

Medidas y Análisis de la red EDGE/GPRS-GSM en Catamarca

Enrique Mariano Lizárraga¹, Sergio Hilario Gallina¹ & Matias Zamboni¹

(1) Departamento de Electrónica, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca.

lizarem@gmail.com, sgallina@tecno.unca.edu.ar

RESUMEN: En nuestro país la infraestructura GSM brinda la principal tecnología de comunicaciones móviles celulares, aunque ante un actual crecimiento de la cobertura 3G. Considerando que como técnica de comunicación no orientada a la conexión se brinda EDGE (*Enhanced Data Rates For Global Evolution*) y GPRS (*General Packet Radio Service*), este documento describe un método de medición de prestaciones de esta red, y sus resultados al ser aplicado en cierta zona geográfica la provincia de Catamarca.

1 INTRODUCCIÓN

En este documento se demuestra la posibilidad de utilizar de la red EDGE/GPRS en la provincia de Catamarca (u otro punto del país) para satisfacer necesidades de conectividad en general, aunque enfocados en el control y monitoreo de parámetros desde ubicaciones distantes, según se analiza en [4]. Esta solución se cree de gran utilidad para el sector empresarial y los organismos públicos que podrían de esta manera conocer en tiempo real el estado de la maquinaria de producción actuando remotamente, o informarse sobre el clima o el estado instantáneo de la provisión de un servicio público (agua, electricidad, etc.), controlar flotas de vehículos, mejorar aplicaciones entre máquinas (M2M, *Machine to Machine*) en general, entre otros usos. Para contribuir a analizar tal hipótesis, se miden las prestaciones de la red móvil pública en la región aclarando que los resultados deseados son los que representan valores reales a los que un usuario tipo puede acceder, esto nos permite prescindir de cierta información a la que sólo podría acceder el área de ingeniería de las prestadoras.

A pesar de la presencia de UMTS-HSDPA (3G) en los centros más poblados del país, EDGE y GPRS no son tecnologías que puedan desaparecer en el corto plazo, dado que con EDGE/GPRS se ha dado el salto hacia las redes IP y esto es sobresaliente, pues en el futuro las tecnologías celulares han de cambiar, pero todo apunta a mantener y mejorar el soporte de IP (*Internet Protocol*).

Este texto se organiza como sigue, en la sección 2 se analiza la comunicación de datos en GSM, en la sección 3 y 4 se describen los componentes del sistema, que se evalúan en la sección 5. En la

sección 6 se exponen los resultados obtenidos y la conclusión se incluye en la sección 7.

2 TRANSMISIÓN DE DATOS EN GSM

Nos enfocamos en el análisis de un flujo de información binaria a través del canal inalámbrico de estas redes 2.5G, descartando el análisis del canal de voz. A continuación describiremos características de 3 alternativas encontradas para comunicaciones de datos en general, fundamentando la ventaja que representa utilizar EDGE/GPRS para aplicaciones como las propuestas en la sección 1.

2.1 CSD (*Circuit Switch Data*)

Se recurre a una topología tradicional para vínculos de datos entre estaciones (similar a la utilizada en redes anteriores a GSM), en este esquema a cada Terminal de Datos (DTE, *Data Terminal Equipment*) se la conecta a un modem que produce una señal que se puede enviar utilizando el canal de voz. Lamentablemente, la comunicación (orientada a la conexión) se tarifa por tiempo y esto determina un costo elevado, además de permitir una tasa de transferencia máxima de 14,4 kbps que para muchas aplicaciones es insuficiente. Otro defecto reside en que no todas las prestadoras de telefonía móvil aceptan solicitudes de servicio CSD. Con esta técnica los usuarios acceden a 1 *time slot* de la trama digital (recordar que GSM está basado en TDMA), y es por esto que se pueden enviar datos a un máximo de 14,4 kbps. Existe una modificación denominada HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*) que utilizando múltiples *time slots* (hasta 4) logra velocidades de 57,6

kbps en 1800/1900 Mhz ó 38,4 kbps en 850/900 MHz.

2.2 SMS (Short Message Service)

Permite el intercambio de cadenas de texto de hasta 160 caracteres entre dos teléfonos móviles. Fue definido como parte del estándar GSM en 1985. Si el destinatario de un mensaje no es alcanzable, el mensaje es encolado para nuevos intentos futuros (*store-and-forward*), pero las prestadoras se reservan la información sobre el tiempo de espera y cantidad de reintentos. La información digital transferida tendrá una tasa de transferencia muy baja, un costo muy alto (en relación con la cantidad de bits enviada por cada segundo) y el inconveniente que representa subdividir la información en bloques del orden de los 160 caracteres en una capa tan alta del resultante protocolo de comunicaciones. Sin embargo, un importante problema de esta alternativa es que se presenta retardo variable y en ocasiones del orden de las 15 horas, además de tratarse de una comunicación de tipo *best effort* (mejor esfuerzo) en la que la entrega no es garantizada.

