

# EDITORIAL

Esto que tienes en tus manos, lector, es el número 10 de la revista BURAN. Han pasado cinco años desde que un «puñado de locos», como ellos mismos se denominaban, pusieron los cimientos sobre los que se construyó. Hicieron una apuesta arriesgada: querían crear una revista técnica, destinada a estudiantes de ingeniería, pero que incluyera también artículos humanísticos, esa vertiente de la formación tan a menudo relegada a un segundo plano en las escuelas de ingeniería. Sin duda se trataba de una apuesta muy fuerte.

Se encontraron, evidentemente, con las dificultades inherentes al lanzamiento de cualquier revista, como es la definición de una personalidad y estructura propias, la búsqueda de financiación y, sobretodo, la captación de la audiencia.

Hoy, 5 años después de su nacimiento, el espíritu e ilusión de esos primeros locos sigue vivo. Conservando la filosofía original, cada generación de «buraneros» ha ido aportando sus ideas y superando, poco a poco, los problemas que, inevitablemente, van apareciendo.

Buran ha intentado, desde sus inicios, ser una revista seria y profesional, aunque hecha por «amateurs», simples estudiantes de ingeniería que, voluntaria y desinteresadamente, aportan horas de trabajo que roban de su tiempo, posibilitando con ello la continuidad de este ambicioso proyecto.

Por otra parte, creemos que el logro más destacable ha sido captar la atención de los estudiantes, que éstos se interesen por la revista, que les parezca atractiva y amena, y que escriban en ella, de forma que se consiga el objetivo final: servir a la comunidad universitaria como foro de intercambio de ideas. Esperamos haber logrado que la revista se constituya en un medio en el que estudiantes y profesores puedan divulgar sus conocimientos e investigaciones en el ámbito universitario.

Queremos dedicar este número 10 a todos los que han permitido que la revista, en estos 5 años, no corriera la misma suerte que la lanzadera rusa que le dio nombre, y que sólo llegó a volar una vez. Per vosaltres!

## FEDEERRATAS del número anterior

El autor del artículo "Y se hizo la luz..." es Jesús Roldán Andrade.

En la p. 41, donde dice: "Interacción gravitacional Acción: Actúa sobre todas las partículas que tienen masa no nula.", debe decir: "Acción: Actúa sobre todas las partículas."

En las pp. 43 y 44, donde dice: "La interacción GRAVITACIONAL y la ELECTROMAGNÉTICA tienen alcance FINITO...", debe decir: "La interacción nuclear débil y la nuclear fuerte tienen alcance finito..."

## EDICIÓN

### BARCELONA

Ramon Arxer  
Begoña de Miguel  
Marcos Díez  
Gloria García  
Daniel González  
Antoni Homs  
Xavier Lago  
F. Xavier Mestre  
David Rincón  
Imma Valls

### COORDINACIÓN

### BARCELONA

F. Xavier Mestre  
David Rincón  
Imma Valls

### VALENCIA

Alberto Mina

### REVISIÓN

F. Xavier Mestre  
Josep Pegueroles  
David Rincón  
Imma Valls

### VALENCIA

José Antonio Cortés  
Alberto Mina  
Erika Moreno  
Eduardo Pascual  
Luis Sánchez  
Rafael Vidal

### AGRADECIMIENTOS

Il. Dir. Antoni Elias Fusté, Elisa Pla, Ángel Cardama, Marcos Fernández, Antonio J. Anton, Xollo y Distorsió y a los puntos de distribución en la UPC (Abacus, CPET y Kiosk Campus Nord).

## IMPRESIÓN

RET, s.a.l.

## FOTOMECAÑICA

Sistemes d'Edició

## DEPÓSITO LEGAL

B-19.950-96

La portada ha sido extraída de <http://www.jpl.nasa.gov> y muestra una de las antenas de la DSN (Deep Space Network) de la NASA. Esta antena se encuentra en Goldstone (California) y ha participado en misiones como las Pioneer, Voyager, Magallanes y Galileo.

La organización se reserva el derecho de publicar los artículos. La opinión expresada en los artículos no tiene por qué coincidir con la de la organización.

Agradecemos las colaboraciones hechas desinteresadamente, y a causa de la falta de espacio, pedimos disculpas a todas aquellas personas a las cuales no se les ha publicado su colaboración. Esperamos que en un próximo número tengan cabida.



## RESPUESTA A INCIDENTES DE SEGURIDAD

*Manel Medina, Jordi Buch*

*esCERT-UPC, Setiembre 1996*

*E-mail: cert@escort.upc.es*

Hoy, millones de usuarios se aprovechan de las facilidades de intercambio de datos que ofrecen las redes informáticas. Internet es el ejemplo más famoso. "Usar" está relacionado con "abusar". Millares de usuarios abusan de las facilidades de las redes informáticas por varias razones: crimen, venganza, beneficios o entretenimiento. Se deben tomar medidas de seguridad para proteger datos, ordenadores y redes de ordenadores. El área de los sistemas de información, donde seguridad adquiere una especial importancia, entra en conflicto con las características de las redes de hoy -la facilidad de uso y conectividad.

Para reforzar y proteger la seguridad de la información, hoy las empresas, instituciones responsables de redes formulan políticas de seguridad y designan a personas o equipos para mantenerlas. A nivel de seguridad de redes, en Internet existen equipos de seguridad desde 1988. Estos equipos son conocidos como bajo los nombres de CERT ("Computer Emergency Response Team") o IRT ("Incident Response Team").

### EQUIPO DE RESPUESTA A INCIDENTES

Un **equipo de respuesta a incidencias** (IRT) es un equipo de personas que llevan a cabo la gestión del incidente. Los proveedores de red, universidades, compañías, etc pueden disponer de sus propios IRTs o delegar a externos. También se les puede designar como CERTs.

Un CERT español debe tener los mismos objetivos que los otros CERTs Europeos y del resto del mundo. El ámbito de actuación ha de abarcar todo el territorio del Estado Español. esCERT-UPC lo abarca, aunque la red académica, debido a su importancia, dispone de Iris-CERT, en ésta hay una actuación conjunta.

El esCERT-UPC basa su actuación en el análisis, recomendación, formación y asistencia a emergencias. Estos servicios están personalizados y sujetos al secreto profesional. Mediante los análisis y las recomendaciones se realiza una auditoría de carácter periódico, mientras que la formación se lleva a cabo en forma de cursos-seminarios.

### PREVENCIÓN

Para la prevención de incidentes, esCERT-UPC ofrece un punto de información que contiene una selección de herramientas de seguridad, artículos variados, avisos de seguridad y cualquier otra información relativa a la seguridad en redes de ordenadores.

La formación también se considera una actividad de prevención. esCERT-UPC ofrece unos seminarios sobre seguridad. En éstos, se trata desde como formular una correcta política de seguridad hasta la configuración de un cortafuegos.

### GESTIÓN DE INCIDENTES

Nos referimos a **gestión de incidentes** a cualquier acción correctiva o represiva tomada al ocurrir un incidente. Con esta acción debe ser posible minimizar al máximo los efectos del incidente y localizar su origen con la finalidad de prever los futuros.

El proceso de gestión de un incidente se inicia cuando un afectado contacta con esCERT-UPC. También, esCERT-UPC puede dar un aviso a un posible afectado.

### COORDINACIÓN DE INCIDENTES

Muchos incidentes no van a salir del marco de una LAN o institución, mientras que en otros se pueden involucrar a varias instituciones, y por lo tanto varios IRTs. Es en este último caso cuando se hace necesaria una **coordinación de incidentes**. El CERT/CC situado en Pittsburgh, USA es el ejemplo más famoso de centro de coordinación de incidentes. En Australia está el AUSCERT, mientras que en Alemania está el DFN-CERT. En España existe el Rediris-CERT y esCERT-UPC, el primero se ve obligado a asumir el papel de centro coordinador debido a la importancia de la red Rediris, mientras que el segundo actúa como equipo independiente con sede en la Universidad Politécnica de Cataluña y dar servicio tanto a la comunidad académica Interne como al resto.

Es necesaria también una coordinación entre los diferentes CERTs. En 1990 se constituyó FIRST ("Forum of Incident Response and Security Teams") para coordinar a la variedad de IRTs de organizaciones comerciales, académicas o gubernamentales. FIRST propicia una rápida coordinación y respuesta a incidentes de seguridad. También facilita el intercambio de información entre sus miembros. Actualmente en España no hay ningún miembro de FIRST, pero se prevé que tanto Rediris-CERT como esCERT-UPC sean reconocidos. Para la coordinación de incidentes, se dispone de una lista de puntos de contacto (POC). La POC contiene los datos de los diferentes responsables de seguridad de las diferentes organizaciones, empresas, etc que disponen de conexión a Internet.



# EL ACCESO DE USUARIO A INTERNET DE BANDA ANCHA

*Jordi Domingo i Pascual*

Profesor del Departament d'Arquitectura de Computadors  
Grupo de Comunicaciones Integradas de Banda Ancha (UPC)  
*Jordi.Domingo@ac.upc.es*

El papel de Internet como la red de redes de comunicación en la denominada Sociedad de la Información depende en gran medida de las tecnologías que dan o darán soporte a los servicios de red y de la capilaridad con que se desarrolle e impulse el acceso de usuario.

La popularización de Internet a raíz de la introducción del WWW ("World Wide Web") ha provocado un aumento espectacular del tráfico que circula por la red y un crecimiento por encima de cualquier previsión del número de servidores y de usuarios. Mientras que la red troncal y los servicios de red están evolucionando para dar soporte no sólo a esta gran cantidad de tráfico en la red sino para dar soporte a aplicaciones multimedia interactivas en tiempo real, es decir, dar soporte a calidad de servicio en la red, nos encontramos ante la situación en la que el acceso de usuario es la asignatura pendiente: varias tecnologías pugnan por situarse en este nuevo mercado pero ninguna es claramente satisfactoria a largo plazo.

## INTRODUCCIÓN

La aparición de Mosaic (ideado en el CERN en Suiza el año 1992) marca un cambio radical en el papel de Internet en la sociedad. La aceptación de esta nueva herramienta es incondicional; en poco tiempo aparecen las versiones comerciales como Netscape y Explorer.

Las repercusiones de este éxito no se hacen esperar: el número de usuarios crece a un ritmo desbordante, el número de servidores de información también, el volumen de tráfico por la red sobrepasa frecuentemente la capacidad de los enlaces y de los nodos ("routers"), florecen rápidamente nuevos servicios en la red, etc. Internet deja de ser una herramienta usada durante muchos años solamente por la comunidad científica (universidades y centros de investigación) y llega al gran público como una nueva herramienta de comunicación (ya sea para obtener información o como entretenimiento) y al entorno empresarial como herramienta para la obtención y difusión de información (incluyendo la publicidad).

El rápido crecimiento del número de usuarios plantea numerosos problemas: la capacidad del acceso de usuario es insuficiente, las redes de acceso no tienen capacidad suficiente y se han de poner al día, el espacio de direcciones de Internet se agota (prácticamente todas las direcciones IP están asignadas) y la red troncal sufre problemas importantes de congestión debido al incremento de tráfico. La proliferación de aplicaciones con voz y

vídeo en la red impone una serie de requisitos en la infraestructura de red y en los servicios de comunicación que Internet no puede satisfacer (Internet está diseñada como una red de datos sin ningún tipo de calidad de servicio). Las nuevas aplicaciones de trabajo en grupo (interactivas y con soporte "multicast") constituyen un nuevo reto para la red, mucho más si estas aplicaciones incorporan flujos de vídeo.

Hoy día existe un consenso general en el papel de ATM en la red troncal de banda ancha [1] y en el papel decisivo de los nuevos protocolos de Internet IPv6, RSVP, RTP, RTCP, TCP6, etc. en la futura Internet de banda ancha [2], [3].

Para el acceso de usuario particular, la posibilidad de disponer de módems de alta velocidad (33600 bits/s) a un precio razonable alivia un poco la transferencia de ficheros y el acceso al servidor de correo electrónico. Pero es el acceso RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) la solución más adecuada mientras no se disponga de las infraestructuras de acceso a alta velocidad. El acceso RDSI proporciona dos canales de 64 Kbits/s, que pueden llegar a utilizarse conjuntamente dando una capacidad de acceso de 128 Kbits/s.

En este artículo se presenta en primer lugar una breve descripción de los requisitos de ancho de banda necesarios en el acceso de usuario para soportar satisfactoriamente aplicaciones multimedia distribuidas. A continuación, se hace un repaso de las tecnologías de acceso de usuario disponibles en un futuro inmediato.

## APLICACIONES MULTIMEDIA DISTRIBUIDAS

En este apartado se presenta un resumen de las características de las aplicaciones multimedia y de los requisitos que imponen a la red, a los servicios de comunicación, a las redes de acceso y, finalmente, al acceso de usuario.

En primer lugar se consideran flujos de datos con interactividad (tiempo de respuesta acotado). En la tabla 1 se muestran las características de aplicaciones de datos interactivas. La segunda columna indica el tiempo máximo de respuesta para que el usuario perciba la aplicación como realmente interactiva [4].

La capacidad mínima que se presenta en la tercera columna de la tabla implica no sólo una capacidad de



acceso de usuario superior a la velocidad de transmisión indicada sino también una capacidad de proceso de los nodos de la red (“routers”) suficiente para despachar los paquetes por segundo correspondientes.

Aplicaciones	retardo máximo	longitud media	capacidad mínima
Web (típico)	100 ms.	3 Kbytes	240 Kbits/s
Web (objetos grandes)	100 ms.	20 Kbytes	1'6 Mbits/s
Transferencia ficheros	1 min.	10 Mbytes	1'3 Mbits/s
Juegos	50 ms.	500 bytes	80 Kbits/s
Chat	1 s.	100 bytes	0'8 Kbits/s

**Tabla 1.** Ejemplos de las características de las aplicaciones de datos interactivas

Las aplicaciones de videoconferencia son las que habitualmente se toman como referencia al hablar de aplicaciones multimedia distribuidas e interactivas. Se ha realizado un importante esfuerzo para estandarizar los distintos formatos y protocolos de videoconferencia. La tabla 2 resume las recomendaciones relacionadas [5]. El flujo de datos multimedia está definido en la Recomendación T.120, los protocolos de transporte en la T.123, el control de la conferencia en la T.124 y la T.130, la función de transferencia de ficheros en la T.127, y el control de la pizarra compartida en la T.126.

A continuación se resumen los requisitos de ancho de banda en el acceso de usuario para algunas aplicaciones típicas de audio y de vídeo. Un punto a tener en cuenta es la naturaleza asimétrica del tráfico en muchas de las aplicaciones; es decir, el ancho de banda necesario para suministrar la información al usuario es mucho mayor que el ancho de banda necesario en sentido contrario. En las tablas 3 y 4 se resumen los requisitos de ancho de banda para audio y vídeo [4].

## TECNOLOGÍAS PARA LA RED DE ACCESO Y EL ACCESO DE USUARIO

Precisamente en los dos últimos años las tecnologías alternativas para dar soporte a la red de acceso y al acceso de usuario han evolucionado mucho. Actualmente las redes de acceso de usuarios siguen basándose en la red telefónica y en la RDSI (para los usuarios particulares). Esto ha provocado un aumento notable de demanda de nuevas líneas de teléfono, altas de una segunda línea de teléfono, y demanda de líneas RDSI.

	H.320	H.321	H.322	H.323	H.324	H.310
red	RDSI p * 64	BISDN	CP con QoS	CP sin QoS	RTC POTS PSTN	BISDN ATM
vídeo	H.261 H.262 H.263	H.261 H.262 H.263	H.261 H.262 H.263	H.261 H.262 H.263	H.261 H.262 H.263	MPEG2
audio	G.711 G.722 G.728	(G.711 G.722 G.728)	G.711 G.722 G.728	G.711 G.722 G.728 G.723	G.711 G.723	MPEG2 (G.711 G.722 G.728)
trama transp.	H.221	H.222.0	H.221	(H.225.0)	H.223	H.220.0 H.222.1 (MPEG)
control	H.320 H.242	H.242	H.242 H.230	H.245	H.245	H.245

**Tabla 2.** recomendaciones de la UIT para conferencias multimedia

Esquemáticamente se distinguen cinco tecnologías distintas para la red de distribución y acceso de usuario: la red telefónica convencional, la RDSI, la red de distribución por cable, distribución vía satélite, y red móvil (acceso sin hilos).

Aplicación	Servidor a Usuario	Usuario a Servidor
CD estéreo 10-20KHz.	256 Kbits/s	
Calidad radio	64-56-48 Kbits/s	
Teléfono (PCM, G.711)	64 Kbits/s	64 Kbits/s
Teléfono baja calidad	6'4-5'3 Kbits/s	6'4-5'3 Kbits/s

**Tabla 3.** Requisitos de ancho de banda para aplicaciones de audio interactivas

La red telefónica convencional está soportada por pares de cobre; desde el punto de vista económico no es viable llevar fibra óptica a todas partes. Una solución de compromiso está en poner fibra hasta el nodo más cercano al usuario y mantener el par de cobre desde el nodo al domicilio del usuario. Esta alternativa se conoce con el nombre de “Fibre To The Curb” (FTTC). La distancia entre el nodo distribuidor y el acceso de usuario oscila entre 10 y 200 metros, y las velocidades de transmisión que se pueden alcanzar por ahora están alrededor de 51 Mbits/s hacia el usuario y 19 Mbits/s hacia el nodo distribuidor.

Otra tecnología muy prometedora es ADSL (“Asymmetric Digital Subscriber Line”) ya que utiliza por completo el par de cobre del bucle de abonado. La información digital se transmite en frecuencias superiores a las de la voz por lo que coexiste con el teléfono. ADSL-4 llega hasta 9 Mbits/s hacia el usuario y 640 Kbits/s en sentido contrario.

La tecnología HDSL (“High-speed Digital Subscriber Line”) proporciona una capacidad de acceso simétrica (hacia y desde el usuario) a costa de no poder coexistir con el servicio de telefonía convencional. HDSL proporciona 1'5 Mbits/s sobre 2 líneas de par trenzado y 2 Mbits/s sobre tres líneas de par trenzado.

Por último, VDSL (“Very high data rate DSL”) está pensada para TV de alta definición (HDTV) y proporciona velocidades de 13 a 52 Mbits/s hacia el usuario y de 1'5 a 2'3 Mbits/s hacia la cabecera de distribución. También puede proporcionar un acceso simétrico sobre líneas mucho más cortas.

El papel de la RDSI como acceso de usuario viene dado por la disponibilidad del servicio en cualquier punto. Las demás tecnologías, excepto el acceso telefónico convencional, no están todavía en fase de comercialización. Un acceso básico RDSI proporciona dos canales de 64 Kbits/s los cuales pueden emplearse conjuntamente dando una velocidad de acceso de 128 Kbits/s. Para videoconferencia de baja resolución es suficiente pero no para vídeo a la carta, por ejemplo. En cambio para aplicaciones de datos (correo electrónico, acceso a www, transferencia de ficheros) puede ser más que suficiente hoy día. En un futuro próximo con la

comercialización de nuevos servicios con más capacidad, probablemente RDSI quedará desplazado. Un acceso primario (30 canales de 64 Kbits/s) da una capacidad de acceso conjunta de 2 Mbits/s aunque el coste de la conexión es prohibitivo para un usuario particular.

La tercera alternativa es la red de distribución por cable (CATV). La tecnología se denomina HFC ("Hybrid Fibre Coax"). Es la forma natural por la que las empresas de TV por cable pueden entrar a dar servicios de acceso a Internet aunque el problema principal es que la red de distribución es unidireccional (sólo envía señales hacia el usuario). Para conseguir un acceso bidireccional se emplean los denominados módems de cable ("cable modems"). La fibra óptica llega hasta un nodo de distribución donde se realiza la conversión electro-óptica. A partir de allí cables coaxiales (cables de TV) distribuyen la señal a cada usuario. La topología de la red de cable coaxial es en estructura de árbol. Típicamente, cada nodo da servicio a unos 500 usuarios. El nodo de distribución debe combinar los flujos de información que van desde el usuario a la cabecera de distribución; este acceso funciona como un canal compartido entre los usuarios activos (como el caso de una red local). Se pueden encontrar módems de cable de la primera generación que proporcionan unos 42 Mbits/s hacia el usuario y entre 256 Kbits/s y 2 Mbits/s en sentido contrario.

