las RTUs (Unidades Terminales Remotas) e IEDs (Dispositivos Electrónicos Inteligentes), hasta la Estación Maestra donde se recibe y procesa toda la información proveniente de campo enviada por estos equipos.

Más aún, en la Industria Eléctrica, la información proveniente de campo debe ser lo más detallada y exacta posible, la velocidad de transmisión de la información debe ser rápida y con el mínimo de errores en los datos, el medio físico debe ser lo suficientemente robusto como para que no se pierda o exista un número despreciable de fallas en ese medio o canal de comunicaciones. Aunado a esto vale la pena mencionar los costos en cuanto a instalación, tarifas y mantenimiento de dicho canal de comunicación que influyen también en la selección de una buena plataforma de comunicación para un Sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente la selección de una buena plataforma de comunicación para un Sistema Scada se enfoca en los siguientes puntos:

- Versatilidad existente entre los equipos que se van a comunicar (RTUs, IEDs, Estación Maestra, etc.), para que soporten distintas formas de comunicación.
- El protocolo de comunicaciones entre estos dispositivos debe ser lo suficientemente completo (múltiples objetos, gran variedad de *function codes*, etc.), para suministrar una información detallada del proceso de campo más aún en la empresa Eléctrica.
- El medio físico; esto incluye su infraestructura, el protocolo que manejará el empaquetamiento de la información, la velocidad de transmisión y el costo que esto involucra.

En este trabajo se describirá la red CDPD como plataforma en un Sistema SCADA transportando información utilizándose el protocolo DNP 3.0 como protocolo de comunicaciones entre los dispositivos. Se explicará por qué escoger DNP 3.0 como uno de los protocolos más completos y versátiles para aplicaciones eléctricas bajo una red CDPD y cómo la mezcla de los dos disminuyen los costos del servicio y aumentan la eficiencia y velocidad de la comunicación, aunado a los bajos costos de instalación y mantenimiento que tiene la plataforma CDPD.

Se explicará el proyecto de integración donde surgió la necesidad de integrar unos reconectores de disparo transferido ya instalados en campo con una submaestra concentradora de datos comunicándose mediante el protocolo DNP 3.0 a través de una red CDPD.

CONCEPTOS GENERALES

¿QUÉ ES CDPD?

CDPD (Cellular Digital Packed Data) es una tecnología que permite usar ciertos canales de voz del sistema de telefonía celular para transmitir datos digitales.

La amplitud de las especificaciones de CDPD permite su compatibilidad a los sistemas de interconexión abierta (OSI) aportándole la ventaja de futuras expansiones. CDPD soporta el protocolo IP multicast (uno a muchos). Las compañías de telefonía celular que ofrecen soporte CDPD hacen posible a los usuarios conectarse hasta los 19.2 Kbps.

CARACTERÍSTICAS DE CDPD

- **Estándar abierto.** Este protocolo se hace compatible con virtualmente todas las aplicaciones basadas en IP.
- **Alta velocidad.** El CDPD funciona con una rata de transmisión hasta los 19200 bps.
- **Confiabilidad.** Detección robusta de errores y la capacidad de corrección están embebidas dentro de los sistemas CDPD, lo que asegura que la data sea transmitida segura e íntegramente.
- **Costos y beneficios.** El CDPD tiene una de las mejores relaciones costo beneficios ya que el usuario paga solo la cantidad de data que envía, sin importar la distancia entre los equipos. El uso de CDPD en Sistemas SCADA que recolectan data de unidades remotas de control para aplicaciones de sistemas distribuidos en geografías extensas, viene a representar una reducción significativa de los costos en los sistemas de comunicación entre las RTUs y las salas de control. Esta comparación es aplicable desde el punto de vista de la infraestructura inicial hasta los costos de mantenimiento.