2.3 GPRS (General Packet Radio Service)

La introducción de GPRS permitió a la red GSM acceder a lo que se denominó la “2.5G”. Apareció en las definiciones de GSM de 1997 y fue estandarizado primeramente por la ETSI (*European Telecommunications Standard Institute*) aunque luego lo hizo también la 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*). Está basada en la conmutación de paquetes abarcando este esquema incluso en la interfaz de radio. Brinda tasas de transferencia de hasta 171,2 kbps y la tarifa está pautada de acuerdo la cantidad de información transferida. Con GPRS se puede acceder a los beneficios como Internet móvil y otros servicios antes impensados, la limitación es tener una velocidad moderada. GPRS es adecuada para aplicaciones con transmisiones poco frecuentes, o aplicaciones en las que el tiempo medio entre conexiones consecutivas es mayor que la duración media de la conexión. Entre esta tipología se incluyen las aplicaciones interactivas, las transmisiones de ráfagas (*bursty*) en general, el acceso a Internet, las aplicaciones de telemedicina y las de telemetría.

La información que sale o llega a un móvil siempre debe ser cursada a través de un servidor montado en Internet. El servidor es necesario incluso si la comunicación se necesita entre 2 móviles. Siempre la dirección destino en un vínculo por GPRS es una dirección IP, por lo que

el destino de la información que sale del móvil que transmite deberá referenciar al servidor, este servidor deberá reenviar aquella información a otro móvil (receptor) si es necesario. En la figura 4 se describen los componentes principales de un sistema tipo de comunicaciones GPRS donde podemos destacar la existencia de los GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) que básicamente se encargan del encaminamiento y son el primer nodo donde el paquete saliente del móvil es analizado. El protocolo GPRS es de tres niveles OSI (igual que IP), por lo tanto se muestra transparente para todos los elementos de la red comprendidos entre el Terminal móvil y el nodo GSN al que se conecta lógicamente.

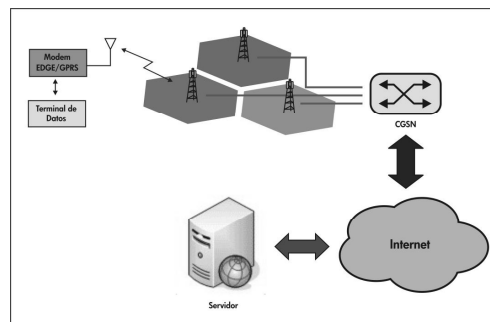


Figura 1. Comunicación GPRS

2.3.1 Velocidad en GPRS

La mejora en la capacidad de transferencia de GPRS radica en: los mejores esquemas de codificación, y el uso de varios *time slots* en simultáneo. Los 171,2 kbps máximos teóricos (CS-4) son difíciles de alcanzar en la práctica por la escasa disponibilidad de ancho banda en la interfaz de radio y por la elevada relación Señal/Ruido (S/N) necesarias.

Esquema de Codif.	kbps/timeslot (interfaz Abis)	Throughput kbps/(8 time slot)
CS-1	9,05	72,4
CS-2	13,4	107,2
CS-3	15,6	124,8
CS-4	21,4	171,2

Tabla 1: Máxima velocidad teórica según esquema de codificación GPRS

Los valores de la Tabla 1 se refieren a las velocidades disponibles en el nivel RLC/MAC (*Radio Link Control/Medium Access Control*), por lo tanto han de ser menores en la capa de aplicación, debido a las cabeceras de los protocolos superiores.

GPRS se monta directamente sobre la infraestructura de la red GSM, entonces pueden coexistir los *time slots* dedicados a las

comunicaciones por conmutación de circuitos y los reservados para la conmutación de paquetes, y así se puede optimizar el tráfico distribuyendo esos recursos dinámicamente. Los operadores pueden ajustar la red para atender conexiones de circuito, disminuyendo el *throughput* de las conexiones existentes de datos, pero sin desconectarlas.