Aplicación	Servidor a Usuario	Usuario a Servidor
HDTV	aprox. 20 Mbits/s	
VoD MPEG2	aprox. 4-5 Mbits/s	
VoD MPEG1	1 - 2 Mbits/s	
Videoconferencia ISDN p x 64 (H.261)	64 Kbits/s a 2 Mbits/s	64 Kbits/s a 2 Mbits/s
Videoconferencia lenta H.263	28'8 Kbits/s 64-128 Kbits/s	28'8 Kbits/s 64-128 Kbits/s
VoD MPEG4	64 - 128 Kbits/s	

**Tabla 4. Requisitos de ancho de banda para aplicaciones de video interactivas**

La cuarta alternativa mencionada es la red de distribución de señales digitales vía satélite ("Digital Broadcast Satellites", DBS). Para los servicios unidireccionales presenta una fuerte competencia a las redes de cable. El problema que queda pendiente por resolver es el canal de retorno para poder dar soporte a aplicaciones multimedia interactivas. Habitualmente se emplea la red telefónica como canal de retorno.

Finalmente, las redes de acceso sin hilos ("Wireless Local Loop") es la tecnología más novedosa. Se distinguen dos tendencias: las basadas en redes locales inalámbricas ("Wireless Local Area Networks") y las basadas en radiotelefonía celular. La primera va dirigida a sustituir las redes locales convencionales por WLANs ("Wireless Local Area Networks"). En realidad no se puede considerar como una red de acceso de usuario sino más bien una distribución interna de este acceso dentro de un mismo local.

Los sistemas móviles tipo GSM ("Global System for Mobile Communications") pueden proporcionar una cobertura mucho mayor y se pueden interconectar con la red fija.

La comunicación es bidireccional pero a baja velocidad ya que actualmente el servicio está diseñado para telefonía y datos a baja velocidad. Sin duda la evolución de esta tecnología hacia la banda ancha será el próximo paso..

## CONSIDERACIONES FINALES

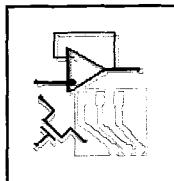
A modo de resumen: la red telefónica conmutada y la RDSI no son capaces de dar soporte a aplicaciones de vídeo ni a las aplicaciones multimedia que se prevén para un futuro inmediato. La generación actual de GSM tampoco. Las tecnologías HFC, ADLS y DBS, si bien son adecuadas para la distribución de vídeo, difícilmente podrán dar soporte a aplicaciones multimedia distribuidas donde el tráfico entrante y saliente sea casi simétrico. De hecho, las tres alternativas responden a la necesidad de ganar usuarios de cara al futuro; una poniendo cable, la otra aprovechando el par de cobre, y la tercera instalando también cable desde la antena. Son, por lo tanto, soluciones transitorias que durarán unos cuantos años, aunque es difícil de precisar cuantos ya que todo depende de la evolución de las tecnologías y de la respuesta del mercado.

En cuanto al futuro de la red de acceso y el acceso de usuario, si bien no está claro cuál de las alternativas comentadas va a tener un papel predominante, dos tendencias comunes se perfilan: ATM y movilidad. ATM se está considerando para el acceso porque es una tecnología basada en la conmutación de paquetes y de forma natural puede mantener distintas comunicaciones sobre el mismo acceso físico, puede integrar de forma natural todo tipo de flujos de información, y, además, puede dar garantías de calidad de servicio. De hecho se está trabajando en la tecnología de "Cells in Frame" para transportar ATM en tramas Frame Relay o tramas de redes locales de alta velocidad (tipo Fast Ethernet). También se está trabajando en "Wireless ATM" y en ATM en redes de cable.

La movilidad se refiere a la posibilidad de conectar un terminal de usuario en cualquier punto. En un futuro más o menos próximo será considerada como una característica imprescindible, como lo es hoy la telefonía móvil. El terminal de usuario puede ser un PC, un Network Computer, o lo que sea. La idea de fondo es lo que se ha denominado "Nomadic Computing". De momento Mobile IP es el punto de partida para dar soporte a esta movilidad. Todavía quedan problemas por resolver.

- [1] "ATM i Internet". JORDI DOMINGO i PASCUAL. INET CAT'96. Barcelona, 28 de noviembre - 2 de diciembre, 1996.
- [2] "Comunicaciones y servicios en Internet de banda ancha". JORDI DOMINGO i PASCUAL. EXPO@INTERNET. Barcelona, 1 - 4 de Octubre, 1997.
- [3] "Internet2 o la próxima generación de Internet". Novática números: 127 (Mayo-Junio 1997) y 128 (Julio-Agosto 1997).
- [4] "Residential Broadband Internet Services and Applications Requirements". TOMOTHY C. KWOK. IEEE Communications. June 1997. Vol.35. No.6, pp. 76-83.
- [5] "Putting Data into the Picture". PHIL KEENAN. Telecommunications, pp. 55-56, June 1996.





# LA INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y LA MEDICINA

Ramon Pallàs Arenys

Doctor Ingeniero Industrial  
Catedrático de la Universitat Politècnica de Catalunya

## INTRODUCCIÓN

La presencia de la Electrónica en la vida cotidiana es indiscutible, hasta el punto de que, por ser tan común, apenas merece nuestra atención. El despertador, la radio, el reloj, los ordenadores y otras máquinas en fábricas y oficinas, el control del tráfico, el teléfono y el televisor, son algunos de los frutos de la electrónica que a los más jóvenes hasta les cuesta creer que no haya acompañado siempre al hombre.

En cambio, la presencia de la Electrónica en la Medicina pasa desapercibida para la mayor parte de nuestra sociedad, a pesar de que también ahí nos acompaña desde el embarazo hasta la muerte. Desde la detección del ritmo cardíaco fetal (mediante ultrasonidos) y las primeras imágenes del feto (con ecógrafos), pasando por los monitores de partos (para detectar las contracciones uterinas y a veces el sufrimiento fetal), las incubadoras (con control de temperatura y humedad), las radiografías y escáneres, los medidores automáticos de la presión sanguínea en farmacias y los limpiadores ultrasónicos para la higiene bucal, hasta llegar a las unidades coronarias o de vigilancia intensiva (UVI), todo un sinfín de aparatos médicos (la mayoría electrónicos), ayudan al diagnóstico, ofrecen terapias o simplemente mejoran nuestra calidad de vida.

En este artículo a través de una revisión histórica sobre la creciente presencia de la Electrónica en la Medicina se pretende incitar a la reflexión sobre la importancia de estas aplicaciones, sobre el inmenso mercado que suponen y sobre el olvido profesional de que adolecen en España.

## DE LA ELECTRICIDAD A LA ELECTRÓNICA PASANDO POR LOS RAYOS X

Tras los primeros estudios sistemáticos sobre la electricidad por William Gilbert (1544-1603), muchos investigadores experimentaron con la electrificación del cuerpo humano. En 1743 Johann Gottlob Krüger (1715-1759) sugirió que los «efluvios eléctricos» podían ser empleados para conservar y restablecer la salud. El descubrimiento de la botella de Leyden (un condensador) en 1745 ofreció el instrumento necesario. Sus descargas eran más controlables que las obtenidas por Benjamin Franklin (1706-1790) a partir de fenómenos atmosféricos. La fuerte intensidad de esas descargas llevó al uso de la electricidad

como terapia. En 1774, se obtuvo en Inglaterra un primer éxito notable con la reanimación cardíaca mediante descargas en el tórax de un niño de tres años que había caído desde una ventana. Sin embargo, el desconocimiento de los efectos de la electricidad en el cuerpo humano ocasionó numerosos accidentes fatales e hizo de la electroterapia un campo fértil para charlatanes y curanderos.

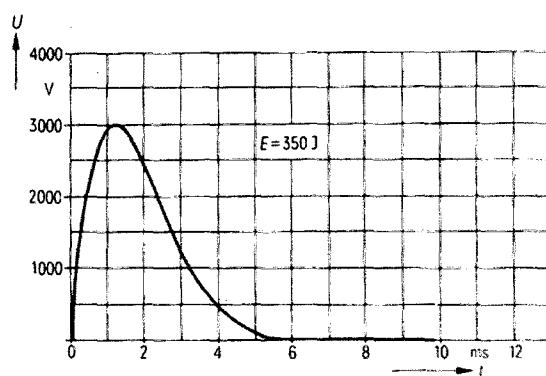
Científicamente la situación empezó a cambiar en 1781 cuando Luigi Galvani (1737-1798) relacionó contracciones de patas de rana con descargas eléctricas y planteó la existencia de «electricidad animal». Además, parece que las contracciones que se producían cuando las patas de rana se colgaban con un gancho de cobre en un balcón con barandilla de hierro inspiraron la invención de la pila por Alessandro Volta (1745-1827). La pila voltaica ofrecía una fuente de corriente más duradera que la botella de Leyden y facilitó el desarrollo de la electroterapia, en particular con los trabajos de Guillaume Duchenne (1806-1875).

Algunas aplicaciones fueron:

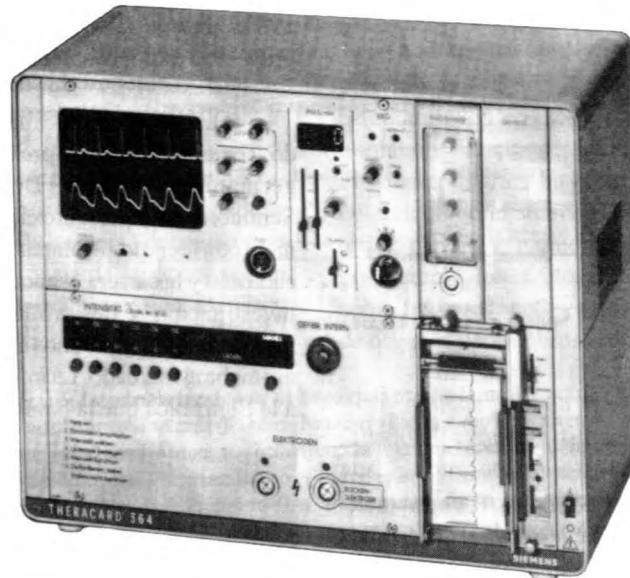
- Estimulación local (2 V a 300 V), por ejemplo con intención de curar el insomnio y la somnolencia, aliviar el dolor, evitar la embriaguez y la obesidad, y para dejar de fumar.

- Baño eléctrico, en el que se hacía pasar corriente continua por una bañera por donde estaba reclinado el cliente. Se creía que de esta forma la corriente eléctrica podía extraer del cuerpo los iones metálicos venenosos y los organismos causantes de las enfermedades.

- Resucitación cardiorrespiratoria en caso de asfixia por humos de carbón (eran los principios de la Revolución



Impulso desfibrilador.



*Desfibrilador ventricular.*

Industrial) y en caso de paro cardíaco por exceso de cloroformo administrado en los quirófanos.

- También se hicieron experimentos de estimulación cardíaca (los primeros marcapasos) en animales (1871) y en seres humanos (1882), cauterización eléctrica (corte y coagulación mediante un hilo de platino calentado eléctricamente) y galvanopuntura (aplicación de corriente continua mediante una aguja para producir una lesión local, por ejemplo para extirpar verrugas).

- El descubrimiento de la inducción eléctrica por Michael Faraday (1791-1867) ofreció la posibilidad de aplicar corrientes alternas con fines terapéuticos, pero también produjo numerosos disgustos, pues se desconocía por entonces que el corazón es mucho más sensible a las corrientes alternas que a las corrientes continuas, de manera que los casos de fibrilación ventricular fueron frecuentes.

En 1891 Jacques A. d'Arsonval (1851-1940) estudió el efecto de corrientes de alta frecuencia (500 kHz) en el cuerpo humano, dentro de la polémica para determinar si el mejor sistema para transmitir la energía eléctrica era con corriente continua según defendía Thomas A. Edison (1847-1931), o con corriente alterna, según defendía Nikola Tesla (1856-1943). D'Arsonval encontró que a alta frecuencia no había estimulación muscular ni sensorial, sino sólo efectos térmicos. Esto llevó rápidamente a la diatermia por onda larga (1 MHz) y por onda corta (entonces hasta 130 MHz) y al electrobisturí, que hacia 1930 estaba plenamente implantado. La diatermia fue quizás la primera aplicación de la Electrónica a la Medicina: la incorporación como amplificador del triodo inventado en 1906 por Lee de Forest (1873-1960).

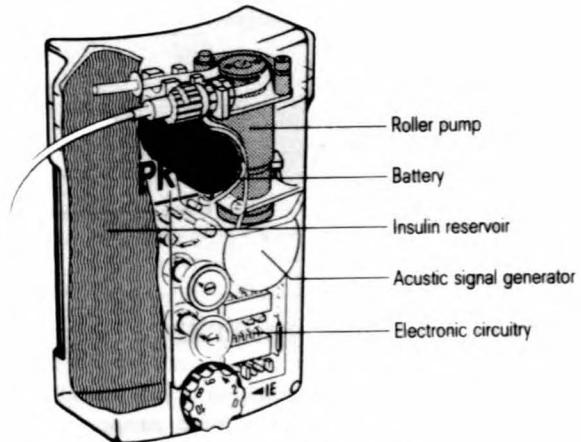
La utilización de aparatos eléctricos para el diagnóstico no fue introducida hasta 1903 cuando Willem Einthoven (1860-1927) obtuvo los primeros registros de la actividad

eléctrica del corazón (el electrocardiograma) mediante un galvanómetro que él mismo había desarrollado. El reconocimiento de esta labor fue lento y Einthoven no recibió el Premio Nobel de Medicina hasta 1924. Quizá este retraso en aceptar la electrocardiografía (actualmente una técnica rutinaria) se pueda explicar por la trascendencia de un descubrimiento de 1895: los rayos X que permitían ver el interior del cuerpo y no solo algunas manifestaciones externas. William Conrad Röntgen (1845-1923), en el extremo opuesto de charlatanes y curanderos, se negó a patentar su invento para no dificultar su uso en beneficio de la humanidad. Recibió el Premio Nobel de Medicina en 1901.

## DE LA ELECTRICIDAD A LA INFORMÁTICA PASANDO POR EL MARCAPASOS

Los primeros años de la Electrónica, que coinciden con la primera mitad de este siglo, estuvieron dominados por los tubos de vacío y hasta la Segunda Guerra Mundial su principal aplicación fueron las telecomunicaciones. Las aplicaciones médicas de la Electrónica se centraron en la diatermia y en el registro de la actividad cardíaca. Los tubos de vacío eran demasiado ruidosos para poder registrar la actividad cerebral (electroencefalograma), de manera que para obtener el primer registro, en 1924, Hans Berger (1873-1941) empleó galvanómetros hipersensibles y no se utilizaron amplificadores hasta que se dispuso de transistores a buen precio, a principios de la década de los 60. Por falta de amplificadores, ni siquiera se utilizaba la presentación mediante el tubo de rayos catódicos (electrones) descubierto en 1896, sino que se empleaban registradores de papel basados en galvanómetros de hilo.

La situación cambió tras la Segunda Guerra Mundial. Por una parte, las defensas aéreas y antisubmarinas produjeron el radar y sonar, y con ellos un mayor desarrollo



*Esquema funcional de una bomba de insulina.*

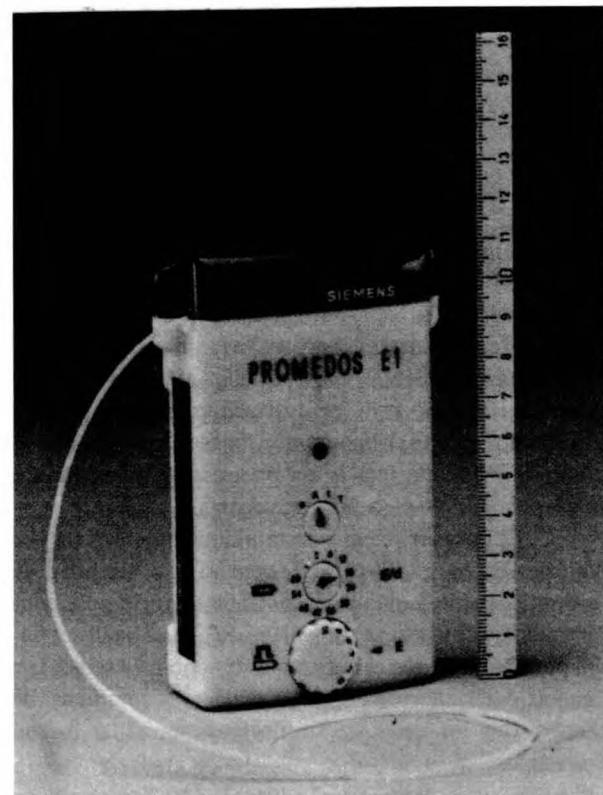
de la Electrónica y de la industria electrónica. Por otra parte, las necesidades de personal cualificado para el desarrollo de equipos militares hicieron que muchos científicos, biólogos incluidos, fueran movilizados para trabajar en laboratorios donde entraron en contacto con la Electrónica. Acabada la guerra, esos científicos empezaron a aplicar a sus campos respectivos lo que habían aprendido durante el esfuerzo bélico. Si se añade que el desarrollo de la bomba atómica y el estudio de sus consecuencias llevó a la creación de grupos interdisciplinarios, se comprende fácilmente que el terreno estuviera bien abonado para el nacimiento de una nueva disciplina: la ingeniería biomédica. En 1947 se celebró en los EE.UU. la primera Conferencia sobre Ingeniería en Medicina y Biología. En 1953 se formó en el seno del IRE (Institute of Radio Engineers) el Grupo Profesional sobre Ingeniería médica. En 1959 se celebró en París la primera Conferencia Internacional sobre Ingeniería biomédica. Algo ha cambiado: la iniciativa ya no estaba sólo en manos de médicos y fisiólogos (Galvani, D'Arsonval, Helmholtz, Einthoven, Berger), ahora era la Ingeniería la que se acercaba a la Medicina.

El desarrollo de la tecnología electrónica favorecía la aproximación: en 1948 se inventó el transistor. Su pequeño tamaño abrió posibilidades prácticamente vetadas a los tubos de vacío. Ciertamente la miniaturización de estos últimos había dado ya buenos frutos en audífonos, pero el transistor, con su reducido consumo energético, le sustituyó pronto en los audífonos y llevó a uno de los más espectaculares inventos de la electromedicina: el marcapasos.

El primer marcapasos externo fue diseñado en 1956 por Paul M. Zoll (n. 1911) en los EE.UU.. El primer implante de un modelo recargable, se hizo en Suecia en 1958 y el receptor fue precisamente un ingeniero eléctrico de 40 años. El primer implante total se hizo en 1958 en los EE.UU. utilizando baterías diseñadas por Wilson Greatbach (n. 1919). Actualmente se implantan cada año más de 500.000 marcapasos en todo el mundo. El volumen de los marcapasos modernos es de tan sólo 11 a 17 cm<sup>3</sup> y su peso de unos 22 a 45 gramos. La National Society of Professional Engineers (EE.UU.) incluyó el marcapasos entre los 10

proyectos más importantes desarrollados entre 1934 y 1984, junto al ENIAC, el transistor, el Boeing 707, el proyecto Apolo, el satélite Telstar, el nylon y otros.

La microelectrónica nació propiamente en 1959, cuando Texas Instruments presentó un circuito biestable de germanio compacto. Dos años después, Fairchild Semiconductor presentó el primer circuito integrado diseñado con tecnología planar. Los avances se multiplicaban cada año y la carrera espacial era un buen estímulo para la investigación y desarrollo. En 1971 Intel presentó el microprocesador. 10 años más tarde, el ordenador personal asomaba al mercado. La informática restaba protagonismo a la Electrónica que la había hecho posible.



*Bomba de insulina.*

Esta época fue, sin duda, la de avances más espectaculares. Se pasó del cardioscopio en 1950 al primer tomógrafo de cuerpo entero en 1975, incluyendo el marcapasos y las unidades de cuidados intensivos y coronarios, introducidas en 1968 como fruto directo del proyecto Gemini. Los diseñadores del primer tomógrafo axial computerizado, Allan M Cormack (n. 1924) y Godfrey N. Hounsfield (n. 1919), un físico y un ingeniero, recibieron el Premio Nobel de Medicina en 1979.

## ELECTROMEDICINA HOY: LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA SALUD

Si se pregunta a los numerosos estudiantes de Ingeniería que se interesan por la Ingeniería Biomédica, cuál es la razón de su interés, la respuesta mayoritaria es

que la consideran una aplicación noble de la Ingeniería. Preocupados muchos de ellos por la ecología, el paro y una mejor distribución de la riqueza, los futuros ingenieros electrónicos se entusiasman al descubrir que la electromedicina es ciertamente un caso manifiesto de la técnica al servicio de la salud. Acostumbrados a ver hospitales altamente tecnificados, con pacientes conectados a máquinas y ordenadores por todas partes, donde la muerte ya no viene indicada por la ausencia del pulso sino por la desaparición del blip en una pantalla, pocos se han parado a pensar quién diseña, fabrica, verifica, instala y mantiene dichos equipos.