DNP 3.0

El protocolo DNP (Distributed Network Protocol), originalmente desarrollado por Westronic Inc. en 1990, actualmente GE Energy Services, documentado y puesto al público en 1993, es un protocolo basado en los estándares de comunicación IEC 870-5 diseñado para la industria en aplicaciones de telecontrol, especialmente enfocado hacia el sector eléctrico por la precisión y calidad de la información que transporta.

Es un protocolo de comunicaciones abierto y no propietario diseñado basándose en un modelo que incluye tres de las capas del modelo OSI (Open Systems Interconnections), denominado EPA (Enhanced Performance Architecture): Capa de Aplicación, Capa de Enlace de Datos y Capa Física.

El DNP 3.0 es muy eficiente por ser un protocolo de capas, mientras que asegura alta integridad de datos. Es adecuado para aplicaciones en el ambiente SCADA completo: RTU-IED, Maestra-Remota, punto-punto y aplicaciones de red.

CARACTERÍSTICAS DEL DNP 3.0

- Pueden existir más de 65000 dispositivos con direcciones diferentes en un mismo enlace.
- Permite mensajes en "Broadcast".
- Confirmaciones al nivel de la Capa de Enlace y/o Capa de Aplicación garantizando así alta integridad en la información.
- Solicitudes y respuestas con múltiples tipos de datos en un solo mensaje, y permite objetos definidos por el usuario incluyendo la transferencia de archivos.
- Segmentación de los mensajes en múltiples tramas para garantizar una excelente detección de errores y recuperación de tramas con errores.
- Puede incluir solo datos que hallan cambiado en el mensaje de respuesta (Reporte por excepción).

- Asigna prioridades a un grupo de datos (clases), y los solicita periódicamente basándose en las mismas.
- Los dispositivos esclavos pueden enviar respuestas sin solicitud (Respuestas no Solicitadas).
- Soporta sincronización temporal con un formato de tiempo estándar.

RESPUESTAS NO SOLICITADAS

Esta es una capacidad que tiene el protocolo DNP 3.0, que permite a los dispositivos esclavos respondan a los maestros sin que éstos los interroguen. Por lo general se usa esta característica para que los dispositivos esclavos reporten los eventos ya sean las alarmas, secuencia de eventos y/o cambios en las mediciones sin necesidad de preguntar por ellos.

El criterio para que un dispositivo esclavo reporte Respuestas no Solicitadas se basa en dos parámetros, configurables en todo dispositivo que se comunique en DNP 3.0 y que soporte esta propiedad:

- **HOLD COUNT:** este parámetro configura un número determinado de eventos o cambios que tienen que ocurrir para que el dispositivo tome la decisión de enviar una Respuesta no Solicitada reportando dichos eventos.
- **HOLD TIME:** este parámetro configura el tiempo máximo que debe pasar hasta que el dispositivo envíe una Respuesta no Solicitada. Con este parámetro se evita el caso en que ocurran eventos en el dispositivo pero que no superen en número al HOLD COUNT, entonces el dispositivo espera el HOLD TIME para enviar los eventos que tiene almacenado.

PROYECTO DE INTEGRACIÓN

ANTECEDENTES

Es importante resaltar que toda la información anterior es necesaria para tener una visión básica de lo que se describirá a continuación. Este proyecto surgió de la necesidad de la empresa cliente de mejorar la comunicación entre relés de protección monitoreo y control asociados a equipos reconectores instalados en campo y la MTU. Anteriormente este sistema utilizaba el protocolo de comunicaciones MODBUS, el cual carece de un esquema de reporte por excepción (envío de tramas con la información de aquellos puntos que han cambiado en campo desde el último reporte) y de timestamp (etiqueta de tiempo que se le agrega a cada cambio en el momento en que ocurrió). Aparte de esto, el esquema de comunicación bajo este protocolo se basa únicamente en el de pollings (interrogaciones constantes por parte del dispositivo maestro a los dispositivos esclavos en intervalos de tiempo determinado), esto obligaba a tener un compromiso entre la rapidez con la que se quería recibir la información de los reconectores y el costo del servicio CDPD. Este problema se debía a que para recibir rápidamente la ocurrencia de los eventos se tenían que hacer pollings más rápidos a cada reconector lo que ocasionaba que por el canal CDPD circularan datos continuamente y esto hacía que el servicio se hiciera cada vez más costoso, pero para reducir este costo se debían hacer los pollings en intervalos de tiempo más largos ocasionando a su vez que los datos no se recibieran a tiempo.