2.4 EDGE (Enhanced Data Rates For Global Evolution)

Surgió en 2003 como una mejora a GPRS y de esta forma ubica a las redes GSM que la implementan en una posición aún más cercana a la tercera generación (3G) justificando su avance a 2.5G.¹ También es una comunicación por conmutación de paquetes (no orientada a la conexión) que permite velocidades de hasta 473,6 kbps utilizando modulaciones GMSK (*Gaussian Minimum-Shift Keying*) como en GPRS, y 8PSK (*8 Phase Shift Keying*) en 5 de sus 9 esquemas de codificación-modulación, por esto, los cuatro primeros esquemas son GPRS propiamente dicho.

Esquema de Codif.	kbps/timeslot	Throughput kbps/(8 time slot)
MCS-5	22,4 (8PSK)	179,2
MCS-6	29,4 (8PSK)	235,2
MCS-7	44,8 (8PSK)	358,4
MCS-8	54,4 (8PSK)	435,2
MCS-9	59,2 (8PSK)	473,6

Tabla 2. Máxima velocidad teórica según esquema de codificación EDGE

Para brindar servicio EDGE, un operador de telefonía no debe modificar una red núcleo con GPRS; sin embargo, si es necesario modificar las estaciones base dado que la capa física en el canal inalámbrico es mejorada. También es necesario disponer de un móvil con soporte para esta tecnología. Los operadores pueden decidir sobre las clases soportadas, y de esta manera determinar el *throughput* que se brindará. De esta manera, estas implementaciones podrían quedar dentro de las especificaciones 3G de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en lo que respecta a velocidad.

3 MÓVIL PARA TESTEO DE RENDIMIENTO

Será necesario situarnos geográficamente en distintos desde donde enviar y recibir información

¹ Es común la sigla GERAN por *GSM/EDGE Radio Access Network*

cursada hacia un servidor en Internet. Una forma versátil de lograr este móvil utilizando un modem GPRS conectado a un computador portátil.

Proponemos utilizar aplicaciones cliente programadas con Java que al correrlas en la PC se conectan al servidor ya montado en Internet. Será posible desplazarnos por el área de interés con facilidad y analizar ubicaciones representativas que se registrarán en una planilla. Modificando parámetros de la aplicación tales como largo del paquete, cantidad de paquetes y tipo de comunicación (TCP, UDP) se podrán generar tablas útiles a la estadística.

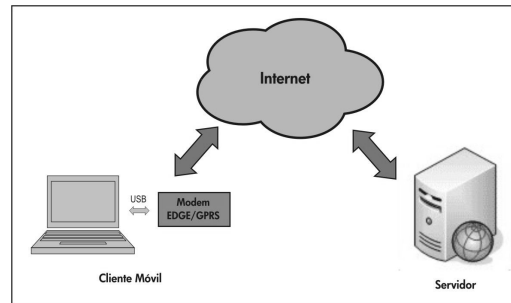


Figura 2. Acceso al servidor en Internet

Se debe tener en cuenta que las medidas obtenidas sí serán afectadas por factores externos a la red EDGE/GPRS. Entre estas influencias podemos citar el retardo de procesamiento introducido en los equipos del proveedor de Internet al que está adherido el servidor; sin embargo, si bien estos factores no son manejables por los equipos de optimización de la red celular es importante conocerlos para tener una idea global y práctica de las prestaciones que se pueden esperar a futuro, además de que los estimamos poco influyentes en el *throughput* total. Sólo gobernando el tipo de paquete, y su extensión, es suficiente para calcular ciertos parámetros representativos: retardo promedio, retardo máximo, retardo mínimo, cantidad de paquetes perdidos; y no será necesario afectar el contenido de usuario (*payload*) del paquete, que puede fijarse o mantenerse aleatorio. En resumen, en la PC que formará parte del móvil se utilizarán cuatro aplicaciones: un cliente TCP que transmite información prefijada, un cliente UDP que transmite información prefijada, un terminal SIP utilizando X-Lite® version 3.0, y un *sniffer* de tráfico. Utilizando Wireshark version 0.99.5 se capturan los paquetes de recepción y transmisión. Esta aplicación tiene una potencia suficientemente alta como para filtrar los paquetes que se quieren analizar de acuerdo a parámetros tales como el puerto destino u origen,