*La presencia de la Electrónica  
en la vida cotidiana es  
indiscutible, hasta el punto de  
que, por ser tan común, apenas  
merece nuestra atención.*

---

Los aparatos médicos son un caso particular por su diseño. A diferencia de otros productos que resultan de una conjunción de factores técnicos y comerciales, y cuya necesidad es, a veces, incluso creada artificialmente, en el diseño de aparatos médicos hay al menos tres partes implicadas:

- La médica, que define la necesidad y el interés,
- La técnica, que estudia la viabilidad y ofrece la solución, y
- La comercial, que estudia la demanda y define el mercado.

Si falta una de estas partes, se llega a fraudes, como los detectores de mentiras, o fracasos, como el estetoscopio electrónico. Si el entorno académico, industrial y social no propician la sinergia entre las partes se llega a la situación española: en 1995, con un mercado, según ANIEL, de 53.456 millones de pesetas, la producción fue de sólo 6.987 millones, la importación ascendió a 50.329 millones y la exportación fue de unos 3.860 millones. Pónganse al lado de esto el prestigio de la Medicina en España (avalado por la buena esperanza de vida), y un sistema universitario donde prima el publicar en inglés, y donde las estanterías de los laboratorios se van llenando con desarrollos que sirven sólo para aumentar el conocimiento, que, con ser mucho, no lo es todo.

Como dato adicional, el mercado mundial está dominado por un grupo reducido de empresas que han sabido aprovechar una época en la que el mayor poder adquisitivo de los ciudadanos y el estado del bienestar, en Europa, han dirigido muchos recursos hacia la salud pública, creando grandes oportunidades de negocio. La participación española se reduce, cómo no, a instalaciones de ensamblaje de las grandes Compañías.

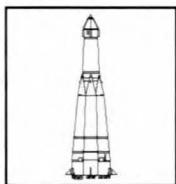
## CONCLUSIÓN

La Ingeniería electrónica ha tomado el relevo de los pioneros que desde las ciencias médicas y biológicas estudiaron los efectos de la electricidad en el cuerpo humano e intentaron aplicarla. La creación de grupos interdisciplinarios ha producido resultados tan espectaculares como el marcapasos y tan útiles como el riñón artificial. Hay aún muchas incógnitas por resolver como, por ejemplo, los efectos de los campos electromagnéticos sobre los seres vivos y retos a superar como el desarrollo de órganos y miembros artificiales.

Al igual que en otros campos, los fiascos no han faltado. El corazón artificial es uno de los más significativos. En otro orden de cosas los costes crecientes de los cuidados de la salud han sido imputados también a la tecnología. Un estudio realizado en los EE.UU. reveló que el 50% de los gastos médicos de cada persona se realiza durante los 30 últimos días de su vida y que el 11% de la población, que eran los mayores de 65 años, consumía el 30% del presupuesto sanitario. Realmente, la elevación de los costes no es culpa de la técnica, sino de la forma como se usa. Ni se debe prometer más de lo que se puede ofrecer ni es razonable alargar artificialmente la vida de una persona al precio que sea. Es ilusorio pensar que, gracias a la técnica, ya no hace falta la filosofía. Hace ya muchos años, alguien (un sabio sin duda) dijo que para vivir bien hay que prepararse para morir bien. Sería paradójico que la Ingeniería contribuyera a la vez a vivir mejor y morir peor, dejando, además, arruinada a la familia.



Escáner.



## HACE 40 AÑOS

*Manuel Montes Palacio*

*Editor del boletín Noticias del Espacio  
http://www.amazings.com/notesp/index.html  
e-mail: mmontes@ctv.es*

El 40 aniversario del primer satélite artificial es uno de los acontecimientos del año. Los cosmonautas de la Mir planean celebrar la ocasión colocando en órbita una réplica a escala del objeto que transformó nuestra sociedad. El nuevo Sputnik pesa sólo 4 kg y su tamaño es un tercio (18 cm) del que tuvo el vehículo original. Llegará a la estación a bordo de la próxima nave Progress y una vez en la Mir será enviada por los tres hombres a una órbita independiente que lo mantendrá casi dos años en el espacio. Ha sido fabricado por la empresa Energiya con la colaboración de estudiantes franceses, que han proporcionado el transmisor que intentará reproducir el histórico bip-bip que conmocionó al mundo. Hasta que podamos anunciar su puesta en órbita, veamos cuál es la historia de su predecesor.

## HACE 40 AÑOS

El lanzamiento del Sputnik-1 será sin duda uno de esos hechos capitales de los que se nutre la historia. Cambió muchas cosas; tantas, que no sabemos si ha pasado el tiempo suficiente como para apreciar en su justa medida lo que ocurrió aquel 4 de octubre de 1957. El relato, sin embargo, no se circumscribe sólo a los sucesos de aquella jornada. El Sputnik, fruto de la lucidez y la genialidad de Sergei Pavlovich Korolev y Mikhail Klavdiyevich Tikhonravov, edificó una era de dominio espacial soviético que tardaría casi diez años en menguar.



*Serguei P. Korolev (1906-1966). Bajo su dirección se construyó el misil ICBM soviético R7, que sirvió para lanzar el Sputnik 1.*

Todo empezó, a pesar de todo, en los EE.UU., poco después de la Segunda Guerra Mundial, cuando algunos estamentos gubernamentales y militares se decidieron a

examinar los beneficios que un satélite artificial podía reportarles.

En febrero de 1946, el Ejército estadounidense pidió varios informes secretos a diversas empresas aeronáuticas. En ellos debía delimitarse el diseño preliminar de uno de tales vehículos y sus posibles aplicaciones. A la sazón, la compañía Douglas Aircraft ganó la competición y en julio de ese mismo año recibió un contrato para profundizar en el tema.

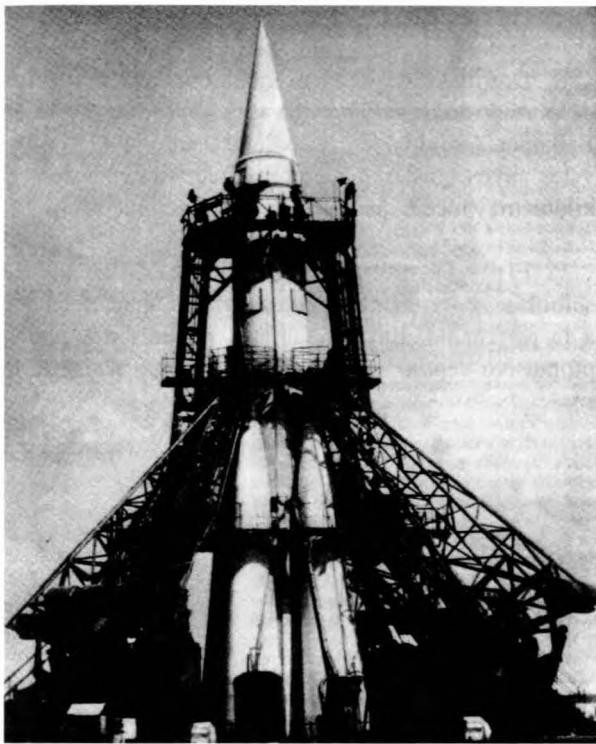
El dinero, no obstante, fue pronto transferido a un nuevo organismo, el enigmático Proyecto RAND (Research and Development), un «think-tank» teórico-científico-militar que acabó publicando un documento fundamental denominado «Preliminary Design of an Experimental World-Circling Spaceship». En dicho informe se describían las bases que otorgaban al satélite artificial un sinfín de aplicaciones militares y científicas. La iniciativa, sin embargo, no fue más allá: todavía era demasiado pronto.

En 1948, algo parecido ocurrió en Rusia. El experto Mikhail Tikhonravov preparó un informe realmente pionero y lo presentó a la Academia de Ciencias de la Artillería. Para ello, buscó apoyo en Sergei Korolev, el padre de la astronáutica soviética, pero el documento, por su alto riesgo y poco clara utilidad, no fue considerado seriamente. En realidad, la nación carecía aún de los medios de propulsión necesarios para colocar un objeto en órbita.

Cinco años después, las cosas habían cambiado mucho: Korolev tenía entre manos el desarrollo del primer misil intercontinental de la historia, el R-7 (aún utilizado para multitud de vuelos espaciales rusos), un vehículo que con pequeñas modificaciones podría ser usado para la tarea. El ingeniero-jefe, un enamorado de la aventura espacial, soñaba con llevar algún día a un hombre hasta la órbita terrestre, así como hollar la Luna y los planetas. El satélite artificial, por supuesto, sería un paso previo que debía emprenderse cuanto antes si quería ver cumplido todo aquello durante el breve lapso de su vida.

Después de algunos estudios suplementarios, Korolev concluyó que su misil, en la configuración inicial, podía lanzar a distancias intercontinentales una bomba termonuclear de más de 5 toneladas, o lo que es lo mismo, acelerar unas 1,5 toneladas a velocidad orbital. Su propuesta fue presentada el 26 de mayo de 1954 al Ministerio

competente, pero enfocada de tal manera que el lanzamiento del satélite fuera sólo uno más de los pasos que sirvieran para verificar la efectividad del R-7 como misil ICBM, una prioridad nacional.



*El lanzador R7, en su configuración de misil balístico intercontinental.*

Para entonces, en América, estudios parecidos habían vuelto a florecer. El insigne von Braun, por ejemplo, presentó su Proyecto Orbiter, basado en elementos ya disponibles: un cohete Redstone equipado con varias etapas superiores que podría colocar en órbita un pequeño satélite de apenas algo más de 1 kg de masa. El motor principal de dicha iniciativa, mucho más realista que anteriores propuestas, era el llamado Año Geofísico Internacional (IGY), un proyecto científico mundial que perseguía el estudio geofísico global de la Tierra durante unos dos años. El lanzamiento de un satélite sería la cúspide de las aportaciones estadounidenses y demostraría lo avanzado de su tecnología frente al creciente poder soviético.

Pero el hecho de que el IGY fuera una iniciativa científica en la que además participarían otros países, hizo sospechar al presidente Eisenhower que el uso de medios militares podía despertar suspicacias. Además, ¿que opinaría la paranoica URSS si un objeto americano sobrevolaba de pronto su territorio nacional, fuera del alcance de sus sistemas de defensa? Intentando paliar en lo posible esta sensación, canceló el Proyecto Orbiter y aprobó en su lugar el Programa Vanguard, un sistema satélite/cohete de nuevo cuño que debería empezar a desarrollarse casi desde cero. Con ello, sin saberlo, sentenciaba inconscientemente la oportunidad que habría tenido su país de ser el primero en la conquista del espacio.

Esta política era sin embargo algo hipócrita. En realidad, los militares estadounidenses estaban ya desarrollando satélites espía para fotografiar suelo soviético (programa Corona) y el cohete Vanguard fue encargado a un laboratorio de la Marina. Si el satélite del IGY tenía éxito como iniciativa civil y la URSS no protestaba, los futuros vuelos militares de reconocimiento serían más fácilmente aceptables por los rusos, sobre todo si éstos contribuían con su propio satélite.

Con el anuncio oficial el 29 de julio de 1955 de que los EE.UU. participarían en el IGY con el programa Vanguard, Korolev supo que debía darse prisa. El ingeniero-jefe tenía acceso a la literatura especializada americana, de manera que estaba perfectamente enterado, a grandes rasgos, de lo que hacían sus rivales. Estos, en cambio, desconocían el estado actual de la astronáutica comunista, a excepción de lo que mostraban incompletos informes realizados por los espías de la CIA. Con esta ventaja, Korolev decidió aprovechar el choque político-militar existente entre las dos potencias y puso de manifiesto a sus superiores la conveniencia de aprobar cuanto antes la construcción de su satélite. La consecución de tal vehículo glorificaría a la nación soviética y la convertiría en la más avanzada de la Tierra.

La autorización para proceder con su desarrollo, de hecho, no se otorgaría hasta el 30 de enero de 1956. Aunque los científicos e ingenieros trabajaron intensamente en ello, el Gobierno aún no estaba convencido del todo. Por eso, ante el poco tiempo que restaba para el inicio del IGY, Korolev tuvo que apresurarse: llamó a Tikhonravov y sus colaboradores y les dijo que había sido nombrado responsable del proyecto.

El programa contemplaba el diseño de un sofisticado satélite llamado Object-D, un vehículo que aprovechaba toda la capacidad de carga del misil R-7 (más de una tonelada, sin usar etapas suplementarias). Tal vehículo estaría equipado con numerosos instrumentos científicos, incluidos los que habrían permitido descubrir, de haberse lanzado a tiempo, los famosos cinturones de radiación de Van Allen. Se habló incluso de embarcar a bordo a un perro.

Pero el apoyo económico del Gobierno no estuvo a la altura de las circunstancias durante mucho tiempo y Korolev temió que los americanos se les adelantaran. Así, el 14 de septiembre de 1956, Mstislav Keldysh, uno de los más cercanos colaboradores de Korolev, explicó frente a la Academia de las Ciencias soviética que la falta de interés de la industria y de los estamentos científicos ponía en peligro la primicia.

A pesar de todos los esfuerzos, el Object-D empezó a acumular importantes retrasos, lo que lo dejaba, aparentemente, fuera de la carrera con el Vanguard. La situación se agravó tanto que Korolev tomó una decisión determinante: sustituir el satélite por otro más sencillo llamado PS (Prostreishiy Sputnik). El PS se construyó en sólo un mes,

y su único objetivo sería arrebatar el premio de la victoria a los estadounidenses. Ser primero valía más que todos los resultados científicos, y sólo un vehículo perduraría en el tiempo como el iniciador de la era espacial. El sofisticado Object-D volaría más adelante con el nombre de Sputnik 3.

Mientras tanto, el misil R-7 tenía sus propios problemas. No sería hasta su sexto ensayo (tres habían correspondido al mismo vehículo), el 21 de agosto de 1957, que tuvo éxito y recorrió con una maqueta de una bomba termonuclear la distancia prevista, alrededor de 6.000 km. Pero ésta era la señal esperada por Korolev, quien decidió que uno de los próximos R-7 (8K71PS, M1-1PS) podría transportar su satélite.

Faltaba no obstante una cosa: la autorización gubernamental. A los militares no les acababa de gustar la idea, ya que el número de misiles disponible era muy limitado y el uso de uno de ellos para un experimento tan alejado de los objetivos del programa ICBM podía retrasar su puesta a punto como arma de ataque. Los americanos, no lo olvidemos, tenían a los menos potentes Redstone y Júpiter, y pronto los Thor, a las puertas de la URSS, desplegados o en proceso de despliegue en suelo aliado europeo. Los soviéticos necesitaban un misil que pudiera saltar de un lado al otro del mundo con su carga letal lo antes posible.

Ante la protesta, Korolev insistió, haciendo ver lo importante que sería para la Unión Soviética el prestigio de encumbrarse como la primera nación espacial. El país demostraría además la disponibilidad de un sistema de propulsión lo bastante potente como para reprimir las expectativas «imperialistas» americanas.

Así, el Sputnik-1 (Object-PS) quedó listo para el despegue. Su aspecto era el de una simple esfera fabricada en dos partes, de 58 cm de diámetro. Pesaba unos 84 kg, y sólo transportaba un radiotransmisor, las baterías para



Ajustes finales del Sputnik-1. Con una masa de 84 kg y 58 cm de diámetro, se convirtió en el primer satélite artificial de la Tierra. Sus dos emisoras de radio emitieron un "bip-bip" durante 21 días, señalando el inicio de la era espacial.

alimentarlo, y un sistema de medición de la temperatura cuyos resultados serían radiados a la Tierra. Para mantener bajo control la temperatura interna del satélite, influenciada por el calor producido por el transmisor y por los rayos solares que bañarían su exterior, se decidió pulir la esfera hasta dejarla muy brillante, esperando con ello reflejar al menos la radiación procedente de nuestra estrella.

Dos días antes del lanzamiento, el cohete R-7 fue desplazado desde su hangar hasta la zona de despegue, en Baikonur. A su alrededor, en ordenada procesión, Korolev y los suyos quisieron recorrer a pie, en procesión, el kilómetro y medio que les separaba de aquella zona.

El despegue, el sexto de aquel espectacular misil, y sólo el tercero en tener éxito, se desarrolló, aparentemente, a la perfección. En realidad, los motores del cuerpo propulsivo central se pararon un segundo antes de lo

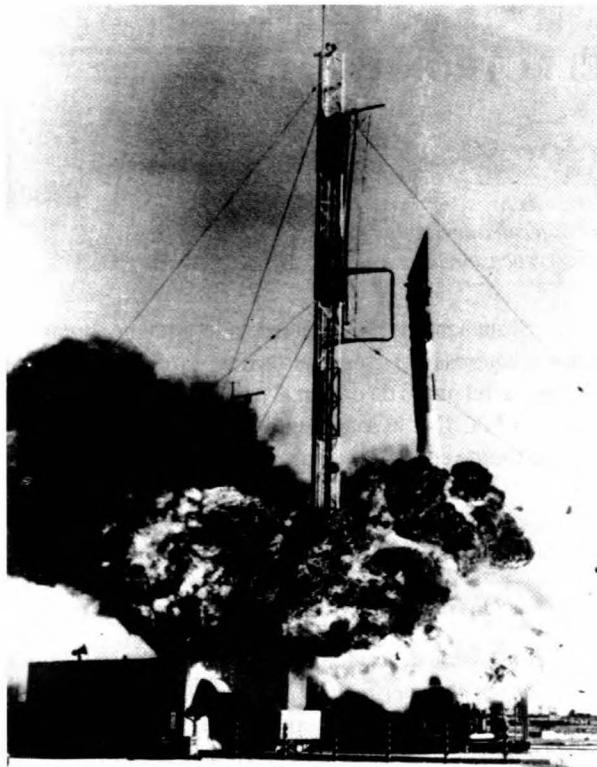


4 de octubre de 1957. Lanzamiento del cohete R7, con el Sputnik 1.

previsto por agotamiento del combustible (queróseno), lo que provocó alcanzar una órbita más baja de lo planeado. Pero la confirmación de que el Sputnik había entrado en órbita (227 por 941 km, inclinación 65 grados) debería esperar. Con sólo una antena de recepción fija, no sería hasta que el satélite dio la primera vuelta alrededor de la Tierra y volvió a pasar sobre el cosmódromo que pudo declararse a la URSS como la nación que inauguraba la era espacial. El simple pero emocionante bip-bip procedente del vehículo bastó para asegurar que se encontraba vivo y cumpliendo con su deber.

El resto, por supuesto, es historia: la reacción americana, casi histérica, el fracaso del Vanguard inicial, la preparación del Explorer-1 impulsada por von Braun, y el inicio de la carrera lunar.

Empezó también a sentirse la presión política sobre Korolev, al que se demandó constantemente nuevas pruebas que pudieran ser explotadas como arma propagandística. El Sputnik-2 (Object-PS-2), con la perrita Laika a bordo, debería celebrar la Revolución soviética en noviembre. Sin tiempo para nada más (¡de nuevo menos de un mes!) los ingenieros cogieron una copia del Sputnik-1, lo unieron a un contenedor para albergar a Laika y, con un peso de media tonelada, los lanzaron al espacio el 3 de noviembre de 1957. Fue un triste viaje para el animal, puesto



*Fracaso del primer intento norteamericano de situar un satélite en órbita, el 6 de diciembre de 1957. El Vanguard perdió empuje a los dos segundos de su lanzamiento.*

que el satélite no se separó del cohete y el recalentamiento térmico subsiguiente la mató mucho antes de lo previsto. Mirando hacia atrás, sin embargo, no debemos sino maravillarnos de lo que eran capaces de hacer aquellos hombres en sólo 30 jornadas, cuando hoy en día cualquier proyecto precisa de al menos 4 años para definirse y ponerse en

práctica. Más sorprendente es saber que, a diferencia de su antecesor, el Sputnik-2 fue equipado con detectores Geiger-Mueller y que de hecho éstos descubrieron los cinturones de Van Allen antes que el Explorer-1. Sin embargo, los científicos soviéticos fueron incapaces de interpretar los datos, una parte esencial de todo descubrimiento, y la primicia fue a parar a los americanos.

El primer verdadero satélite ruso, el Object-D-1, tuvo ahora su oportunidad. Debía haberse llamado Sputnik-3 pero, por desgracia, no alcanzó el espacio. Se inauguraba



*Explorer 1. Primer satélite artificial norteamericano, lanzado el 31 de enero de 1958.*

de esta forma una larga serie de fracasos espaciales que la URSS siempre trató de ocultar para no perjudicar su imagen de impoluta perfección. El lanzamiento del 3 de febrero de 1958 resultó fallido debido a problemas de vibraciones con los motores laterales del cohete y el satélite acabó alcanzando unos 15 km de altitud para precipitarse después al suelo. En medio de un amplio despliegue y un gran secretismo, el destrozado vehículo fue recuperado. Una vez desmontado, algunos de sus instrumentos aún funcionaban, un signo de la robustez de los mecanismos rusos.