Se quería tener una comunicación manteniendo la plataforma CDPD pero al mismo tiempo el manejo de la data en el canal debía ser lo más reducido posible para disminuir los costos del servicio pero sin

perder la rapidez de recepción de la información de campo; de esta forma se necesitaba un esquema en el cual los dispositivos esclavos reportaran espontáneamente la ocurrencia de eventos sin necesidad de interrogarlos constantemente.

Estas características básicas y muy importantes en sistemas eléctricos, se encuentran presentes en el protocolo de comunicaciones DNP 3.0, las cuales permiten que el operador del sistema, sea capaz de enterarse de eventos de ocurrencia muy cercana en el tiempo (diferencias de milisegundos), y de saber con precisión cual fue el primer evento en generarse, lo que permite realizar análisis más fidedignos en caso de fallas y además tiene la versatilidad de soportar el reporte de datos mediante polling o espontáneamente (sin solicitud).

El nuevo sistema utiliza una red CDPD en DNP 3.0 y una submaestra Concentradora de Datos para la supervisión y detección de fallas de las líneas de distribución aérea en el área metropolitana de Caracas.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS

La idea es instalar un Concentrador de Datos que recolecte información de alrededor 250 reconvertadores de la forma descrita anteriormente. Debido a la gran cantidad de reconvertadores a supervisar lo mejor sería distribuir la comunicación con estos entre varios canales pero aún así existiría una cantidad considerable de IEDs por cada canal. Si el concentrador de datos interrogara cada cierto tiempo a cada reconvertador se tendría el canal cargado de datos continuamente y tomaría mucho tiempo interrogar todos los reconvertadores por los eventos que ocurren en ellos.

A nivel mundial no es nuevo implementar DNP sobre CDPD pero lo peculiar de este proyecto es lograr que cada reconvertador envíe Respuestas No Solicitadas al concentrador de datos y así éste no tendría que interrogar constantemente a los reconvertadores y solo recibiría la información necesaria en el tiempo necesario. Esto disminuiría considerablemente el tráfico de datos en el canal.

Si seleccionamos como canal a una red CDPD donde la velocidad es alta y existe un mínimo de errores en el transporte de los datos y a esto lo unimos con DNP 3.0 como protocolo de comunicaciones entre el concentrador y los reconvertadores, obtendremos una plataforma de comunicaciones altamente robusta. Aunado a esto se disminuiría considerablemente el costo del servicio de CDPD debido que al utilizar la propiedad de Respuestas No Solicitadas disminuye considerablemente el tráfico de datos a través del canal facturándose solo dicha data.

ARQUITECTURA

Inicialmente se hicieron unas pruebas la cual constaba de un Concentrador de Datos conectado a un módem CDPD que se comunicaría con dos reconvertadores cada uno con su módem CDPD como se puede observar en la figura 1.

Con Respuestas No Solicitadas la comunicación es iniciada por los relés asociados a los reconvertadores hacia el concentrador. Al ocurrir un evento en la línea monitoreada por un relé determinado, éste envía inmediatamente la data al módem para establecer la comunicación. Inicialmente el módem verifica si el canal CDPD se encuentra ocupado por otro módem y el módem del concentrador, si es así, espera hasta desocuparse para enviar los eventos, esto elimina totalmente la presencia de colisiones en el canal. Al desocuparse el canal se establece la comunicación con el módem del concentrador y se envían los eventos, esto se puede visualizar fácilmente en la figura 2.