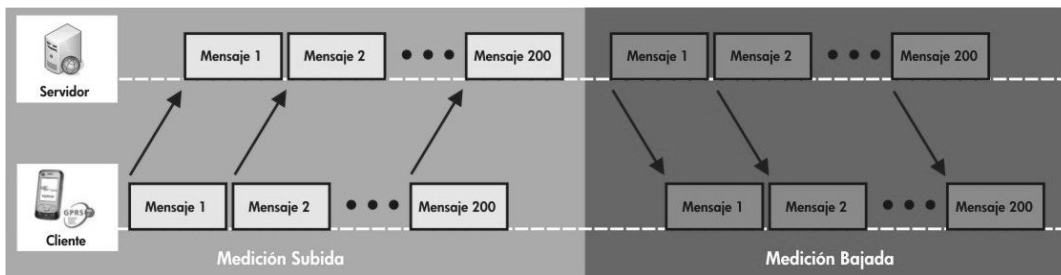


Figura 3. Esquema de transmisión para medición

el tipo de paquete, etc. Por lo tanto, con Wireshark es posible retirar de las muestras cualquier paquete indeseado (ICMP, broadcast, etc.) que no sea útil para nuestros cálculos.

4 SERVIDOR PARA TESTEO DE RENDIMIENTO

Además de utilizar el móvil citado anteriormente, se montó un servidor en Internet con tres aplicaciones corriendo: retransmisión TCP con registro, retransmisión UDP con registro, y un nodo SIP.

Las aplicaciones de retransmisión responden a un planteo de la comunicación que puede verse en la Fig.3, donde en primer lugar se produce en el móvil una comunicación de subida de 200 paquetes con una carga de usuario del orden de los 200 bytes. Completa la subida, incluyendo todas las retransmisiones eventualmente posibles por la incorporación de ARQ (*Automatic Repeat reQuest*) en TCP, se pasa a una transmisión de bajada semejante.

El mismo esquema se aplica con transmisiones TCP y UDP, teniendo en total transferencias del orden de los 90 KB para cada comunicación de prueba.

Para comprobar que el esquema funciona, podemos referirnos a la Fig.4 donde se ve la carga de tráfico en una y otra dirección

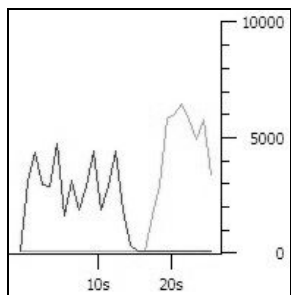


Figura 4. Esquema de transmisión para medición

4.1 Retransmisiones con registro

Son aplicaciones desarrolladas con Java y de desarrollo propio, abren un puerto y esperan conexiones. Al aceptarlas se retransmite luego de recibir los 200 paquetes (subida), anexando al mismo tiempo una fila a un archivo de texto plano que guarda información detallada incluyendo el registro del instante de tiempo en que se realizó la recepción con precisión de milisegundos. También se registra la hora de inicio y la dirección IP del cliente.

4.2 Nodo SIP

Se utiliza X-Lite® version 3.0 para implementar un *softphone* en el servidor. X-Lite® permite seleccionar los codecs, del que preferimos *Speex* para solicitar entre 14 y 23 kbps al sistema². Un beneficio decisivo a la hora de seleccionar X-Lite fue la posibilidad de establecer una comunicación SIP directamente hacia otro Terminal y prescindiendo de la instalación de un *Proxy SIP*.

5 ESTIMACIÓN DE APTITUD DE LOS COMPONENTES SELECCIONADOS

En primer lugar probamos la aplicación sobre una red de área local (LAN, *Local Area Network*) utilizando una conexión Ethernet de 100 mbps y los resultados fueron los siguientes

Direccion	Tiempo	Bytes			
		Cantidad	Bytes/seg	kbps	mbps
Subida	0,11	41834	380309	2971,2	2,902
Bajada	0,237	41358	174506	1363,3	1,331

Tabla 3. Throughput de las aplicaciones de medida sobre Ethernet

² Utilizando G.729 podríamos haber requerido sólo 8 kbps, pero este codec no está incorporado en los *softphones* de que disponíamos

por lo que, como se ve en la última columna de la derecha, el *throughput* es superior al esperado en el vínculo EDGE/GPRS y así confirmamos la utilidad.