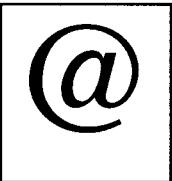
*El lanzamiento del  
Sputnik-1 será sin duda  
uno de esos hechos  
capitales de los que se  
nutre la historia*



*Laika en el Sputnik 2, lanzado el 3 de noviembre de 1957. Murió al cabo de pocos días.*

El Sputnik-3 (primer Object-D con éxito) volaría finalmente el 15 de mayo. Un fallo en el grabador de a bordo limitó la recolección de los resultados que emitían sus instrumentos a los breves momentos de visibilidad de las antenas terrestres, con lo que los científicos sólo pudieron hacerse una idea parcial de los fenómenos investigados (incluidos los cinturones de Van Allen, aún no descritos por el equipo americano del Explorer-1).

En el futuro, nuevas y más complejas empresas esperaban a los protagonistas de esta historia, pero el Sputnik-1 fue sin duda el verdadero iniciador de una época que siempre será recordada.



# DEL CORREO ELECTRÓNICO AL FAX

Ramon Arxer i Galabert

Proyectista del Departamento de Arquitectura de Computadores

Universitat Politècnica de Catalunya

e-mail : arxer@bcn.servicom.es

## INTRODUCCIÓN

Desde principios de los años 60, se ha comentado que el satélite de comunicaciones y las redes informáticas harán el mundo más pequeño. La manera con que nos referimos a ellas, usando comparaciones tan conocidas como "autopistas de la información", muestra por un lado la idea que tenemos de ellas y por otro, lo que esperamos actualmente y en un futuro.

Como en un ecosistema, el negocio de las comunicaciones globales es una simbiosis de dos mundos diferentes: la red pública por un lado y el entorno de las comunicaciones privadas por otro. El primero se usa principalmente en comunicaciones de voz; estamos viendo como la red mundial de teléfono crece continuamente, formada por centenares de millones de líneas desde Cabo Norte hasta Ciudad del Cabo y desde España hasta Nueva Zelanda., mientras que el segundo entorno se usa básicamente para la transmisión de datos, donde Internet es la red privada más grande del mundo.

Estas dos redes confluyen en numerosos campos: el futuro de la telefonía por Internet, el acceso de servicios multimedia, las pasarelas de correo electrónico a fax... En este último aspecto actualmente un gran número de servidores y proveedores de acceso a Internet dan este servicio. La figura 1 muestra algunas posibilidades.

Sianalizamos la tabla con detalle, podemos notar dos puntos interesantes: que las tarifas no dependen de la distancia del punto de origen al punto de destino, y que el servicio TPC.INT es totalmente gratuito. Por este motivo es interesante ampliar la información sobre el mismo

## THE PHONE COMPANY (TPC)

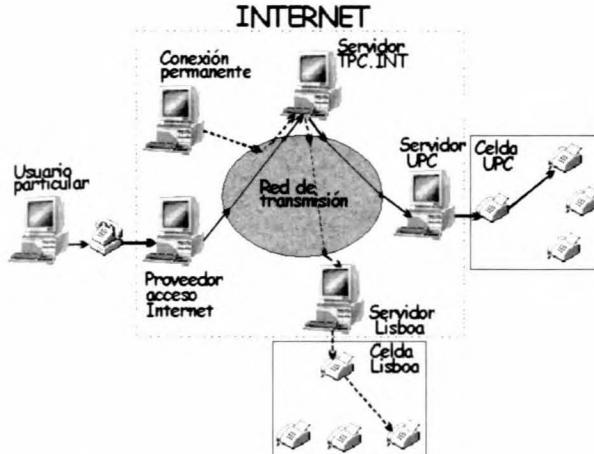
### Historia y objetivos

La base del servicio actual dado por *The Phone Company* es el *Experiment in Remote Printing* iniciado en julio de 1.993 por Carl Malamud de *Internet Multicasting Service* y Marshall Rose de *Dover Beach Consulting*, y mantenido a partir del verano de 1.995 por Darren Nickerson y Arlington Hewes de la Universidad de Oxford.

El objetivo principal del subdominio tpc.int es el de proporcionar un redireccionamiento de mensajes, transparente al usuario, entre ordenadores de propósito general conectados a Internet y aparatos de propósito específico, como los fax, conectados a la red telefónica ofreciendo el servicio llamado impresión remota. Éste se define como la unión entre los aparatos de fax conectados a la red telefónica, los usuarios de correo electrónico de Internet y los servidores encargados de gestionar los mensajes, conectados a Internet mediante pasarelas.

Nombre Servicio	Tasa inicial (Ptas.)	Tasa mensual (Ptas.)	EEUU	Aleman.	Rusia	Japón	China	Australi
<b>Faxaway</b>	0	0	16,5/m	49,5/m	193,5/m	52,5/m	202,5/m	37,5/m
<b>faxSAV</b>	0	0	22,5/p	52,5/p	163,5/p	57/p	178,5/p	45/p
<b>ITSG</b>	0	0	30/m	82,5/m	238,5/m	99/p	205,5/p	99/p
<b>UniTerra</b>	0	0						
Urgente			15/m	42/m	133,5/m	54/m	187,5/m	43,5/m
Aplazado			13,5/m	37,5/m	123/m	49,5/m	168/m	43,5/m
<b>web2FAX</b>		18750	21/p	70,5/p	232,5/p	88,5/p	253,5/p	84/p
<b>HT-NET</b>			21/m	48/m	144/m	69/m	174/m	45/m
Executive	4492,5	4492,5						
Economy	4492,5	1492,5						
<b>Interpage</b>	1500	1500	30/m	52,5/m	150/m	52,5/m	180/m	37,5/m
<b>JFAX</b>	2250	1875	15/m	54/m	141/m	54/m	186/m	39/m
<b>FaxWeb</b>	3750	2250-3750						
<b>TPC.INT</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Figura 1. Tabla comparativa de las tarifas para la transmisión de correo electrónico a fax de diferentes servicios comerciales, siendo Ptas./p, Ptas./página y Ptas./m, Ptas./minuto (Calculada con una paridad de 1\$ = 150 Ptas.)



**Figura 2.** Esquema de funcionamiento del servicio

El subdominio está organizado como una cooperativa con el propósito de dar el servicio antes mencionado de forma voluntaria y altruista.

## Funcionamiento

El servicio se estructura en zonas (o celdas) a las que da cobertura un servidor. Cuando se envía un fax a alguien en alguna zona del mundo con cobertura del proyecto, el servidor *tpc.int* lo redirige hacia la celda que da servicio a dicho número de fax (en el caso que haya más de un servidor dando servicio a una misma zona se va alternando el envío a los servidores). En este punto el mensaje de correo electrónico se transforma en un fichero apto para ser enviado por fax y se transmite.

Al dividirse el mundo en un conjunto de zonas con cobertura, cuantas más piezas haya en el rompecabezas más extenso será y se mejorará el ámbito del servicio (ver figura 4).

Hay que hacer notar que no es necesario disponer de un servidor en la zona que nos encontramos para poder enviar un fax a una zona que tenga cobertura (en Europa sólo Inglaterra, Alemania, Suecia, Lisboa y algunas zonas de Italia, Grecia y Croacia) ya que el servicio de envío y recepción son totalmente independientes el uno del otro.

Los tipos de documentos que se pueden enviar son: texto plano, ficheros *postscript* y gráficos *TIFF/F*. Los dos últimos permiten enviar textos más elaborados y gráficos complejos que no podrían enviarse mediante un mensaje de texto ASCII. La manera de hacerlo es adjuntando estos ficheros a un mensaje mediante una aplicación de correo electrónico que soporte las extensiones *MIME*.

### Formato:

remote-printer.primera\_linea\_cabecera/segunda\_linea\_cabecera@#####.iddd.tpc.int.

### Ejemplo:

remote-printer.Leandro\_Navarro/Despacho\_104@3434017055.iddd.tpc.int.

La figura 3 muestra el formato de la dirección del mensaje que se envía. Cuando se genere la portada del fax, se incluirá una cabecera con el mensaje : "Distribuir este mensaje a :" tomando el contenido de la primera y segunda línea que incluirán respectivamente el nombre del destinatario y el despacho o departamento donde se encuentra, convirtiendo el carácter "/" en un salto de línea y los caracteres "\_" en espacios en blanco. El número de fax del destinatario se especifica en la dirección después del carácter "@", añadiendo el código internacional y provincial delante del número. De todos modos se han diseñado programas clientes de correo electrónico que facilitan la tarea de componer la dirección del mensaje y el envío de ficheros *postscript* y gráficos.

*El servicio proporciona la gratuidad del envío de fax en aquellas zonas donde haya cobertura.*

## Entornos

De cara a una mayor difusión de este servicio, han ido apareciendo aplicaciones que realizan la pasarela de correo electrónico a fax para poder instalar un servidor en cualquier plataforma. Aunque originariamente el entorno sobre el que se inició el experimento fue el sistema operativo UNIX, las plataformas que se pueden usar actualmente para crear un servidor son:

- Unix (y Linux), HylaFAX, desarrollado por Sam Leffler de Silicon Graphics.  
(<http://www.vix.com/HylaFAX/>).
- Windows, FaxHQ, desarrollado por HQ Software Pty. Limited.  
(<http://www.lan1.com.au/HQ>)
- MacOS, CommuniGate desarrollado por Stalker Software Inc.  
(<http://www.stalker.com/CommuniGate/>)

## Valor añadido

Como se ha visto en la descripción del servicio, la participación es totalmente voluntaria y en principio desinteresada. Entonces ¿cómo conseguir que un mayor nú-

**Figura 3.** Formato dirección de correo para el servidor TPC.INT



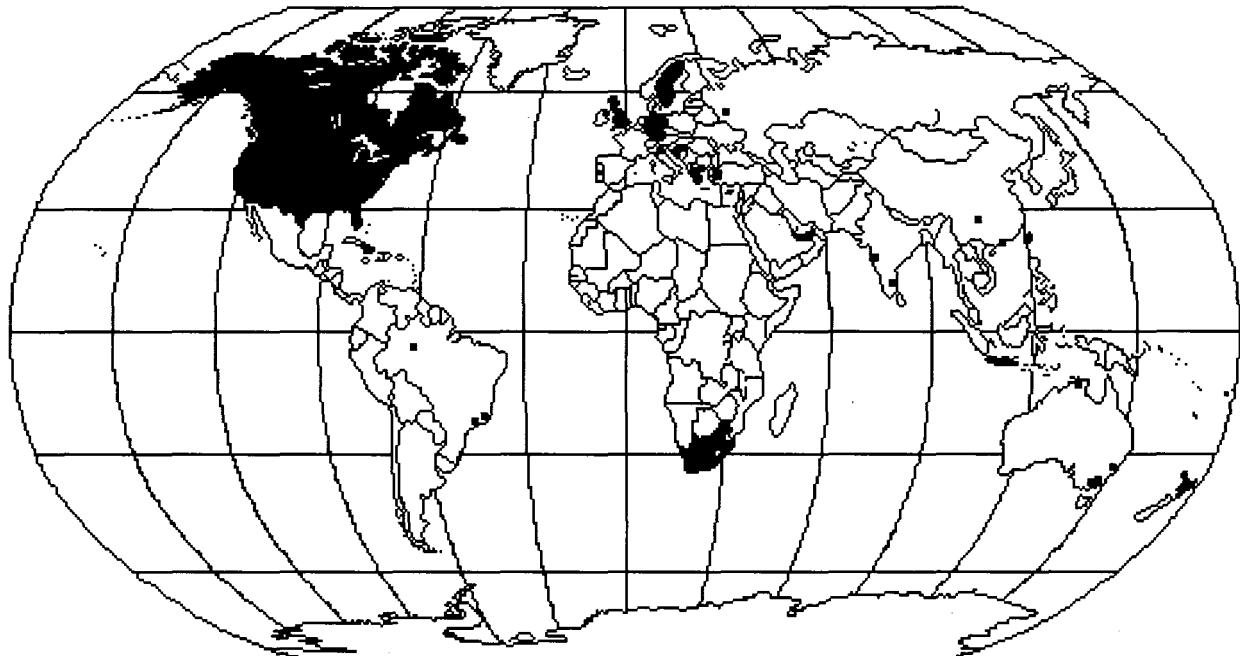


Figura 4. Cobertura del servidor a nivel mundial.

mero de empresas y asociaciones se interesen por el proyecto de instalar un servidor para crear una nueva celda?. La respuesta es fácil, mediante la inserción de publicidad en los mensajes y inherente al propio servicio, se puede:

- Añadir un mensaje que ocupe 1/3 de la portada del fax
- Enviar dos líneas, fijadas por el servidor, al pie del mensaje de confirmación de envío de fax que se transmite al remitente.

## PROYECTO DE FIN DE CARRERA

### Entorno

Llegado a este punto pasemos a hablar del proyecto de fin de carrera que se está desarrollando en el Departamento de Arquitectura de Computadores de la Universitat Politècnica de Catalunya, en el seno de la organización Pangea.

Tomando como base uno de los servidores del dominio pangea.org, se está instalando un servidor que dará servicio a una celda de impresión remota de fax, constituida por los diferentes campus que componen la universidad. Esto permitirá dos cosas: integrar a la UPC en la red de servidores de fax que supervisa el proyecto de *The Phone Company*, hecho que hará posible la recepción de fax sin que suponga ningún coste adicional para el remitente, y además facilitar el envío de mensajes entre la población de los diferentes campus de la universidad sin tener que limitarse únicamente al entorno tecnológico que supone Internet.

### Instalación y documentación

Sobre un servidor con sistema operativo Linux, se ha instalado el programa HylaFAX, que transforma los ficheros de modo texto a *postscript* para poder ser enviados por fax, aprovechando la gratuidad de las llamadas a través de la centralita, del tipo Ibercom, propia de la UPC.

La memoria de este proyecto de fin de carrera se ha concebido como un manual (bilingüe español-catalán) para la instalación de una celda de impresión remota en un entorno parecido, de cara a la máxima difusión del servicio, ya que su éxito depende de la cobertura mundial que pueda conseguir. Simultáneamente Internet contará con información actualizada en diferentes idiomas tanto en el propio servidor como en las siguientes direcciones :

- <http://casal.upc.es/~ramon25/pfc/>
- <http://yi.com/home/ArxerRamon/pfc/>

### Bibliografía

- [1] Introduction to TeleGeography 1996/1997  
(<http://www.telegeography.com>)
- [2] Internet Fax Services, Review  
(<http://www.netpower.no/frost/fax>)
- [3] Principles of Operation for the TPC.INT Subdomain:  
General Principles and Policy (RFC 1530)
- [4] FAQ for an Experiment in Remote Printing  
([http://www\(tpc.int](http://www(tpc.int))

### Agradecimientos

A los responsables de Pangea por facilitar los recursos, a todos los que a través de la red me han dado ayudado y a los que han estado a mi lado apoyándome en este proyecto.



## VENTANAS A LA UBICUIDAD

Miguel Escudero

Profesor del Departamento de Matemática Aplicada y Telemática de la UPC  
escudero@mat.upc.es

En medio de una encarnizada lucha por el poder *digital* en los medios de comunicación, se ha celebrado durante el mes de febrero en Madrid un congreso de usuarios de *Internet*. Como se sabe, esta red informática es el mejor anuncio con que contamos hoy día de las anunciadas ‘autopistas de la información’. Está previsto que dentro de cuatro años el número de conectados a esa red rebasará los mil millones. ¿Cómo serán entonces los congresos de *internautas*? ¿Compartirán como ahora el mismo espacio físico? ¿Y si lo hacen, por qué lo harán? Las últimas ediciones del premio anual que otorga una publicación española de electrónica reúne a sus jurados de Madrid y Barcelona sin que ninguno de ellos deba tomar el ‘puente aéreo’. Provistos de adecuados medios audiovisuales, se ven y se oyen, comparten el tiempo pero no el espacio físico, aunque cada vez más van a tener la sensación de *estar ahí*. Las pantallas a que se adhieren permiten abrir ventanas a un exterior hasta ahora inaccesible.

Recuérdese que acabamos de celebrar el primer centenario de una proyección cinematográfica ofrecida a un público general. Nótese cómo han cambiado la vida de las gentes las radios, primero, luego los transistores, y más tarde los televisores; tantos modelos que llegan a los lugares más modestos. Todos esos medios de comunicación han acabado haciéndose imprescindibles para la mayoría de los hombres, lo cuales no podrían imaginarse viviendo sin esos aparatos. Ahora bien, hasta ahora asistíamos en forma pasiva, desde casa o desde un bar, a las conversaciones y debates que, ante unas cámaras, políticos, artistas, deportistas o periodistas sostenían a miles de quilómetros de distancia entre sí. (El mayor espectáculo que pudimos contemplar, ocurrió, sin embargo, hace casi treinta años, cuando Neil Armstrong, treinta y nueve años de edad, puso sus pies en la Luna. El mundo y su palabra *cambiaron*, al integrar un nuevo sentido.) Lo que ahora se aíra (*ventana, window*, procede de viento) son unas transformaciones técnicas que, Dios mediante, nos conducirán a una nueva época, la *era digital* (así llamada por el generalizado y capital tratamiento de señales mediante selectivas secuencias de dígitos o códigos).

No debemos quedarnos apresados por palabras que nos exceden y que ponen en evidencia nuestros conocimientos o capacidades. Hay que tener en cuenta que las posibilidades técnicas que se abren están muy por

encima de las necesidades íntimas de la población y que el término *digital* no es sinónimo de *interactivo*. Sin embargo, vamos a ser empujados a intervenir de forma activa, ya no se trata de que juguemos con un regocijante *karaoke* (con el que cualquiera puede sentirse importante, al oírse respaldado por una potente banda) o que se aunan, en grabaciones, voces presentes con otras ya pasadas en el tiempo o lejanas en el espacio, ni siquiera que zapeemos para ver algo de todo lo que se echa por televisión o que nos seduzca y obsesione la disponibilidad de los teléfonos móviles, ostentados con frecuencia en los lugares y momentos más inoportunos.

*¿No estaremos, en la hora del retiro diario, cansados de elegir y preferiremos acomodarnos al menú 'casero', viendo lo que todos, 'lo que hay que ver'?*

---

---

No parece tan claro, como algunos nombres prestigiosos pregonan, que podamos ver *próximamente* los telediarios a ‘nuestro modo’, empezando por donde queremos y saltándonos secciones, tal como ahora hacemos con la prensa escrita. Sí es cierto, en cambio, que de forma inminente vamos a vernos ante una programación televisiva con una *carta* nunca antes vista. ¿Pero tendremos ganas de escoger nuestro propio gusto? ¿No estaremos, en la hora del retiro diario, cansados de elegir y preferiremos acomodarnos al menú *casero*, viendo lo que todos, *lo que hay que ver*?

La expansión técnica va a permitir llevar a casa la cabina electoral, se supone que será un derecho y no un deber. ¿Tendremos para entonces listas abiertas cuando vayamos a las urnas a votar por nuestros representantes políticos? Estos no tendrán excusa si no nos convocan para refrendar muchas de sus decisiones que nos afectan local y globalmente. ¿Querremos hacer uso de esas posibilidades o bien, hastiados y perezosos, renunciaremos a tener gustos propios, distintos de los que nos dan como *hechos*?

Es evidente que la nueva interactividad que ya asoma va a trastocar las actuales estructuras y sus relacio-

nes. Y hay que estar preparados para ello, no sólo mentalmente (si así fuera, iríamos a parar a un fatalismo inoperante). En su *Cara y cruz de la electrónica*, Marías ya advirtió hace una docena de años que «si uno no usa una nueva técnica, como la usan los demás, queda fuera del mundo real y, por consiguiente, a merced de los demás». Pero no vamos a angustiarnos por lo que está fuera de nuestro alcance. En toda sociedad se tiende a la división del trabajo, de modo que se mancomunen esfuerzos. Nadie debería ignorar, por otro lado, que los vehículos que manejamos o nos transportan, y los aparatos eléctricos que nos rodean, salen de una realidad artificial, ultranatural. Pero su sentido *impletivo* nos rebasa prácticamente a todos los mortales.