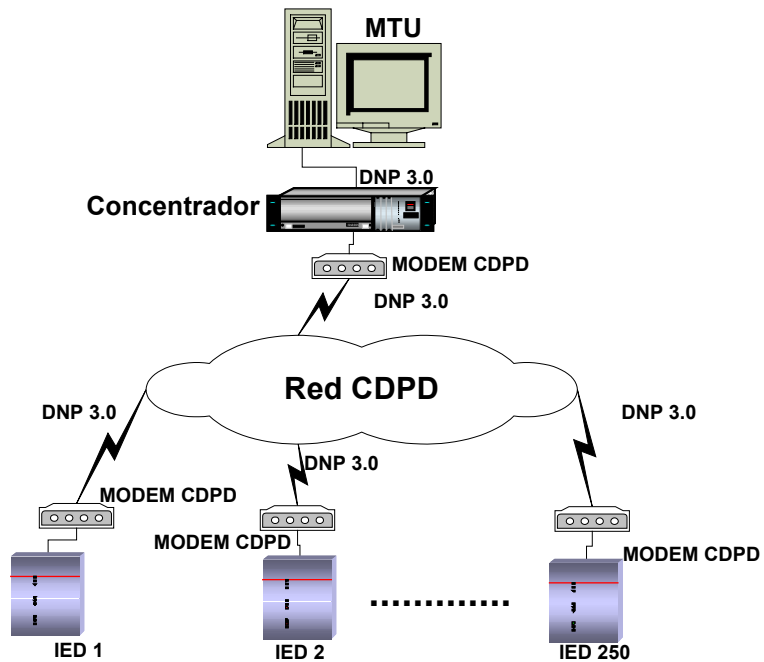


Fig.1 Arquitectura del proyecto.

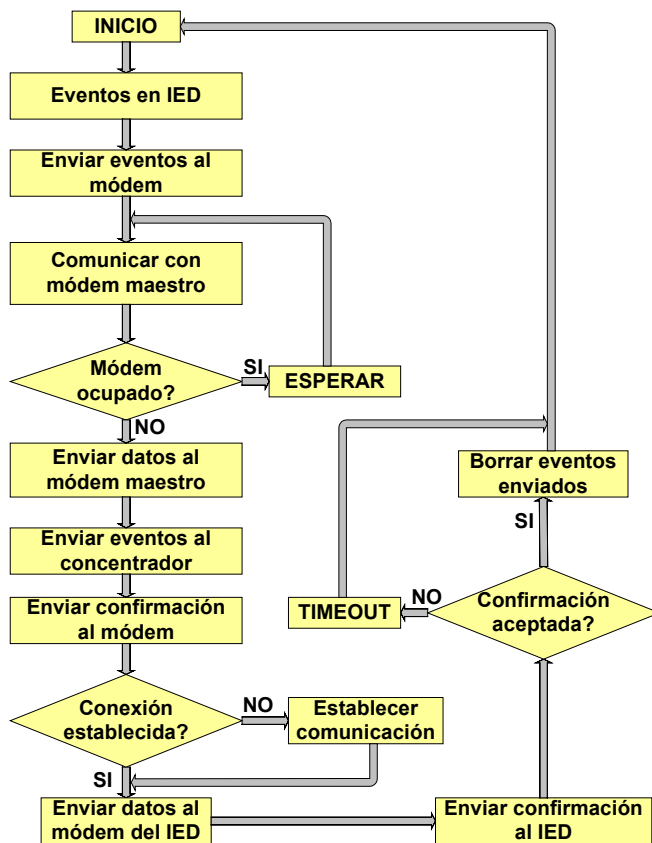


Fig. 2 Esquema de Comunicación por Respuestas No Solicitadas.