Un paso siguiente fue analizar cómo se comportaban estas aplicaciones utilizando conexiones a Internet de tipo ADSL tanto en el cliente como en el servidor. Esto arrojó los siguientes valores

Dirección	Tiempo	Bytes			
		Cantidad	Bytes/seg	kbps	mbps
Subida	1,514	44264	29236	228,4	0,223
Bajada	2,548	42016	16490	128,8	0,126

Tabla 4. Throughput de las aplicaciones de medida sobre ADSL

En la segunda columna, comenzando desde la derecha, puede verse el rendimiento en términos de la velocidad. Para este caso podemos ver que la bajada de 128,8 kbps podría estar por debajo de la capacidad GPRS de 171,2 kbps y esto podría ser un inconveniente. Con este resultado se concluye que si en las medidas se llegara a valores cercanos a los 100 kbps, deberá cambiarse la conexión del servidor por una más eficiente; no obstante, como es sabido que el rendimiento de 171,2 kbps se obtiene utilizando configuraciones de la red celular que consumen una importante cantidad de recursos de la prestadora, no esperamos ese valor en el caso particular que estamos analizando. Luego, podemos establecer que el hardware dispuesto como servidor y las aplicaciones Java utilizadas responden a los requerimientos mínimos de velocidad necesarios para esta campaña de medida.

6 RESULTADOS

Estimando que el sistema es apto para realizar las medidas deseadas, se realizó la campaña que citamos. Con esto, podemos definir que la red EDGE/GPRS tiene en San Fernando del Valle de Catamarca y sus alrededores un *throughput* como el mostrado en la figura siguiente

EDGE/GPRS	Promedio Subida	33,9	kbps
	Promedio Bajada	40,8	Kbps
	Máxima Subida	56,4	Kbps
	Máxima Bajada	66,5	Kbps
	Mínima Subida	22,3	Kbps
	Mínima Bajada	14,2	Kbps

Tabla 5. Resultados de EDGE/GPRS en Catamarca

Para lograr estos resultados, se promediaron las muestras con algunas logradas con un móvil en movimiento a una velocidad de 90 km/h.

6.1 Acerca de las comunicaciones VoIP.

Parece conveniente citar un análisis de las comunicaciones UDP de manera independiente de las tablas y resultados presentados antes porque merecen analizar ciertos valores como el retardo. Se realizaron medidas de rendimiento de VoIP utilizando el protocolo SIP, cuyos resultados se tabulan a continuación:

Prueba	RTP (Real Time Protocol)				
	KB	Max Delta [ms]	Max Jitter [ms]	Promedio Jitter [ms]	kbps
1	228	54,47	319960,82	319783,32	25,2
2	41	13,74	360523,17	326842,08	10,8
3	254	2875,17	319978,51	319801,39	25,2
4	5	104,33	298683,84	312519,64	26,2
5	128	4510,39	319996,44	319609,37	13,5
6	244	660,11	319978,81	319795,26	25,3
7	134	4500,36	319995,26	319626,24	14,0

Tabla 6. Resumen de las medidas utilizando UDP

por lo que podemos concluir que las comunicaciones son posibles pero soportando retardos considerables y una calidad de audio que tiene importantes defectos. En esta campaña se ha puesto particular énfasis en analizar la posibilidad de mantener una comunicación de voz utilizando el vínculo EDGE/GPRS. Es probable que surja curiosidad acerca de por qué utilizar móviles EDGE/GPRS, que en su mayoría son teléfonos celulares, pero utilizando un canal de datos para llevar una comunicación de audio, la pregunta puede surgir apoyada en que, justamente, la esencia del aparato es transmitir el canal de voz, entonces por qué hacerlo de esta manera redundante. Se podrían tener eventualmente dos ventajas. En primer lugar, la posibilidad de establecer dos comunicaciones de audio en simultáneo con un mismo aparato celular puede tener alta utilidad en alguna aplicación particular, sobre todo en casos donde se forme parte de un sistema de comunicaciones mayor, por ejemplo en algún entorno corporativo. En segundo lugar, aunque a primera vista parece ser una comunicación cara, seguidamente se hace una valoración. Sabiendo que podemos utilizar un codec como G.729 de 8 kbps para cada canal, y que las prestadoras ofrecen un abono por el cual se permite traficar 200 MB a un precio de \$120 (aproximadamente) podríamos calcular que el minuto de comunicación de voz le costaría al usuario

$$2[\text{canales}] * 8[\text{kbps/canal}] * 60[\text{s}] * 120 / (200 * 1000 * 8) [\$/\text{kb}] = \$0,072 \quad (1)$$

y con los 200 MB disponibles se pueden traficar

$$200 * 1000 * 8 [\text{kb}] / 16 [\text{kbps}] = 10^6 [\text{s}] = 27 [\text{hs}] \quad (2)$$