En 1843, un abogado neoyorquino que no tenía aun cuarenta años de edad, afiliado al Partido Demócrata y aficionado a la arqueología, publicó una voluminosa obra en dos tomos, titulada *Viaje a Yucatán*. En ella, John Lloyd Stephens daba cuenta de «los vacilantes restos de cuarenta y cuatro ciudades antiguas» que había encontrado en el país de los mayas, junto al excelente litógrafo británico Frederick Catherwood, ingeniero del primer ferrocarril de la América hispana, en Panamá. En aquella fecha, hacía veintitrés años que México se había independizado de España, y Yucatán se había unido y separado por dos veces de México. Ya entonces, Stephens hablaba de «las continuas y constantes convulsiones de las repúblicas hispanoamericanas» (lo de latinoamericanas vendría poco más tarde, por cuenta francesa). Pero lo que aquí quiero destacar de este hombre ‘moderno’, que mencionaba ya los exámenes químicos de fragmentos de huesos, son unas líneas que desvelan, de pasada, prepotencia y cierta necedad. Cuenta en una ocasión que su amigo el doctor Cabot, arrancó las ataduras de un herido «y procuró que la mujer aprendiese a restablecer la circulación interrumpida, por medio de fricciones, o estregando el brazo con la palma de la mano; pero ella no tenía más idea de la circulación de la sangre, que de la revolución de los planetas» (el subrayado es mío).

*No debemos quedarnos apresados por palabras que nos exceden y que ponen en evidencia nuestros conocimientos o capacidades*

Quienes pugnan por marcar los pasos de la próxima revolución tecnológica, y controlar su mercado, dicen detestar la palabra dominio y preferir la de liderazgo, lo cual puede antojarse hipócrita y vanidoso. Sus modelos, nos dicen, son Richard Ford y Thomas Alva Edison. No sé, estos dirigentes del siglo XXI quieren aparecer moverse en otra dimensión. A la tradicional distinción física de las capas de la Tierra: Atmósfera, Hidrosfera y

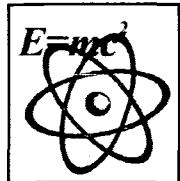
Litosfera, la Ecología aportó una distinción biológica con el concepto de Bioesfera, que introduce la influencia de los seres vivos. En este siglo, el paleontólogo y jesuita francés Pierre Teilhard de Chardin ha aportado otra distinción antropológica con el concepto de Noosfera, que incorpora la visión de la Tierra sometida a intervención humana junto a todos los fenómenos humanos y

*Es evidente que la nueva interactividad que ya asoma va a trastocar las actuales estructuras y sus relaciones*

humanizados. Llegados a este punto, parece razonable preguntarse por el proyecto de transformación de las vidas de los hombres y mujeres en vidas personales. Si con Marías, partimos de considerar que el hombre es ‘el animal que tiene una vida humana’ y ésta es una estructura que se descubre al analizar *mi vida*, la de cada cual, tendríamos que la vida humana nos presenta a los hombres como campos de *posibles variaciones humanas en la historia*, como un conjunto de lo que desde 1970 se denomina estructuras *empíricas*.

La técnica está apelando al don de la ubicuidad, al afán de estar en todas partes, en varios sitios a la vez. Este deseo, ¿puede alcanzarse al margen de un *cuerpo espiritualizado*, esto es, dotado de las propiedades de claridad (o gloria), impasibilidad, sutileza y agilidad? Pero esto es ultraterreno.

El poeta Maragall, que postulaba la ‘palabra viva’, pedía racionar nuestras palabras esperando un gran anhelo de expresión. Así, decía, sería posible «el puro imperio del verbo creador, la infinita transformación de la tierra en el cielo, que es el anhelo más hondo del verdadero progreso humano». ¿Cómo podríamos conectar con todas las ‘palabras vivas’ que han sido, son y serán? En primer lugar, cabría rechazar todas las ‘palabras muertas’. ¿Y dónde podríamos considerar el conjunto de fenómenos relativos al habla humana que no implican intervención de la persona *que es*? Podría hablarse de la Parlosfera. Este término me lo transmitió en una conversación el catedrático jubilado Francisco Marsá para denotar el ámbito donde *flotan* las palabras que no alcanzan repercusión. Pero ¿es esto posible? Se puede hacer perder el tiempo a los demás, se puede tergiversar unas palabras, enredar su comprensión y *hurtar* a otros la lectura de unos escritos. Pero la voz que clama en la soledad inaudible, ¿dónde queda? Al hablar, escribió Federico García Lorca, ‘se enganchan en el aire las palabras como corchos en el agua’.



# EL EFECTO TÚNEL RESONANTE DE LA MAGNETIZACIÓN A ESCALA MACROSCÓPICA ABRE LAS PUERTAS DE LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA

E. del Barco, J.M. Hernandez, R.F. Ziolo y J. Tejada

Laboratorio de Investigación en Magnetismo UBX (Universidad de Barcelona - Xerox)

Los ordenadores actuales utilizan la lógica binaria en el tratamiento y almacenaje de información. A este tipo de ordenador lo llamaremos *ordenador clásico*. La lógica binaria se caracteriza por usar únicamente dos estados independientes para formar su base de operaciones. Estos dos estados son comúnmente representados por el *1* y el *0*, y soportan la unidad básica de información, denominada *bit*. Este *bit* de información puede ser físicamente sostenido de diversas maneras. En los comienzos de la informática, las rudimentarias máquinas de cálculo utilizaban tiras de papel o tarjetas agujereadas de forma que un lector mecánico podía distinguir entre un agujero o un espacio sin agujerear al leer el correspondiente trozo de la tarjeta. El espacio donde se grababa un agujero correspondía a un *bit* de información. Si había agujero, el *bit* era un *1*, si no, un *0*. Estos antiguos *bits* ocupaban varios milímetros en el papel. Con el avance de la tecnología, los sistemas de almacenamiento de información han ido evolucionando paralelamente a los sistemas de lectura de información y a las exigencias de los programas informáticos, cada vez más complejos. Ahora la información se almacena en discos ópticos o magnéticos, donde se pueden llegar a almacenar miles de millones de bits en el espacio que ocupaba uno de los antiguos. Lo más sorprendente de todo es que esta progresión ha sido verdaderamente rápida, tan solo se han invertido treinta años de investigación.

## ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN

En los discos ópticos un *bit* es soportado en un espacio ínfimo del substrato del disco. Sucesiones interminables de agujeritos y espacios opacos pueden ser leídos por el haz láser del lector. En la actualidad un *bit* «óptico» puede ocupar tan solo unos pocos angstroms ya que se pueden manipular las superficies de los materiales a escala microscópica. El problema de hacer trabajar a un ordenador con este tipo de almacenamiento óptico reside en que, si bien la capacidad de almacenamiento es ingente, la información no puede ser transformada. Una vez grabados los datos ya no pueden ser borrados ni cambiados, ya que hemos manipulado la superficie del disco óptico. Las tareas que realiza un ordenador requieren que la información sea manipulable. Que se puedan borrar, grabar y cambiar los datos a conveniencia de los programas que se utilicen

en cada momento. Por ello, el substrato base de los *bits* de información utilizado por los ordenadores en el almacenamiento de datos es magnético. Los discos y las cintas de grabación magnética constan de partículas magnéticas pequeñas. La magnetización de una partícula magnética puede tomar dos direcciones opuestas a lo largo del denominado *eje de fácil imanación* o *eje de anisotropía magnética*. Dependiendo de si el momento magnético de la partícula está orientado hacia arriba o hacia abajo tendremos el *bit 1* o *0*. Así pues, tenemos un substrato para el almacenamiento de información fácilmente manipulable desde el exterior.

## PÉRDIDA DE LA INFORMACIÓN POR EFECTO DE LA TEMPERATURA

Existe, sin embargo, un problema en la utilización de partículas magnéticas para el almacenamiento de datos ; la pérdida de información. El momento magnético de las partículas puede girar por efecto de la temperatura y cambiar de sentido en su eje de anisotropía. De esta manera, si una partícula tenía el momento magnético hacia arriba y representaba un *1*, al cambiar el sentido se convertirá en un *0*, perdiéndose la información que portaba. Según las leyes clásicas de la física, este giro no puede

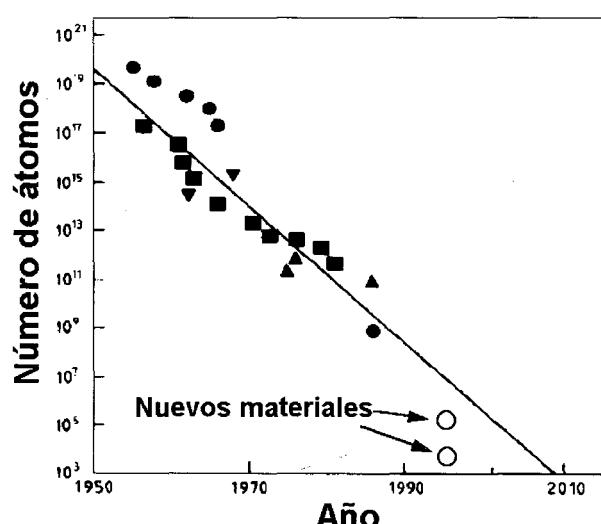
*Para que quepa más información en un disco de memoria solo hay que disminuir el tamaño de las partículas magnéticas, pero entonces la información puede perderse más fácilmente con menos temperatura*

darse sin un aporte energético que haga vencer la barrera de energía que siente el momento magnético para salir de su eje de anisotropía y darse la vuelta. La temperatura aporta la energía necesaria para que el giro se produzca y

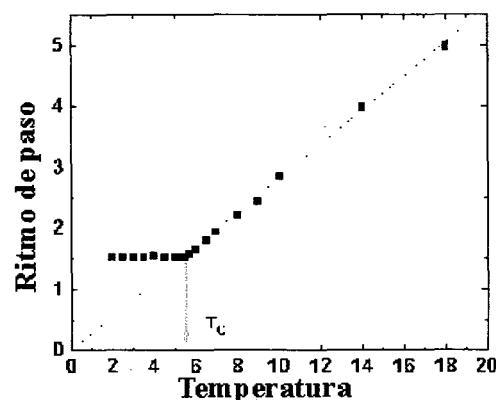


la información se pierda. Por este motivo la calidad de la grabación magnética se va deteriorando con el transcurso del tiempo, suceso que no acontece con el almacenamiento óptico de información. De ahí que la calidad de un disco compacto de música (CD) se mantenga por siempre y una casete vaya perdiendo la calidad del sonido con el tiempo.

La energía que hay que proporcionar a una partícula magnética para que varíe su magnetización es menor cuanto menor sea el volumen de la partícula. Este hecho juega un importante papel práctico en los intentos de aumentar la capacidad de almacenamiento en el menor espacio físico posible. Para que quepa más información en un disco de memoria solo hay que disminuir el tamaño de las partículas magnéticas, pero entonces la información puede perderse más fácilmente con menos temperatura. Según una previsión hecha por investigadores de IBM se calculó que la capacidad de almacenamiento aumentaría de forma que en el año 2010 podríamos conseguir partículas tan pequeñas que contuvieran del orden de tan solo  $10^3$  átomos (ver gráfica 1). Para no perder la información almacenada se conjeturó que esas partículas deberían ser enfriadas hasta cerca de 4.2 grados kelvin (-270°C), hecho posible, aunque costoso. En 1995, el grupo de investigación del Doctor Tejada de la Universidad de Barcelona, en colaboración con Ronald Ziolo, de la Xerox Corporation de Nueva York, descubrieron partículas de gran anisotropía que adelantaban la conjectura de IBM 15 años creando partículas con sólo unos pocos millares de átomos. Además se mejoraron las expectativas puesto que dichas partículas, debido a su alta anisotropía, conservaban su magnetización a temperatura ambiente y no se necesitaba enfriar la muestra para preservar la información.



**Figura 1:** Las expectativas de la IBM apuntaban al año 2010 como fecha para conseguir partículas con un número aproximado de 1000 átomos magnéticos. Estos materiales han sido desarrollados en realidad 15 años antes de lo previsto y mantienen su magnetización a temperatura ambiente.



**Figura 2:** El ritmo de paso entre una y otra orientación del momento magnético de una partícula se hace independiente de la temperatura por debajo de cierta temperatura crítica. El paso se produce por efecto túnel sin gasto de energía.

## PÉRDIDA «CUÁNTICA» DE LA INFORMACIÓN: EFECTO TÚNEL

Todo hace pensar que podríamos conseguir trabajar con partículas tan pequeñas como queramos, simplemente debemos bajar la temperatura a medida que disminuimos el tamaño de las mismas. Sin embargo las leyes de la física clásica dejan de ser efectivas a esta escala de tamaños tan reducida en favor de las leyes de la física cuántica. Es conocido desde principios de siglo que la energía de un sistema cuántico está cuantizada. Es decir, no todos los estados de energía son posibles. El momento magnético de la partícula puede girar su orientación saltando por encima de la barrera de anisotropía pero en su giro no puede adoptar todas las orientaciones posibles sino sólo aquellas que correspondan a las energías permitidas. Tenemos pues una discretización de los niveles de energía correspondientes a las posibles orientaciones del momento magnético respecto al eje de anisotropía de la partícula. Esto no tendría que suponer ningún impedimento en nuestro objetivo de preservar la magnetización de la partícula bajando la temperatura del sistema, pues aunque el momento magnético sólo tuviera la posibilidad de adoptar ciertas orientaciones en su giro, seguiría necesitando energía térmica para saltar por encima de la barrera de anisotropía. Así que pese a tal cuantización podríamos preservar la información simplemente manteniendo baja la temperatura.

Si estudiamos el comportamiento del ritmo de paso de la barrera en función de la temperatura, esperaríamos encontrar un descenso de este ritmo a medida que disminuimos la temperatura del sistema. Cuando la temperatura fuese nula (-273 Kelvin) el ritmo debería ser nulo, puesto que las partículas no dispondrían de energía alguna para girar su magnetización. Sin embargo se ha observado experimentalmente que esto no ocurre exactamente. Llega un momento en el que por debajo de una cierta temperatura el ritmo de paso se mantiene constante (gráfica 2). Este

fenómeno cuántico se denomina *efecto túnel* y significa que la magnetización de una partícula se perderá irrevocablemente aunque no haya energía térmica que lo produzca. ¿Quiere esto decir que no podremos aumentar la capacidad de almacenamiento de nuestros futuros ordenadores por debajo de cierto límite de tamaño de las partículas magnéticas? ¡Acabaremos por perder la memoria de nuestro ordenador aunque lo mantengamos aislado de toda energía posible?

Sí. La respuesta es sí para un ordenador clásico. Sin embargo nos hemos dado cuenta de que este fenómeno puede ser utilizado en nuestro provecho. El efecto túnel es debido a la superposición de los niveles de energía correspondientes a las orientaciones opuestas del momento magnético que se hallan separados por la barrera de energía. No tenemos dos niveles diferentes u opuestos sino una superposición de ambos. Cuando hacemos una medida tenemos la misma probabilidad de encontrar el sistema en cada uno de los dos niveles, esto es lo que hace que se atraviese la barrera sin la energía necesaria, de ahí la denominación de efecto túnel.

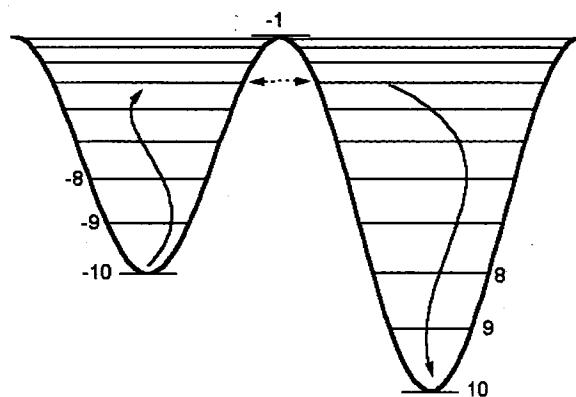
### EL EFECTO TÚNEL RESONANTE

Estudios más avanzados de este fenómeno nos llevaron a descubrir el efecto túnel resonante que confirmaban la teoría cuántica de que el efecto túnel es debido a la superposición de niveles de orientación opuesta del momento magnético de una partícula. Estos estudios se desarrollaron sobre moléculas orgánicas que tenían un corazón magnético y disponían de la peculiaridad de ser todas idénticas entre sí. Esto hacía que se comportasen todas como una sola, amplificando los fenómenos magnéticos a que daban lugar. Estas moléculas tienen solamente espín 10, lo que les hace tener una corta colección de

*Se sabe que mediante un ordenador que utilice el principio de superposición lineal de la mecánica cuántica, algunos problemas podrían resolverse de una manera mucho más rápida*

---

orientaciones posibles entre la orientación *arriba* (+10) y *abajo* (-10) pasando por +9, +8, +7, ..., -8, -9. La disposición de todos estos niveles se puede observar en la gráfica 3. Vemos como al aplicar un campo magnético en una de las direcciones del eje de fácil imanación, los niveles correspondientes a esa dirección se ven favorecidos, bajando su energía, en relación a los de orientación opuesta al campo. Cada cierto intervalo de campo magnético aplicado todos los niveles coinciden en energía a uno y otro lado de la



**Figura 3:** Esquema de la discretización de los niveles de energía correspondientes a las posibles direcciones del momento magnético de una molécula de manganeso. Los niveles se desplazan cuando se aplica un campo magnético, cruzándose para ciertos valores de éste.

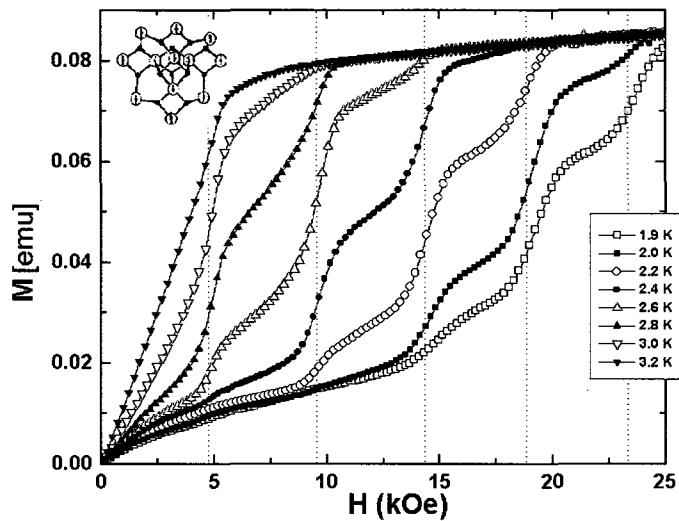
barrera, esto hace que la energía correspondiente a la superposición de estados de magnetización opuesta sea mayor para dichos valores del campo magnético. Esto origina que el paso por efecto túnel se vea favorecido cada vez que los niveles coinciden, ya que la probabilidad de paso por efecto túnel es proporcional a la energía de la superposición de los estados. Este fenómeno se puede observar experimentalmente en la figura 4. Se producen aceleraciones en la rapidez con la que la magnetización camina hacia su estado de equilibrio (magnetización máxima o de saturación) cada vez que se aplica el valor de campo correspondiente a la alineación de los niveles de la orientación del momento magnético. Estos campos están equiespaciados entre sí, tal como prevé la teoría. Esto significa que podemos sintonizar el efecto túnel a nuestra conveniencia.

Este mismo fenómeno lo hemos observado recientemente en partículas mesoscópicas, lo que hace pensar que muy pronto podremos disponer de un substrato magnético cuántico manejable por dispositivos lectores o grabadores de la tecnología actual.

### APLICACIÓN DEL EFECTO TÚNEL AL ORDENADOR CUÁNTICO

Como se ha demostrado experimentalmente, la superposición de los estados también se da en sistemas macroscópicos. Nuestro objetivo es descubrir la coherencia cuántica macroscópica entre los estados superpuestos de la magnetización en este tipo de partículas (figura 5), lo que supondría el punto de partida para el almacenamiento y operatividad del ordenador cuántico. Es decir, necesitamos disponer a las partículas en un estado estacionario en el que se mantenga la superposición.