Es necesario destacar que con Respuestas No Solicitadas se espera una confirmación por parte del dispositivo maestro, en este caso el concentrador, que la data ha sido recibida satisfactoriamente para eliminar los eventos reportados de la memoria del dispositivo esclavo, descartando la posibilidad de pérdida de eventos por errores en la comunicación.

La configuración de los módems CDPD, el mantenimiento de los mismos y del canal es realizada por la empresa suministradora del servicio CDPD de manera remota lo que disminuye el costo de la instalación y el mantenimiento.

La comunicación en DNP 3.0 en la red CDPD debe soportar tanto la forma de interrogaciones (polling), como la de Respuestas no Solicitadas. Estos módems soportan código Hayes basado en los comandos AT al igual que los módems convencionales de discado telefónico lo que permite poder ser configurados por parte del usuario y se utilizarían direcciones IP en vez de números telefónicos para direccionar hacia dónde transmitir la información, estos comandos tendrían que ser enviados por los dispositivos que están conectados a los módems en este caso el Concentrador de Datos y los relés asociados a cada uno de los reconectores.

La conexión entre el módem y el dispositivo es vía serial RS232. El proceso de transporte de la información sería prácticamente el mismo que como si se estuviese utilizando módems dialup. Todos los módems CDPD tendrían una dirección IP asignada y el dispositivo tendría que enviar un comando AT al módem que tiene conectado con la dirección IP del módem del otro dispositivo al que se quiere comunicar.

Como los modelos de estos relés que se están utilizando no soportan el manejo de módems CDPD, pero como al mismo tiempo estos dispositivos solo reportarían a un mismo dispositivo maestro, en este caso el concentrador de datos el cual tiene un módem asignado con una dirección IP particular; se pueden configurar los módems CDPD de cada uno de los reconectores para que envíen la información a esa dirección IP cuando estos detecten data en su conexión serial, esto es ideal en el caso de las Respuestas No Solicitadas.

Esta arquitectura hace que la comunicación carezca de cualquier probabilidad colisiones en los datos ya que cuando el módem de un reconector se conecta con el del concentrador o viceversa, el canal se encuentra ocupado por los dos módems obligando a los demás módems esperar a que el canal se encuentre libre para enviar la información.

Aunque el proyecto está enfocado a la recepción de información de campo proveniente de equipos reconectores a un Concentrador de Datos por la vía DNP 3.0 en la modalidad de Respuestas no Solicitadas, en forma periódica, aunque sea un intervalo de tiempo considerable, el concentrador debe interrogar a cada uno de los reconectores ya sea para actualizar la información, sincronizar el tiempo, etc. Es por ello que este concentrador tiene que soportar el manejo de estos módems para direccionar la data a cada uno de los reconectores.

El driver DNP 3.0 del concentrador que se utilizó posee la aplicación de manejo de módems tipo "dialup", el cual se adapta perfectamente para manejar los módems CDPD debido a que estos módems se operan mediante código Hayes al igual que los "dialup", asociando así la dirección en DNP de cada reconector a la dirección IP del módem CDPD que está conectado al mismo.

Bajo este direccionamiento IP de los módems CDPD existe un direccionamiento DNP entre el concentrador y cada uno de los reconectores involucrados; este doble chequeo de direccionamiento garantiza aún más la calidad de la información.

BENEFICIOS Y FACILIDADES DEL SISTEMA

Actualmente la implementación de esta forma de comunicación incluyendo el DNP con Respuestas No Solicitadas en la plataforma CDPD ha traído una variedad de beneficios tanto operativos como económicos que no se tenían con el protocolo MODBUS entre los cuales tenemos:

- Respuesta rápida de los eventos que ocurren en campo sin la necesidad de interrogar por ellos. El reporte de eventos por parte de los equipos ubicados en campo se redujo a segundos supervisando muchos más relés en el mismo canal en comparación con la comunicación MODBUS en que el reporte de datos era en el orden mayor a los 5 minutos debido a que se debía configurar el tiempo de polling mayor a este valor para reducir el costo CDPD.