lo que constituye un detalle interesante, pues es mucho menor que el costo del minuto de comunicación telefónica que se encuentra entre los 40 y 90 centavos, al mismo tiempo que recalamos que esta tarifa sería independiente de la distancia de la comunicación y se aplicaría de manera inalterable para comunicar dos móviles en cualquier punto del mundo, y que incluso podrían ser clientes de diferentes prestadoras. Notar también que este costo de comunicación sería pagado por ambos móviles: quien realiza la llamada de voz y quien la recibe. Incrementando la calidad del audio a través de codecs diferentes se incrementaría también el costo. Desventaja de una comunicación de este tipo es la infraestructura que debe existir, por ejemplo, para registrar los terminales SIP en un *Proxy*, así como la imprescindible utilización de una aplicación³ corriendo en el teléfono y defectos en el audio tales como baja calidad o retardo, que aparecen cuando la velocidad y/o el costo disminuyen

7 CONCLUSIÓN

Se ha implementado un sistema que cumple con los requerimientos implicados en la medida de velocidad de transferencia y algunos otros parámetros típicos de la red EDGE/GPRS montada sobre GSM en Catamarca.

Se deben esperar conexiones del orden de los 30 kbps en subida y 40 kbps en bajada; con máximos del orden de los 60 kbps y mínimos de hasta 14 kbps, que están dentro de los esperado y permiten conexiones a Internet inferiores a cualquier sistema de banda ancha y comparables a las de tipo *dial-up*, contando con la ventaja fundamental de la movilidad y mayor cobertura a un costo que puede ser bajo si nos atenemos a ciertas posibilidades comerciales brindadas por las prestadoras. La cobertura en San Fernando del Valle de Catamarca y sus alrededores es buena, pero debe tenerse en cuenta que se pierde conectividad EDGE al alejarse de la zona central, aunque GPRS se mantiene. Entonces, esta cobertura y rendimiento sí permiten aplicaciones

como las citadas, entre las que se incluye monitoreo y control a distancia, instalando un servidor en Internet para dar acceso a la información a usuarios que naveguen en un sitio web desde una PC o desde un teléfono celular, permitiendo aplicaciones de vanguardia.

REFERENCIAS

- 1) Chakravorty, R.; Pratt, I., "WWW performance over GPRS," *Mobile and Wireless Communications Network*, 2002. 4th International Workshop on , vol., no., pp. 527-531, 2002
- 2) Huidobro Moya, José Manuel, *Comunicaciones Móviles*, Ed. Thomson-Paraninfo, 2002
- 3) Itkonen, J.; Salomaa, V.; Lempiainen, J., "Air interface capacity for GPRS/EDGE over GSM traffic load," *Vehicular Technology Conference*, 2002. Proceedings. VTC 2002-Fall. 2002 IEEE 56th , vol.1, no., pp. 396-400 vol.1, 2002
- 4) Lizárraga, E.M.; Gallina, S.H.; Zamboni, M.; "Servicios en Internet para monitoreo y control a distancia utilizando EDGE/GPRS-GSM", JAIIO 2008. Santa Fe, Argentina.
- 5) Meyer, M., "TCP performance over GPRS," *Wireless Communications and Networking Conference*, 1999. WCNC. 1999 IEEE , vol., no., pp.1248-1252 vol.3, 1999
- 6) Mullner, R.; Ball, C.F.; Ivanov, K.; Treml, F.; Spring, G., "Quality of service in GPRS/EDGE mobile radio networks," *Vehicular Technology Conference*, 2004. VTC 2004-Spring. 2004 IEEE 59th , vol.5, no., pp. 2507-2511 Vol.5, 17-19 May 2004
- 7) Qingguo Shen, "Performance of VoIP over GPRS," *Advanced Information Networking and Applications*, 2003. AINA 2003. 17th International Conference on , vol., no., pp. 611-614, 27-29 March 2003
- 8) Stevens, W. Richard, "TCP/IP Illustrated", vol.1, Addison-Wesley, 1994
- 9) Stuckmann, P.; Ehlers, N.; Wouters, B., "GPRS traffic performance measurements," *Vehicular Technology Conference*, 2002. Proceedings. VTC 2002-Fall. 2002 IEEE 56th , vol.2, no., pp. 1289-1293 vol.2, 2002
- 10) Stuckmann, P.; Hoymann, C., "Performance evaluation of WAP-based applications over GPRS," *Communications*, 2002. ICC 2002. IEEE International Conference on , vol.5, no., pp. 3356-3360 vol.5, 2002

³ Una posibilidad puede ser construirla con Java® 2 Micro Edition. Los autores han desarrollado y testeado aplicaciones de este tipo