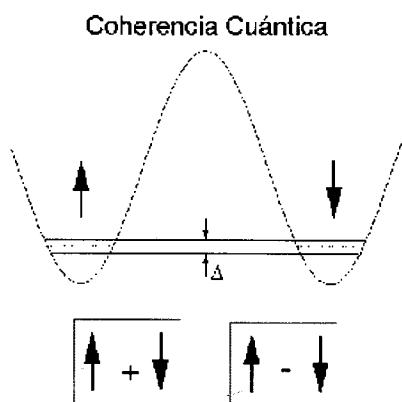
Un ordenador que utilice este tipo de sistemas tendrá que actuar con otro tipo diferente a la lógica binaria



**Figura 4:** Saltos correspondientes a la aceleración por efecto túnel resonante de la magnetización del manganeso en su camino hacia el estado de equilibrio o máxima magnetización.

clásica. Los *bits* ya no son dos (*arriba*=1, *abajo*=0), ahora tenemos un estado superposición de los anteriores (*arriba*±*abajo*=1±0). La lógica que se tendrá que utilizar será la *lógica cuántica* y a sus estados se los denomina *qubits*. Desde hace más de diez años se sabe que un ordenador que utilice el principio de superposición lineal de la mecánica cuántica, algunos problemas podrían resolverse de una manera mucho más rápida que con los ordenadores de que disponemos en la actualidad. Además es importante tener en cuenta que estos no tendrían la limitación de tamaño de las partículas magnéticas que limitan a su vez la capacidad de almacenamiento de memoria. Para entender esto de una manera sencilla, uno puede

suponer que un ordenador es un dispositivo que convierte una señal de entrada, *input*, una de salida, *output*, siguiendo determinadas reglas. Si queremos evaluar una función  $f$  en un ordenador clásico, introducimos un *input*  $x_1$  y obtendremos un *output*  $f(x_1)$  como resultado. Si queremos evaluar otro *input*  $x_2$  nuevamente, tendremos que hacer funcionar otra vez el programa para saber el resultado  $f(x_2)$ , y así sucesivamente. En un ordenador cuántico, sin embargo, podríamos preparar como estado inicial una superposición lineal de los estados  $x_1, x_2, \dots, x_N$ , ejecutar una sola vez el programa y obtener como resultado una superposición lineal de los estados  $f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_N)$ . Esto hace que algunos problemas como la descomposición de un número grande en números primos (codificación de mensajes), la generación de números aleatorios, la simulación de problemas físicos o de ingeniería, la comunicación cuántica entre ordenadores distantes, el envío de información indescifrable, etc, sean resueltos mucho más eficientemente. Se han propuesto varios sistemas físicos que podrían sostener un ordenador de este tipo. Quizás el más viable tecnológicamente tenga que basarse en el almacenamiento magnético en partículas pequeñas que presenten la coherencia de la superposición cuántica de sus estados de magnetización.



**Figura 5:** Esquema de la coherencia cuántica de la superposición de estados de magnetización. Los antiguos estados arriba y abajo se han convertido en los estados arriba+abajo y arriba-abajo. La diferencia de energía  $\Delta$  entre estos últimos está ligada a la probabilidad de que acontezca el efecto túnel.

## REFERENCIAS RECOMENDADAS

### Sobre el Efecto túnel:

- Physical Review **B47**, 14977 (1993).
- Physical Review **B55**, 5858 (1996).
- Physical Review Letters **79**, 1754 (1997).

### Sobre computación cuántica :

- Physical Review Letters, **46**, 1581 (1982).
- Physical Review Letters, **74**, 4091 (1995).



# FORMACIÓ INTEGRAL DELS TÈCNICS I CONTINGUTS SOCIOHUMANÍSTICS

Climent Nadeu i José B. Mariño

Professors del Departament de Teoria de Senyal i Comunicacions (UPC)  
climent@gps.tsc.upc.es, canton@gps.tsc.upc.es

En aquest article volem expressar el nostre parer sobre el paper dels continguts sociohumanístics i, en concret, de la responsabilitat social en la formació dels estudiants universitaris tècnics. Tot i que aquest tipus de continguts haurien d'aparèixer principalment de forma transversal en l'organització docent, també han d'existir assignatures situades específicament en l'àmbit interdisciplinari. Com a concreció de les idees exposades, es presenten al final els continguts de l'assignatura Tecnologies de la Informació i Societat de l'ETSETB.

## 1. FORMACIÓ INTEGRAL DELS TÈCNICS I CONEIXEMENTS SOCIOHUMANÍSTICS

Formació integral és una expressió present avui a la nostra Universitat [1]. Com a concepte, és poc definit i respon a la voluntat de remarcar el reduccionisme dels ensenyaments tècnics tal com estan plantejats. Als estudiants, quan entren a la UPC, els queda estroncada l'educació més àmplia que rebien a l'ensenyament secundari i passen a un tipus de formació i d'interès per aprendre gairebé unidimensionals [2]. En l'etapa de la vida que passen estudiant a la UPC, la seva maduració intel·lectual i vital continua, però no es veu prou acompanhada per una formació que els ajudi a desenvolupar-se com a persones. D'altra banda, els llocs de treball que podran ocupar en sortir de la Universitat requereixen cada cop més una formació que consideri els valors, les actituds i els hàbits, junt amb el coneixement de l'ésser humà i del món.

Si acceptem, doncs, la importància de la formació integral del tècnic (enginyer o arquitecte), no té gaire sentit deixar que els estudiants s'espavilin pel seu compte per mitjà d'activitats extraacadèmiques o extrauniversitàries, que poden ser certament valioses per a la seva formació, però que només segueixen els més motivats: cal també que la docència la incorpori com a objectiu. En aquest escrit, no pretenem abordar la formació integral en tota la seva amplitud (no estem capacitats per a fer-ho). Ens restringirem als aspectes sociohumanístics de la docència, plantejant-nos primerament quins

continguts s'han de considerar i de quina manera, i veient després el paper que hi pot jugar la responsabilitat social.

## 2. L'ÀMBIT DOCENT INTERDISCIPLINARI

1. Evidentment, sempre és bo que l'estudiant de titulacions tècniques cursi matèries sociohumanístiques de caire general (sociologia, història, filosofia, etc.). Tanmateix, creiem que és en l'àmbit interdisciplinari que està a cavall entre la tecnologia i les disciplines humanístiques i socials on s'han de situar principalment les activitats docents que apuntin cap a la formació integral. Mentre que els continguts sociohumanístiques de caire general no guarden relació directa amb el món tècnic i científic, l'espai interdisciplinari n'és una extensió natural i en ell s'integren tecnologia i sociohumanitats.

2. Al nostre entendre, els continguts interdisciplinaris haurien d'aparèixer en la docència de forma transversal, és a dir, a cada assignatura i introduïts per cada professor. Tanmateix, aquesta organització, que és òptima des del punt de vista formatiu, presenta actualment dos tipus de dificultats:

a) El professorat no està prou sensibilitzat pel tema. Per a ser professors només se'ns ha demanat competència científico-tecnològica i pedagògica (i no tant d'aquesta última). No cal que coneguem res ni ens interessem per res del que hi ha a l'entorn de la tecnologia. Es pot constatar facilment en la valoració del currículum vitae als concursos o de la tasca realitzada en un quinquenni. I també en l'organització docent dels estudis de doctorat, on els nous professors cursen les últimes assignatures amb què es trobaran.<sup>1</sup>

b) Els continguts sociohumanístics no van associats de forma natural als coneixements tècnics. Ha d'existir una voluntat explícita de fer-los aparèixer. És més fàcil introduir-los en les assignatures terminals o que tracten de les aplicacions, però també és possible, en cert grau, en les assignatures bàsiques: tractant la forma de generar-se els resultats científics o els productes tecnològics, veient-ne

<sup>1</sup>Relacionat amb això, sembla poc congruent que en els estudis de doctorat, que s'orienten a la formació d'investigadors, els estudiants no es trobin amb cap matèria que els porti a reflexionar sobre què és la recerca i el mètode científic, ni sobre la tecnociència i els aspectes socials i ètics del seu desenvolupament.

<sup>2</sup>En el nostre camp d'especialitat podem posar com a exemple Norbert Wiener, un home que va saber interessar-se alhora per ciència, tecnologia, interdisciplinarietat i ètica (veure, p.ex., el seu llibre Cibernetica, Tusquets Ed., 1985).

els mòbils, interessant-se per la biografia dels protagonistes<sup>2</sup>, etc.

**3.** Creiem que és molt necessària l'existència d'assignatures situades en aquest àmbit interdisciplinari. Per les dificultats esmentades de la transversalitat, però també perquè permeten un enfocament sistemàtic dels continguts i un treball coherent i ampli de l'estudiant, més difícils d'obtenir si el tractament dels temes es deixa només en mans de la voluntat de cada professor, sense que hi hagi coordinació.

Per a l'ensenyament d'aquestes assignatures interdisciplinàries s'ha de disposar de professors provinents de les ciències socials o humanes, però deu ser important que hi participin també professors o altres col-laboradors que són presents amb el seu treball en l'especialitat tecnològica corresponent. A més d'aportar-hi un contacte directe amb la realitat, possibiliten la conjunció de dues perspectives complementàries, cosa que -ben segur- ha de significar un enriquiment de l'activitat docent interdisciplinària.

### **3. RESPONSABILITAT SOCIAL DELS TÈCNICS**

**1.** La tècnica permet a l'home estalviar energies en l'ordre de les necessitats elementals, tot transformant la natura cap a un objectiu que anomenem benestar o felicitat [3]. Aquesta capacitat transformadora de la tècnica es veu molt incrementada en el moment en què la ciència li serveix de suport teòric per produir la tecnologia. Al nostre temps, la tecnologia, a més d'esdevenir més complexa, ens ha permès gaudir d'un poder cada cop més gran que fa augmentar corresponentment la responsabilitat [4].

L'activitat més pròpia del tècnic és la formulació i realització de projectes de transformació que apunten a objectius particulars relacionats amb el benestar, projectes que indefectiblement presenten una incidència social i/o mediambiental, positiva o negativa. No és ell sol qui decideix els objectius o finalitats, però pot ser que contribueixi a la seva definició i, sigui com sigui, els ha d'acceptar per a participar-hi.

**2.** Per això, el tècnic, a part de ser responsable de la seva feina davant de qui l'hi encarrega, té una responsabilitat davant la societat, una responsabilitat social. I, si bé és cert que cada ciutadà té un cert grau de responsabilitat en la producció i l'ús de la tecnologia, aquesta es veu més accentuada en el cas del tècnic per la seva expertesa i la seva participació directa en els projectes tecnològics.

Aquest tipus de responsabilitat no és tan sols legal, no és purament un deure que se li imposa des de fora: el tècnic se sent concernit per les repercussions del propi treball. Per aquesta raó, la responsabilitat social té connotacions ètiques, ja que el tècnic respon dels seus actes també davant d'ell mateix.

**3.** Si els estudiants de titulacions tècniques són subjectes de responsabilitat social és en primer terme perquè participen de la responsabilitat envers el present i el futur que tenen com a ciutadans, però encara amb més raó perquè s'estan formant per a esdevenir tècnics. Segons la nostra manera de veure, convé que la noció de responsabilitat social estigui present en tota la docència, perquè en les titulacions tècniques és un mitjà molt adequat per a dur a terme el que s'anomena educació en els valors [5].

D'una banda, la responsabilitat social actua d'agent motivador d'interès en l'àmbit interdisciplinari abans esmentat. De l'altra, la responsabilitat social també pot i ha de ser objecte de formació en ella mateixa. Si bé és cert que no es pot suscitar amb la pura transmissió de continguts, perquè pertany a l'àmbit de les opinions o preferències, l'ensenyament pot afinar la consciència dels impactes socials de la tecnologia i pot ajudar a desenvolupar un pensament crític sobre el paper del tècnic a la societat [6]. D'altra banda, segons la nostra opinió, seria bo que els professors féssim participants als estudiants del nostre propi sentiment de responsabilitat social.

### **4. L'ASSIGNATURA TECNOLOGIES DE LA INFORMACIÓ I SOCIETAT (TIS)**

**1.** L'assignatura TIS de 6 crèdits, que hem pogut experimentar durant dos quadrimestres de primavera consecutius<sup>3</sup>, vol respondre al que hem dit suara sobre la interdisciplinarietat i la responsabilitat social. Va adreçada als estudiants de l'ETSETB i per això pren les tecnologies de la informació i les comunicacions com a objecte. Com que la majoria dels estudiants que s'hi matriculen no han passat per cap altra assignatura d'aquestes característiques, el ventall d'objectius és molt ampli, així com el de temes, que van des del concepte de tecnociència fins a l'ètica professional.

A TIS hi col·laboren de forma puntual (amb classes, conferències i, sobretot, direcció de treballs) d'altres professors de diversos departaments, especialment dels associats a l'ETSETB<sup>4</sup>. En conseqüència, gairebé cap de nosaltres no és expert en l'àmbit sociohumanístic i tan sols compartim una certa sensibilitat per les repercussions socials de les tecnologies en les que exercim la nostra professió.

<sup>3</sup>Un quadrimestre com a optativa i l'altre com a lliure elecció per a estudiants de l'ETSETB.

<sup>4</sup>El darrer curs (1996-97) eren 10 professors de la UPC més dues persones externes.



**2.** En les matèries tècniques ja cursades, els estudiants han desenvolupat una forta capacitat reflexiva i crítica. Nosaltres voldríem que a TIS aquesta capacitat s'orientés també cap als aspectes socials i ètics amb què es trobaran en la seva futura tasca professional. No pretenem, doncs, en absolut, adoctrinar l'estudiant, però tampoc volem evitar totalment l'opinió sobre les qüestions problemàtiques. Com afirma Pilar Fibla, «aquesta inhibició està en contradicció amb el contingut ètic de la professió docent i, sobretot, és artificiosa...» [5, p. 101].

**3.** En les assignatures tècniques es contempla la tecnociència (ciència i tecnologia) des de dins d'ella mateixa. Per això, al començament de l'assignatura TIS es pretén que l'estudiant eixampli la seva visió, situant la tecnociència en el context on es produeix i s'utilitza. Després de realitzar un acostament històric a la tècnica i la tecnologia, i d'observar el tipus de coneixement propi de la ciència, es fa una sistematització de la mútua imbricació entre tecnociència i societat. Fins a aquest punt, la responsabilitat social ha actuat tan sols de principi motivador del treball que ens proposavem en l'assignatura. En passar a continuació a debatre la noció de progrés i a tractar el tema de l'avaluació i el control social del desenvolupament tecnològic, hi apareix ja clarament el món dels valors, el qual es vol fer explícit per part dels professors.

Els punts anteriors es concreten en les tecnologies de la informació. S'analitzen les causes i el procés del seu desenvolupament, assenyalant els canvis que paral·lelament s'han produït en la societat que les ha generat. S'exploren les raons que permeten conjecturar un poder transformador sense equivalent en tecnologies precedents, quins són els aspectes positius d'aquesta transformació i quins els perills. Finalment, es debat sobre Internet, com a producte típic d'aquestes tecnologies i exponent de la societat de la informació.

L'últim tema de l'assignatura és més específicament ètic i la responsabilitat social n'és el concepte central. El tractament s'enfoca cap a l'exercici responsable de la professió, es presenten codis deontològics i es debat sobre casos reals de conflictes ètics relacionats amb el nostre àmbit professional.

**4.** Per acomplir els objectius de l'assignatura, s'ha hagut de desenvolupar una metodologia que propiciés la participació activa dels estudiants [7]<sup>5</sup>. Així, mentre que només la meitat de les hores s'esmercen en classes expositives i en algunes conferències d'experts externs a l'assignatura, que van seguides de col.loqui, l'altra meitat es dedica principalment a seminaris de debat entre els estudiants i a tallers de treball (workshops) on es presen-

ten, per tandes i amb ajuda de posters, els treballs interdisciplinaris realitzats.

## 5. CONCLUSIONS

A mesura que s'incrementa el poder i la complexitat de la tecnologia es fa més palesa la responsabilitat del tècnic davant de la societat. La proliferació en els darrers anys de debats ètics i de codis deontològics que fan referència a aquesta responsabilitat n'és una bona mostra. El nostre parer és que el professor ha de considerar, en la seva pròpia assignatura, els aspectes no estrictament tècnics o científics del desenvolupament tecnològic i, en concret, la responsabilitat social del tècnic, en més o menys grau dependent de la matèria que imparteixi. I que l'estudiant ha d'interessar-se per aquests aspectes, conscient que, a més d'enriquir-lo personalment, formen part de la seva preparació professional. D'altra banda, han d'existir assignatures específiques de caràcter interdisciplinari, com les que han pogut entrar en els currícula dels estudiants gràcies a la reforma dels plans d'estudis. De moment, hi han fet l'entrada tan sols per la via secundària de la lliure elecció o de l'optativitat, però, si hi reflexionem sense postures preses, potser arribarem a la conclusió que cal disposar els mitjans perquè hi entrin també per la via principal de l'obligatorietat.

## REFERÈNCIES

- [1] UPC: qualitat al servei de la societat, Document Claustre General de 27 de febrer de 1995.
- [2] M. BARCELÓ, C. NADEU, «Formació integral dels tècnics del futur», Cultura, Gener 1994, p.40-41.
- [3] J. ORTEGA Y GASSET, Meditación de la técnica, Revista de Occidente en Alianza Edit., 1996.
- [4] H. JONAS, El principio de responsabilidad, Edit. Herder, 1995.
- [5] P. FIBLA, Educació i valors. El patrimoni ètic de la modernitat, Eumo Editorial, 1995.
- [6] M. GALLARDO, «Responsabilidad social y educación», comunicació presentada a la sessió Formació integral dels tècnics del futur, Congrés Internacional sobre Tecnologia, Desenvolupament Sostenible i Desequilibris, UPC-ETSETIT, Terrassa, Des. 1995.
- [7] J. B. MARIÑO, C. NADEU, «Metodología para propiciar la participación de los estudiantes en asignaturas sociohumanísticas», Comunicació presentada a les Jornades sobre la Reforma dels Plans d'Estudis, UPC, 22-23 d'Octubre de 1997 (<http://www.upc.es/reforma>)

<sup>5</sup>Aquesta metodologia obliga a admetre un nombre reduït d'estudiants: 30.

Los interesados en la industria espacial hemos disfrutado de un periodo particularmente rico en logros y cobertura mediática desde la publicación de la última **BURAN**, y es que todo lo relacionado con el espacio ha vuelto a centrar la atención del público, cosa que no sucedía desde los tiempos de la carrera espacial, allá en los años 60.

Quizás la mayor «culpable» de este boom espacial ha sido la misión *Mars Pathfinder*, y es que la llegada de esta sonda a la superficie marciana ha sido tratada como si hubiera sido la primera en hacerlo, olvidando completamente a sus antecesoras *Viking*.

En *AESS Estudiants* hemos considerado más que apropiado dedicarle un artículo a la *Mars Pathfinder*,

ya que es una misión que toca las actividades de todas las ramas de nuestra asociación: la Astrofísica, las Nuevas Tecnologías (recordemos el innovador método de entrada en Marte), y la Robótica. Realmente la misión ha sido una buena respuesta a la pregunta que se nos formula a veces: «¿qué tiene que ver la robótica con el espacio?».

Pero han pasado muchas cosas más relacionadas con la industria aeroespacial, y es por ello que a partir de ahora dedicaremos un apartado especial dentro de las páginas de *AESS Estudiants* para resumir las actividades más importantes del sector espacial durante los últimos meses y para presentar los eventos previstos para los próximos.

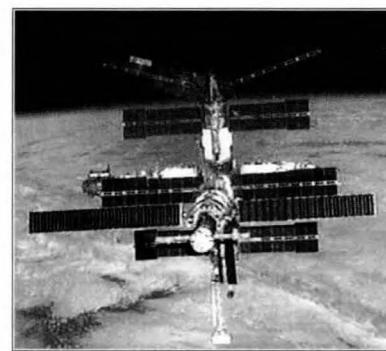
## ACTIVIDADES DEL SECTOR ESPACIAL

Repasando las actividades en orden cronológico, comenzamos en Mayo de este año, después de la publicación de la BURAN 9, con el embarque del segundo vehículo de prueba de la familia Ariane 5 desde Francia hacia la base de lanzamiento de la Guayana francesa. En este segundo vehículo no se escatimaría esfuerzo alguno para asegurar la máxima fiabilidad y evitar cualquier tipo de fallo como el que causó la explosión del Ariane V501 durante los primeros segundos de vuelo.

El 23 de Junio se publicó el boletín nº 1 de «Noticias del Espacio», un e-zine vía correo electrónico en castellano editado por el conocido periodista científico Manuel Montes, de distribución gratuita y una alta calidad de contenidos. Este e-zine se sitúa entre los mejores dentro del sector espacial, al nivel del Orbital Report Online de la compañía Takyon International, teniendo el aliciente de ser el único de su clase en nuestro idioma.

En los últimos días del mes de Junio, en plenas preparaciones para la llegada de la sonda Mars Pathfinder, otra sonda, la NEAR, llegaba a las cercanías del asteroide Mathilda que utilizaría como blanco de prueba para calibrar sus sensores, ya que su objetivo final es el asteroide Eros, al que llegará en 1999.

Pero antes de que la Pathfinder se pudiera convertir en protagonista absoluta de todo lo relacionado con la astronáutica, un accidente en la estación espacial MIR atrajo toda la atención de la prensa, y es que un fallo del sistema de aproximación hizo que una nave de carga



La estación rusa MIR



Courtesy NASA

*El Sojourner explora una roca marciana*

Después del susto de la MIR, finalmente llegó el día esperado, el 4 de Julio, día de la independencia americana, y fecha estimada de llegada a la superficie de Marte de la sonda Mars Pathfinder.