- Se pudo incrementar el número de puntos a supervisar por reconvertidor debido que la cantidad de Bytes transmitidos y recibidos se redujo substancialmente.

- El conteo de bytes transmitidos/recibidos en el canal CDPD de acuerdo con la facturación de la empresa suministradora del servicio arrojó un resultado de 500 Kbytes/mes, alrededor de 2180 Kbytes/mes menos de los que se tenía cuando la comunicación era en MODBUS, lo que produjo una reducción de los costos de alrededor un 40%, esto se puede ver en la siguiente tabla I.

Tabla I. Rango de precios de referencia aproximado por bytes procesados del servicio CDPD.

Consumo en Kbytes	Precio en \$ Aproximadamente	Consumo
Desde 0 hasta 250	30.5	Utilizando DNP con Respuestas No Solicitadas Utilizando MODBUS
Desde 251 hasta 1000	81	
Desde 1001 hasta 3000	134	
Desde 3001 hasta 5000	168	
Desde 5001 hasta 10000	210	
Más de 10000	261	

- Tanto el concentrador como los relés son de fácil configuración y mantenimiento facilitando a que el usuario del equipo pueda hacer el mantenimiento de los mismos con la mínima ayuda de la empresa integradora disminuyendo así los costos por servicio de mantenimiento de los equipos.

- Aunque usualmente la empresa suministradora del servicio CDPD se encarga del mantenimiento de los módems remotamente, el usuario tiene la facilidad de hacer su propio mantenimiento remoto teniendo un PC, un módem CDPD configurado para monitorear los otros módems, y el software de configuración que se puede encontrar fácilmente en internet, disminuyendo igualmente los costos de mantenimiento al ser el mismo usuario el que la realiza.

CONCLUSIONES

La comunicación DNP 3.0 utilizando Respuestas no Solicitadas a través de una red CDPD reduce considerablemente los costos de éste servicio, además la mezcla entre DNP 3.0 y CDPD involucra al protocolo de comunicaciones más confiable y avanzado en el área de automatización con una red inalámbrica muy segura que tiene bajo costo y facilidad en la instalación y mantenimiento.

Entre otros beneficios de esta mezcla entre DNP y CDPD se tiene la gran velocidad de transmisión, una disminución considerable de errores en los datos, gran versatilidad para adaptarse a los equipos de automatización involucrados que comuniquen DNP 3.0.

REFERENCIAS

- (1) Maldonado, Francisco. "Desarrollo de una interfaz de comunicación a través de una línea telefónica en el driver DNP 3.0 para Realflex 4". Informe Final de Cursos de Cooperación, presentado ante la Universidad Simón Bolívar. TELEtrol, C.A., Caracas, DC, Venezuela, Marzo, 1999.
- (2) Airlink Communications, Inc. "Raven/PinPoint AT Commands Quick Reference". Airlink Communications, Inc. Fremont, California, E.E.U.U., Junio, 2001.
- (3) GE Harris Energy Control Systems Canada, Inc. "DNP V3.00 Data Link Configuration Guide". No. B013-OCG.WES Versión 5.00, Rev. 2. GE Energy Services. Calgary, Alberta, Canada, Marzo, 2001.
- (4) DNP Users Group. "DNP V3.00 Subset Definitions". No. P009-0IG.SUB. Versión 2.00. DNP Users Group. Calgary, Alberta, Canada, Noviembre, 1995.
- (5) Ramírez, Alejandro y Torre, Mario. "Distributed Network Protocol (DNP)". Sección VII, II Jornadas de Sistemas de Instrumentación y Control, Caracas, Venezuela, Mayo, 1994.
- (6) Valladares, Damian. y Zuloaga, Iñiqui. "Comunicación Digital Vía Telefonía Celular". Publicación de ADASOFT de Venezuela.