Todas las lecturas fueron correctas, y la sonda efectuó todas las maniobras de entrada y toma de tierra con una perfección que sorprendió al propio equipo de misión. El mundo entero pudo seguir minuto a minuto como llegaban las primeras imágenes desde Marte gracias no sólo a la extensa cobertura de la prensa general, sino al medio de difusión de información mundial por excelencia, Internet.

Y es que decenas de servidores repartidos por todo el mundo recibían en tiempo real las imágenes que iban llegando al centro de control de misión en el JPL, en Pasadena, California, permitiendo así el acceso a la información de toda la comunidad «internauta».

A medida que la misión ha ido progresando se ha demostrado que la tecnología de la NASA era de una fiabilidad muy alta, y capaz de adaptarse a cualquier contratiempo. Un par de fallos por parte del ordenador y un pequeño «accidente» por parte del rover Sojourner han sido los únicos sucesos no previstos por el equipo de misión, siendo solucionados fácilmente.

Pero mientras todo iba bien en el JPL con la Pathfinder (renombrada Sagan Memorial Station) activa y funcionando de maravilla, y la Mars Global Surveyor en camino, otros problemas afloraban en otros proyectos, principalmente en Japón, donde además de encontrarse con graves contratiempos en el diseño de su lanzador H2A, el gobierno decidía un recorte drástico del presupuesto de la NASDA, la agencia espacial japonesa, causando el despido de una gran cantidad de personal y una parada de los proyectos más ambiciosos.

La NASA tampoco se queda fuera de esta racha de malas noticias, ya que el satélite de observación de la tierra «Lewis» no responde una vez en órbita, no despliega sus

paneles solares y no se orienta correctamente, lo cual, después de innumerables intentos por parte del equipo de misión para recuperar el contacto, lleva a la pérdida de altura del satélite y su reentrada en la atmósfera, causando su desintegración.

Por su parte, la ESA sigue con los preparativos del lanzamiento del Ariane V502, que se retrasa para realizar comprobaciones suplementarias hasta el 28 de Octubre. La familia Ariane 4 llega a su vuelo número 100, que es un éxito.

La sonda Cassini/Huygens, colaboración entre la NASA y la ESA, se enfrenta a las acusaciones de los ecologistas ya que lleva generadores de fisión nuclear a bordo y los ecologistas temen una catástrofe nuclear en caso de un accidente del lanzador parecido al del Ariane V501. Pese a todo, el lanzamiento se llevó a cabo con sólo un leve retraso de 2 días.

En resumen, podemos comprobar que el año 1997 ha significado la vuelta a la popularidad de la industria espacial, una demostración de que el espacio «vende» si la misión va acompañada de una buena campaña de marketing. Quizás los hechos acontecidos durante este año han sido la mejor prueba de la necesidad de los proyectos espaciales de convertirse en productos de mercado para seguir adelante.

El lema «Rápido, Barato, Mejor» se ha convertido en «Espectacular, Popular, Comercial».

#### Referencias:

Noticias del Espacio:

<http://www.amazings.com/notesp>

Orbital Report OnLine:

<http://www.orbireport.com>

ESAPress:

<http://www.esrin.esa.it>

NASANews:

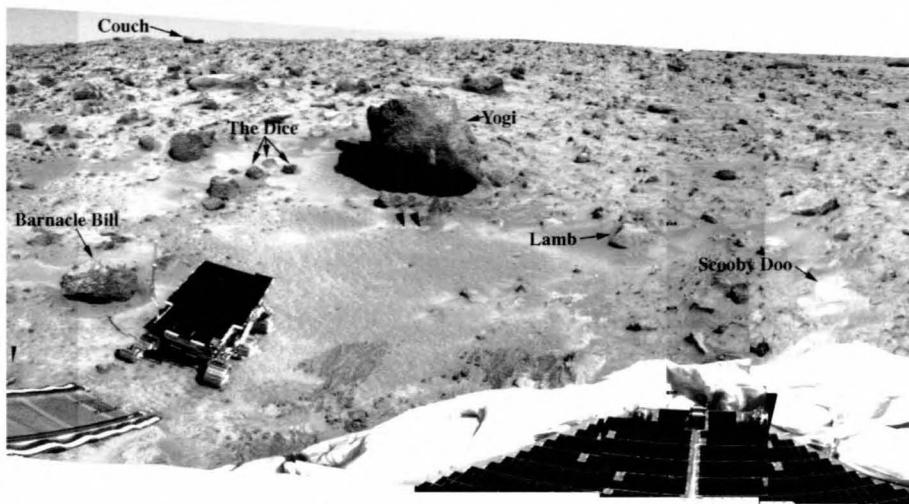
<http://www.nasa.gov>

SpaceNews Report:

<http://www.isu.edu>

## MARS PATHFINDER

### "FASTER, CHEAPER, BETTER"



## EL PROYECTO MARS PATHFINDER

*Daniel González Alonso*

*Estudiante de Ingeniería de Telecomunicación en la ETSETB  
 Presidente de AESE Estudiants  
 danig27@casal.upc.es*

4 de diciembre de 1996. Seguramente esta fecha no le dice nada a nadie que no estuviera directamente relacionado con el programa, pero si hablamos del 4 de julio de 1997 la fecha empieza a resultarnos familiar...

Si a esta fecha le añadimos la palabra «Marte», la mayoría de la población de los Estados Unidos y Europa ya sabrá que estamos hablando de la archiconocida misión «Mars Pathfinder», y es que si algo ha caracterizado a esta misión del Jet Propulsion Laboratory, esto ha sido el gran seguimiento que ha tenido durante las primeras semanas de su llegada a Marte.



Lanzamiento de la Mars Pathfinder

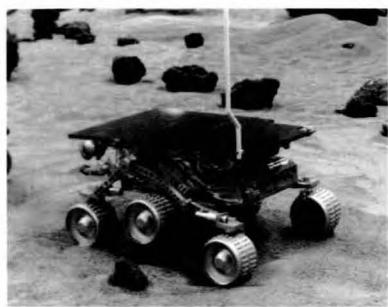
Pero volvamos a la fecha inicial, el 4 de diciembre de 1996. En ese día se lanzaba la misión Mars Pathfinder, destinada a ser la primera sonda de la NASA que visitara el planeta rojo desde que lo hicieran las Viking en los 70.

¿Pero por qué visitar un planeta del cual ya se tenían datos? ¿Por qué se convirtió Marte en un objetivo prioritario de las misiones interplanetarias de la NASA?

La explicación es sencilla: la NASA estaba en un periodo de impás, sin misiones espectaculares que despertaran la imaginación de los estadounidenses, y en un país en el cual la espectacularidad es una condición sine qua non, esto comportaba un descenso de popularidad de la agencia espacial, lo cual a su vez significaba un decrecimiento del presupuesto asignado por el gobierno.

Durante este periodo de recesión para la agencia, muchos de sus mejores profesionales decidieron dar el salto a la industria privada, donde encontraban las puertas abiertas y un sueldo más elevado.

La NASA necesitaba un empujón para volver a ser la número uno, el centro de atención de todo lo relacionado con el espacio para los americanos, y el descubrimiento del meteorito con presuntos restos orgánicos proveniente de Marte fue sólo la antesala de lo que iba a llegar: una campaña a gran escala para «redescubrir» el planeta del sistema solar más parecido a la Tierra.



*El Sojourner*

Fue aquí donde comenzó toda la campaña de marketing que precedió al lanzamiento, recordándonos las semejanzas entre Marte y la Tierra, la posibilidad de que hubiera agua, o incluso vida microbótica, o la hubiera habido en otra época.

Como buena campaña comercial, se apeló a la ya casi olvidada vertiente épica de la astronáutica, anunciando a medio plazo una misión tripulada a Marte, e incluso se fantaseaba con la posibilidad de colonizar el planeta rojo, con planes de Terraforming a gran escala para hacerlo habitable en un plazo de 500 años.

Con el público en el bolsillo, se lanzó la primera de las 3 sondas (Pathfinder, Global Surveyor, Explorer) que constituirían la misión a Marte. Ésta primera sonda (Pathfinder) fue el ejemplo claro del espíritu consumista y populista de este programa, ya que todo se planeó para que la sonda efectuara el aterrizaje durante el día 4 de julio, día de la independencia de los EEUU... más patriótico imposible.

El viaje de la Pathfinder hacia Marte fue como en un sueño, sin fallos críticos y dentro de lo previsible. Pero al acercarse a su objetivo fue cuando todo fue, si cabe, a mejor.

Durante los días previos al aterrizaje, la segunda sonda del programa (Global Surveyor), ya en ruta, había detectado una tormenta en la zona de aterrizaje que podía dificultar el innovador proceso de entrada en la atmósfera marciana de la Pathfinder. Pero como decía, la sonda había sido tocada por la diosa fortuna, y la tormenta se desplazó fuera de la zona de entrada, dejando una situación atmosférica estándar, tal como estaba previsto.

Además, la sonda estaba justo en su curso previsto, así que el control de tierra decidió no utilizar las dos posibilidades de rectificación de curso 3 y 1 días antes del aterrizaje; aterrizaje que también fue todo un éxito, desplegándose los paracaídas, disparando los retropropulsores y soltando a la Pathfinder, con los airbags protectores ya inflados a unos 60 metros de la superficie.

La sonda rebotó a lo largo de más de 2 Kilómetros hasta pararse en su posición óptima, es decir, con la base de la pirámide formada por los pétalos y base de la Pathfinder.

Pequeños problemas con la retracción de los airbags y un fallo del ordenador del robot Sojourner fueron las únicas pegas de una misión que estaba encaminada al éxito antes de comenzar.

Una vez que todo el mundo estaba pendiente de la Mars Pathfinder (rebautizada Estación Memorial Carl Sagan, en memoria del gran científico y divulgador) y del robot Sojourner Rover, llegó el momento del «merchandising», y es que nada sorprendentemente, el juguete más vendido en los Estados Unidos en Julio y Agosto fue el «Mattel Mars Action Pack», consistente en unos pequeños modelos en plástico, totalmente articulados, de la Mars Pathfinder en configuración de crucero, una vez en la superficie (Pirámide), y el Sojourner Rover. Después vinieron las camisetas, fotos, etc... y es que en los EEUU no se desperdicia una oportunidad para aprovechar la popularidad de cualquier cosa, sea persona, película, programa espacial...



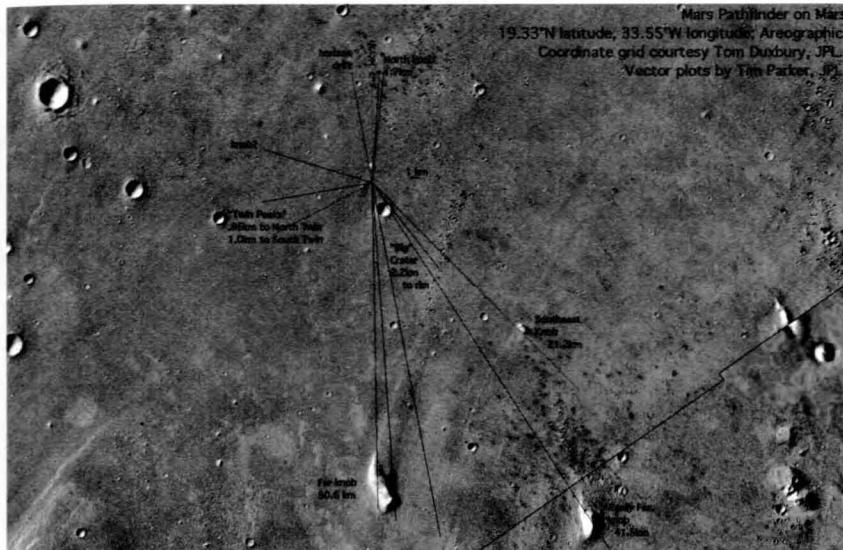
*Juguetes inspirados en el Mars Pathfinder*

Desde entonces, como era de esperar, la atención de la prensa, y por tanto del público, ha ido menguando hasta olvidar que la sonda seguía enviando datos, suerte idéntica a la que corrieron famosas sondas interplanetarias como las Pioneer o las Voyager, siendo el caso de esta última más curioso, ya que la Voyager II sigue enviando datos, pero las antenas de la Deep Space Network de la NASA están demasiado ocupadas con otras sondas más recientes como para «escuchar» lo que envía la «vetusta» Voyager.

Ahora ya toman el relevo las nuevas misiones que intentarán mantener vivo este espíritu de conquista del espacio, recuperado de los años de la carrera espacial: la Mars Global Surveyor, la NEAR, la Lunar Prospector, y las nuevas misiones Discovery, todas de bajo presupuesto.

El éxito de la Mars Pathfinder puede haberle dado el empujón que necesitaba la NASA para volver a ser popular, pero indirectamente ha ayudado a todas las agencias espaciales, ya que la repercusión mediática de un éxito espacial se extiende por todo el mundo en ésta, la era de la información.

Pero, ¿qué resultados ha obtenido la misión Mars Pathfinder?



Zona en la que aterrizó la Pathfinder. Se señalan los accidentes geográficos que aparecen en las fotos enviadas.

Si respondemos a esta pregunta desde el punto de vista científico, la misión ha conseguido datos de la superficie marciana mucho más detallados que los obtenidos por las sondas Viking, además de indicios que apuntan a la existencia de agua en la superficie de Marte, al menos en el pasado. Además, ahora sabemos mucho más de la composición química de la superficie del planeta rojo, de su atmósfera (recordemos los datos de telemetría obtenidos durante la entrada en la atmósfera marciana).

Pero donde obtenemos los resultados más espectaculares es en la vertiente tecnológica, ya que tanto la sonda en sí como su sistema de aterrizaje o su método de toma de muestras (el Rover Sojourner) es un ejercicio de ingenio (e ingeniería) sobre las limitaciones del presupuesto, muy reducido para una misión interplanetaria de estas características. Estudiemos estos avances por partes:

#### - Sistema de Entrada

Hasta ahora, las sondas que tenían como misión aterrizar en otro planeta tenían unos márgenes de seguridad muy estrechos, dado que después del frenado atmosférico disparaban sus motores de retroimpulsión para reducir su velocidad a un mínimo razonable que no causase daños en la estructura de la sonda al impactar ésta contra la superficie. Añadamos a esta reducción de la velocidad de caída la necesidad de mantener constante la actitud de la nave para que no se vuelque y tenemos un sistema muy costoso y de grandes dimensiones, que a su vez implica un lanzador de gran potencia y una gran cantidad de combustible para escapar de la órbita terrestre.

La Mars Pathfinder ha tomado una aproximación muy diferente al problema, y ésta ha sido invertir un proceso que se venía dando desde el principio de la carrera espacial: hasta ahora, los descubrimientos de la industria espacial eran transpasados a la vida cotidiana (ejemplos son el velcro, el kevlar, e incluso los pañales). Pués bien, en esta misión se adaptó un avance de la vida cotidiana para su uso en la industria espacial: el Airbag.

El proceso de entrada, ya explicado anteriormente en este texto, simplificaba y abarataba la misión de una manera espectacular, ya que la sonda podía aterrizar a una velocidad relativamente elevada y sin mantener una actitud precisa (gracias también a la forma de la sonda).

#### - Rover Sojourner

Otro concepto innovador en esta misión fue el de la creación de una plataforma móvil para obtener muestras científicas, haciendo posible aumentar el radio de acción de la sonda, ya que hasta el momento las sondas cuya misión era el aterrizaje en otros planetas eran plataformas estáticas que sólo podían tomar muestras de la superficie en un espacio muy reducido y estrictamente adyacente a la sonda.

El Rover Sojourner, bautizado en honor de un luchador de los derechos civiles afroamericano durante la guerra de secesión estadounidense, tenía la misión de ir visitando las rocas que estuvieran próximas a la plataforma Pathfinder (rebautizada Plataforma Memorial Carl Sagan).

Una vez el Sojourner realizaba los experimentos previstos sobre una roca determinada, éste enviaba los datos obtenidos a la Plataforma Sagan, quien los almacenaba hasta la hora prevista de emisión a la tierra.

El Sojourner era controlado desde la tierra mediante una serie de órdenes enviadas a la Plataforma Sagan, quien a su vez se las transmitía al rover. Los controladores del Jet Propulsion Laboratory tuvieron que adaptarse a las dificultades de "conducción" de la superficie marciana, ya que un mal cálculo de las órdenes enviadas al Sojourner causaron una "espectacular" colisión con la roca "Yogi" a unos 2 cm/hora.

En resumen, ésta ha sido la misión más provechosa de la NASA de los últimos años, con una duración tres veces superior a la esperada, un enorme seguimiento mediático, y ha sido una prueba definitiva que la filosofía "Faster, Cheaper, Better", funciona.

## RIESGO NUCLEAR A BORDO DE LA SONDA CASSINI-HUYGENS

*Gloria García Cuadrado*

*Estudiante de Física en la Universidad de Barcelona  
Miembro de AESE Estudiants  
ggc27@casal.upc.es*

Hace 65 millones de años, se supone que el choque de un asteroide de unos 10 Km de diámetro contra la Tierra, fue la causa de la extinción de los dinosaurios. Podríamos pensar que el riesgo de ser bombardeados por un asteroide es mayor cuanto mayor es el tamaño de éste, pero no sucede así siempre; la explicación clave está en entender el concepto de RIESGO.

Cuando decimos que el riesgo para tal suceso es ínfimo o elevado, nos referimos a que la probabilidad de que se dé ese suceso multiplicada por las consecuencias potenciales del mismo, ese producto es el que es alto o bajo; esto nos permite comparar el riesgo de dos o más sucesos que pueden ser de muy distinta índole; así, un suceso muy probable puede implicar menor riesgo que otro menos probable dependiendo de las consecuencias potenciales que lleve asociado, y viceversa. Por ejemplo, se ha estimado que la Tierra se enfrenta cada año a una probabilidad de 2 entre 1 millón, de ser el blanco de un asteroide de 1,5 Km de diámetro, suceso que provocaría 1500 millones de muertes; el factor de riesgo asociado a este suceso es  $2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 10^9 = 3,0 \cdot 10^3 = 3000$ . Por otro lado, podemos calcular el riesgo asociado a un impacto más frecuente de un asteroide de menor tamaño: la Tierra afronta 1 entre 250 posibilidades de ser golpeada por un asteroide de 50 a 300 m de diámetro, lo que causaría 5000 muertes; luego el factor de riesgo que asociamos a este segundo suceso es  $(1/250) \cdot 5000 = 20$ ; así pues, el riesgo asociado al asteroide de mayor tamaño es mayor que el asociado al asteroide más pequeño, y esto es cierto aunque la probabilidad de que la Tierra sea golpeada por el mayor, es mucho más pequeña que la asociada al menor.

Para poder comprobar, además, que en este caso particular, el riesgo asociado al choque con un asteroide no crece al aumentar el tamaño de éste, citamos el caso del asteroide con el que iniciamos el artículo (10 Km de diámetro hace 65 millones de años): su factor de riesgo es de 50 ( $(1/100000000) \times 5 \cdot 10^9$ ), menor que el asociado al asteroide de 1,5 Km de diámetro (factor de riesgo de 3000).

Entendiendo ahora el concepto de riesgo, podemos preguntarnos si es o no significativo el riesgo asociado a la carga de 33 Kg de Plutonio transportado en la sonda espacial Cassini y hacer una valoración de si vale o no la pena correr tal riesgo.

La misión Cassini es un proyecto ESA-NASA cuyo objetivo es el estudio de Saturno: su campo magnético, su sistema de anillos y sus lunas. Al ingenio que enviamos a Saturno se le ha bautizado con el nombre de Cassini, y transporta una sonda que será liberada cuando Cassini

alcance Saturno, la cual caerá en la superficie de una de sus lunas más famosas: Titán, donde se especula la existencia de un mar y de una fuente no identificada que llena la atmósfera de esta luna con vapor de metano. A la sonda que visitará Titán, se le ha dado el nombre de Huygens, en honor a Christiaan Huygens, descubridor de esta luna en 1655; por su parte, la sonda Cassini ha recibido el nombre de Jean Dominique Cassini, descubridor de cuatro lunas



*El lanzador Titan IV / Centaur con la sonda Cassini / Huygens*

menores de este planeta y de un espacio en la estructura de los anillos de Saturno que también ha recibido su nombre (*La División de Cassini*).

La sonda Cassini-Huygens fue lanzada el 15 de Octubre por un TITAN IV/CENTAUR y permanecerá entre las órbitas de Venus y la Tierra a la espera de aprovechar los «tirones» gravitatorios de la Tierra primero (pasará de nuevo el 16 de Agosto de 1999) y de Júpiter después (30 de Diciembre del año 2000) para catapultarse desde ahí, hacia Saturno, alcanzándolo el 25 de Junio del 2004.

No es la primera vez que una misión espacial utiliza combustible nuclear: cualquier misión que se adentre lo suficiente en el Sistema Solar externo, debe recurrir a otras fuentes de energía que no sean la solar (paneles solares para sondas que se envíen suficientemente lejos del Sol, serían inviables por el tamaño que éstos requerirían para captar suficiente radiación solar); las dos sondas Voyager lanzadas para perderse en la oscuridad del Cosmos llevan el mensaje de la vida que existe en la Tierra, o más recientemente la sonda Galileo, son ejemplos de ingenios espaciales que utilizan combustible nuclear.

Esta fuente de energía suplementaria está basada en el proceso de *Fisión nuclear*: átomos pesados como el plutonio (Pu) son sometidos a ciertas condiciones de

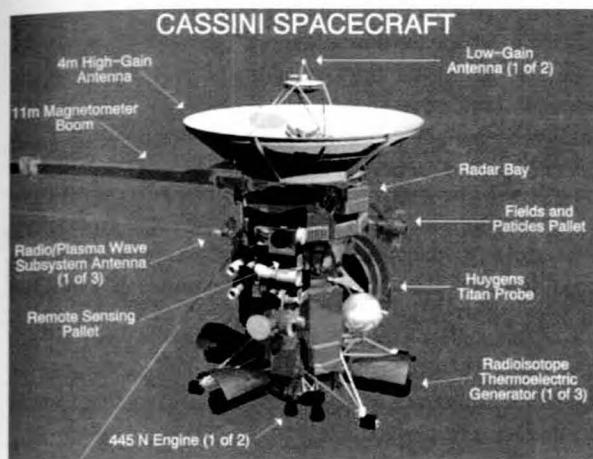


Diagrama de la sonda Cassini

presión, temperatura y densidad, y son entonces bombardeados por neutrones; el átomo pesado entonces, se desestabiliza y se rompe en átomos cuya suma de masas es menor que la masa del plutonio; esta diferencia en las masas final e inicial se convierte en energía; esta energía básicamente se invierte en dar energía cinética a partículas que ha emitido el núcleo de plutonio al fisionarse, las cuales tienen una masa muy pequeña con lo que adquieren gran velocidad; estas partículas, a su vez, son absorbidas por una sustancia líquida a la cual le traspasan su energía de movimiento, haciendo así que ésta se caliente y entre en ebullición; el vapor desprendido mueve unas turbinas cuyo movimiento genera corriente eléctrica, la cual es la que alimentará a la sonda y a sus instrumentos.

Este proceso ocurre en tres dispositivos a bordo de la Cassini que reciben el nombre de *Generadores termoeléctricos por radioisótopos* (RTG de Radioisotope Thermoelectric Generator), con una carga total de 33 Kg de plutonio.

¿De dónde proviene el peligro del plutonio?

Hemos visto ya que se puede extraer energía de él artificialmente (mediante el proceso de fisión, tal y como lo hacen los RTGs de la Cassini), pero este material es ya de por sí solo peligroso: es de naturaleza inestable y sin ningún tipo de influencia externa «decae» (se convierte en una partícula de masa menor) emitiendo en el proceso una radiación conocida con el nombre de *radiación alfa* (haces de partículas alfa, que son núcleos de helio a muy alta velocidad). Pero estas partículas poseen una peculiaridad: son fácilmente absorbidas (por una lámina de metal, por una simple hoja de papel, por la ropa que vestimos, etc); así, la radiación, al ser frenada prácticamente por cualquier cosa, sólo constituye un peligro potencial para los seres vivos, si se libera desde el interior mismo del organismo, es decir, si el plutonio ha conseguido infiltrarse y va decayendo a lo largo de los años directamente dentro del organismo;

la radiación sería entonces absorbida por los tejidos vivos, lo cual podría alterar el metabolismo celular pudiendo producir cáncer.

Es por tanto de vital importancia evitar la liberación del plutonio contenido en los RTGs de la Cassini-Huygens; por ello durante años previos al lanzamiento la cuestión ha estado sometida a un profundo estudio y a numerosos tests. Además, dos accidentes ocurridos previamente al lanzamiento de la sonda, verificaron la seguridad de los RTGs frente a la liberación de su contenido: en 1968 el lanzamiento del satélite NIMBUS-B, y en 1970 la reentrada del módulo lunar del Apolo XIII; en ambos casos no se produjo disipación de material nuclear.

Las numerosas pruebas confirman que la forma de plutonio más adecuada es el dióxido de plutonio por ser este un compuesto del Pu de alta insolubilidad, de forma que en el caso de una liberación, no pudiera moverse libremente por el medio a través del agua, penetrando así en la cadena alimentaria y con ello en el interior de los organismos.

Por otro lado se ha comprobado también que la forma de transporte de este material a bordo de la Cassini más segura, es almacenarlo en unos contenedores de un tipo especial de cerámica, la cual permite que el número de partículas pequeñas de plutonio liberadas en caso de accidente, sea mínimo (cantidades de pequeño tamaño de Pu serían nocivas ya que podrían ser inhaladas durante la respiración, y, con ello, ser introducidas en el organismo).

Es importante remarcar que la exposición de una persona a radiación, no implica necesariamente la contracción de enfermedades como el cáncer: todo depende de la dosis y del tiempo de exposición.

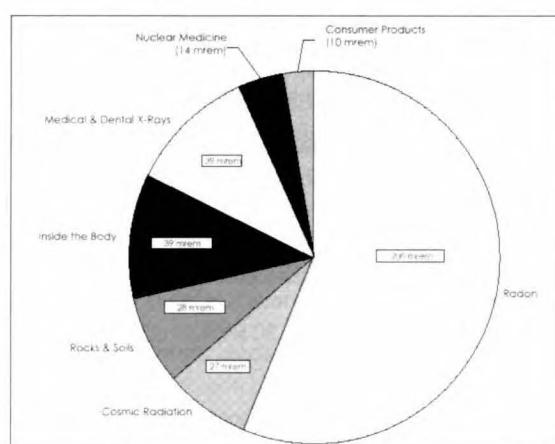


Figure 1 Average Annual Dose From Background Radiation - About 360 Millirem (mrem)

La dosis se mide en unidades llamadas millirem (mrem) y vivimos en un medio en el que estamos continuamente sometidos a dosis de radiación de diferentes fuentes: artificiales (como rayos X o medicina nuclear) y naturales (el radón presente en el cemento de los edificios y otros materiales radioactivos presentes en el planeta, así como los rayos cósmicos procedentes del espacio exterior). Todas estas fuentes de radioactividad contribu-

yen a hacer que a lo largo del año cada uno de nosotros estemos expuestos a una dosis de 360 mrem, y que, en 50 años, la dosis total recibida por cada uno de nosotros ascienda a 15000 mrem.

Conocida ahora cuál es la fuente del problema, analicemos el riesgo que ésta supone. Hemos dicho que el principal estaría en la liberación de Pu; ¿qué tipo de accidentes entonces causarían esta liberación?

#### (i) Accidente durante los primeros instantes del lanzamiento del TITAN IV

Las pruebas realizadas muestran la rudeza de los RTGs que no liberan el plutonio en impactos contra agua o arena; cabe notarse que casi la totalidad de la trayectoria de lanzamiento es sobre agua y que el dióxido de Pu es poco soluble en ella.

El TITAN IV tiene un índice de fracaso de 1 entre 20 (19 lanzamientos con éxito entre 20 realizados en Febrero de 1997), pero la probabilidad de accidente del lanzador CON liberación de Pu baja estrepitosamente a tan sólo 1 caso entre 1400.

Asumamos, sin embargo, que este caso entre 1400 se da; debido a la forma en que el Pu se ha almacenado (gracias a la cerámica mencionada anteriormente) la mayor parte del Pu no podría escapar más allá de la zona del siniestro, con lo que podría ser recogida rápidamente, y respecto al pequeño nivel que se esparcería más allá, ya hemos visto que la cantidad de material que potencialmente podría ser inhalada es muy pequeña.

La población expuesta a la radiación, sería de 100.000 personas, y la dosis para una de estas 100.000, sería menor que 2 mrem en 50 años; en tal caso se estiman un 0.1 fatalidades (0.1 es prácticamente ningún caso de cáncer) y así tenemos que el factor de riesgo asociado a este tipo de accidente es  $(1/1400) \times 0.1 = 0.00007$ .

#### (ii) Accidente durante una fase avanzada del lanzamiento o en caso de reentrada al volver a pasar por la Tierra.

La probabilidad de un accidente de este tipo con liberación de Pu es de 1/476. La población expuesta a radiación sería de 5000 personas y la dosis para cada una de ellas menor que 20 mrem en 50 años, lo cual resultaría en 0.04 fatalidades estimadas.

El factor de riesgo asociado entonces a este tipo de accidente sería de  $(1/476) \times 0.04 = 0.00008$ .

#### (iii) Accidente debido a una oscilación no prevista de la sonda en su reentrada en órbita terrestre.

Cuando la Cassini-Huygens vuelva a pasar por órbita terrestre, para aprovechar el tirón gravitatorio de nuestro planeta y de Júpiter, se da un riesgo de accidente con liberación de Pu si se produce una oscilación no prevista de la sonda. Su trayectoria de paso por la Tierra ha sido también calculada con precisión de modo que la probabilidad de que se produzca tal oscilación sea de 1

entre 1000000 como máximo.

En un accidente tal, la mayor parte del Pu quedaría distribuido en las capas altas de la atmósfera durante un largo período de tiempo; esto haría que el Pu fuera esparciéndose de forma muy escalonada y en pocas dosis además; teniéndose en cuenta que la mayor parte del planeta es agua, éste caería en un gran porcentaje en el océano, donde no podría disolverse.

La cantidad que por otro lado quedaría en suspensión en el aire, susceptible de ser respirada, proporcionaría una dosis de radiación por persona de menos de 1 mrem a lo largo de 50 años.

Se ha estimado con ello que las fatalidades asociadas se situarían en unos 120 casos de cáncer, obteniéndose así un factor de riesgo de 0.001.

Pero, ¿qué sentido tienen estos números?; sólo en términos relativos podemos establecerlo. En la Tabla 1 se recoge un listado de sucesos con sus probabilidades de ocurrencia, fatalidades que provocarían y el correspondiente factor de riesgo asociado; mirémosla un momento.

Table 1

Potential Event	Probability	Estimated Fatalities	Risk Factor
10 Kilometer (6 Mile) Diameter, or greater, Asteroid Hitting the Earth	1 in 100 million	5 billion	50
1.5 Kilometer (1 Mile) Diameter Asteroid Hitting the Earth	2 in 1 million	1.5 billion	3,000
50-300 Meter (150-1000 Feet) Diameter Asteroid Hitting the Earth	1 in 250	5,000	20
Cassini Inadvertent Earth Swingby Reentry with Plutonium Dioxide Release	1 in 1 million	120	0.0001
Cassini Early Launch Accident with Plutonium Dioxide Release	1 in 1,400	0.1	0.00007
Cassini Late Launch or Reentry from Earth Orbit Accident with Plutonium Dioxide Release	1 in 476	0.04	0.00008

Plutonium Dioxide Release

Ciertamente, hay accidentes asociados a la misión Cassini-Huygens de probabilidad apreciable; por ejemplo, el más probable lo tenemos estipulado en 1/476 para el caso de un accidente en la fase tardía del lanzamiento, pero, frente a éste, sigue siendo más probable que nos golpee un asteroide de 50 a 300 m de diámetro.

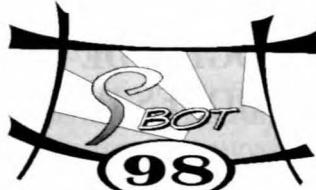
Con respecto a las catástrofes, sólo uno de los accidentes de la Cassini, provocaría casos de cáncer: 120 casos de cáncer potenciales; esto es considerable, pero, miremos la columna de su izquierda y veamos que la posibilidad de accidente es realmente baja: 1 entre 1.000 000.

Y en todos los casos asociados a un accidente en la misión Cassini, el factor de riesgo es como mínimo, 5 órdenes de magnitud menor que el riesgo que corremos de ser golpeados por un asteroide: el riesgo de que nos bombardee tal objeto es, como mínimo, 100.000 veces mayor que el de un accidente durante la misión.

A la vista de las cifras, el riesgo no es considerable y el aventurarnos en el proyecto resulta constructivo y provechoso; ¿qué es pues más razonable?

#### Para más información:

<http://www.jpl.nasa.gov/cassini>



En 1995 los miembros de la rama de robótica de AESS'Estudiants organizaron el I Concurso de Robots Luchadores de Sumo, la primera convocatoria de este tipo en Europa. Una aventura que fue un éxito gracias al empeño y colaboración de todos.

El Concurso de Sumo es una competición entre dos robots que tratan de sacarse el uno al otro de la tarima de juego o **ring**.



Existen dos **categorías**: los Robots Controlados por Ordenador (**RCO**) y los Robots Autónomos (**RA**). Los RCO se caracterizan porque van unidos mediante un cable a un ordenador que contiene el programa que los controla y/o alimenta los motores. Por el contrario los RA tienen en su interior toda la electrónica y baterías necesarias para su funcionamiento, de manera que no necesitan ningún nexo con el exterior.

En 1996 se organizó la segunda edición del Concurso de **Sumo**. La calidad de los robots y el número de participantes aumentó de forma considerable. Desde la organización también se intentó dar un salto cualitativo en la organización, así como atender las sugerencias que se habían recogido en la edición anterior. De esta forma nació el I Concurso de Robots Limpiadores de superficies.

El Concurso de Robots **Limpiadores de Superficies** se concibió como respuesta a todos aquellos aficionados a la robótica que no se sentían identificados con el Sumo. Había personas que veían en el sumo cierta violencia y poco utilidad práctica de su robot. En el Concurso de Limpiadores los robots autónomos deben recoger en un tiempo limitado la máxima cantidad de arroz, que simboliza la porquería. En una esquina hay un pequeño contenedor, que figura la basura, señalizado con una baliza de infrarrojos. El terreno de juego es una superficie de unos 4 metros cuadrados con los obstáculos más comunes en una habitación (sillas, mesas, pelotas,...). No sería extraño en el futuro ver robots de este tipo limpiando nuestras habitaciones.

El año pasado con el III Concurso de Robots Luchadores de Sumo se consiguió su consolidación a escala

nacional. La gran cantidad de equipos que se presentaron y la alta calidad de los robots fue nuestra mejor recompensa. Desde aquí queremos agradecer a todos los concursantes, y en especial a los de Madrid, su esfuerzo y dedicación. El reto de mejorarlo quedó para este año. Un reto difícil, pues el listón quedó muy alto.

Junto con el Concurso de Sumo se celebró el II Concurso de Limpiadores, que aunque no gozara de tantos participantes como el sumo, si aportó nuevas ideas y soluciones tecnológicas.

Pero este no fue todo, ya que para hacer más grande la fiesta de la robótica se organizó el I Concurso de Robots **Rastreadores**. Este concurso nació con la idea de acercar la robótica a todos aquellos concursantes que no se ven capaces de hacer un robot para los otros concursos.

En el Concurso de Rastreadores los robots deben seguir una línea blanca que va de la salida a la meta. La competición se realiza en paralelo con dos robots, cada uno por su circuito.

Este año en el marco de la Universitat Politècnica de Catalunya y de la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona, presentamos:

**\*El IV Concurso Nacional de Robots Luchadores de Sumo.**

**\*El III Concurso Nacional de Robots Limpiadores de Superficies**

**\*El II Concurso Nacional de Robots Rastreadores**

Los concursos se celebrarán el miércoles 1 de Abril de 1998. Con la ilusión de hacerlo todavía mejor, queremos animar a todo el mundo a participar.

Los interesados en obtener información referente a la inscripción se pueden dirigir a cualquier persona de nuestra asociación o contactar con ella vía correo electrónico. El límite para las inscripciones será el día 28 de febrero de 1998.

Para cualquier duda, sugerencia..., no dudéis en poneros en contacto con la organización. Nuestro e-mail es: [robot98.aess@casal.upc.es](mailto:robot98.aess@casal.upc.es)

A parte de los premios de cada concurso y categoría, se ha definido unos premios transversales a todos los concursos:

- **Robot más bonito:** votación popular.

- **Robot más tecnológico:** ganador elegido por un comité designado por la organización.

- Robot fruto de la **mejor idea aplicada:** ganador elegido por un comité designado por la organización.

Así pues, os emplazamos a todos el próximo primero de abril a vivir con nosotros la gran fiesta de la robótica.





# LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO EN LAS COMUNICACIONES DE BANDA ANCHA

Sebastià Sallent Ribes

Departament de Matemàtica Aplicada i Telemàtica, ETSETB  
Universitat Politècnica de Catalunya  
sallent@mat.upc.es

La madurez de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones es uno de los factores que caracterizan la sociedad de finales de siglo XX. El desarrollo de grandes redes de comunicación intercontinentales de gran capacidad, la disminución de los costes de los dispositivos de red y de los terminales de usuario, y su incremento continuo en el manejo de grandes volúmenes de información multimedia, han sido los detonantes en la creación y expansión de numerosas aplicaciones y servicios que están transformando los distintos ámbitos sociales.

A nivel internacional dos hechos han marcado el inicio de la nueva sociedad de la información. El primero ha sido el crecimiento exponencial del número de usuarios de Internet, sobrepasando los treinta millones, motivado por el desarrollo de nuevos servicios y aplicaciones hipertextuales de media y baja velocidad.

El segundo punto de inflexión es la implantación de las redes troncales de banda ancha que junto con las nuevas tecnologías de acceso permiten a los usuarios e instituciones disponer de anchos de banda superiores ofreciendo la posibilidad de manejar aplicaciones interactivas y de distribución multimedia en tiempo real en una cobertura geográfica extensa. Algunas de estas nuevas facilidades tecnológicas como el Vídeo Bajo Demanda han sido posibles gracias a la unión de los operadores clásicos de TV por cable y las operadoras (PTT's).

En este trabajo se presentan las tecnologías de acceso más representativas utilizadas en las redes con gran ancho de banda, como son la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA) y las redes de Cable, analizándose sus principales características como son la topología, ancho de banda y la clase de servicios que son capaces de soportar. Paralelamente se analiza la complementariedad que existe entre los servicios soportados y la Internet, mostrando sus posibles integraciones en un futuro próximo.

Finalmente se describen algunas experiencias que se están realizando en el entorno ciudadano, tanto a nivel internacional como nacional.

## 1. INTRODUCCIÓN

En esta última década la creciente capacidad de proceso de los microprocesadores y su introducción masiva, a través de los ordenadores personales, en los entornos de producción y en los hogares, junto con el desarrollo de

redes locales de media y alta velocidad (Ethernet, Fast Ethernet, VG-Any Lan) han propiciado unas condiciones óptimas para el desarrollo de aplicaciones y servicios multimedia. A su vez los usuarios estimulados por estos nuevos servicios demandan cada vez mayores prestaciones, mejor calidad de servicio y una cobertura geográfica internacional.

*Dos hechos han marcado el inicio de la nueva sociedad de la información: el crecimiento exponencial del número de usuarios de Internet y la implantación de las redes troncales de banda ancha*

---

Paralelamente a este fenómeno existen tres agentes, Internet, las PTT's, y las compañías operadoras de cable y radiodifusión que actúan, en mayor o menor grado, y desde distintas perspectivas, en la construcción de la nueva sociedad de la información que tiene como objetivos tecnológicos el desarrollo de la telepresencia basada en un conjunto de servicios y aplicaciones de cobertura internacional de gran ancho de banda.

En algunos casos estos tres agentes evolucionan hacia la sociedad de la información por caminos paralelos debido a sus intereses antagónicos, viéndose obligatoriamente abocados a largo plazo a un entendimiento.

Internet se caracteriza por ofrecer un conjunto de servicios, actualmente multimedia, de alcance internacional, no universal, a coste reducido, independiente de las arquitecturas, topologías de red, tecnologías de acceso y protocolos propietarios. Estos aspectos positivos son los impulsores del gran crecimiento de Internet. Sin embargo los reducidos anchos de banda utilizados en la conectividad internacional y la diversidad de las tecnologías de acceso, generalmente de baja velocidad, acaban ofreciendo a los usuarios servicios de baja calidad.

Por otra parte las compañías operadoras disponen de redes que ofrecen servicios universales, generalmente

no multimedia con anchos de banda reducidos. En el pasado las PTT's diseñaban las redes de Telecomunicaciones para un único servicio (monomedia), por ejemplo las redes de conmutación de paquetes aptas para ofrecer un servicio generado por un tráfico de datos, o la red conmutada para un servicio vocal.

Esta caracterización servicio-red ha encorsetado el libre desarrollo de los servicios hasta que en 1988 el CCITT inició el desarrollo de la red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA). Esta red de servicios actuales y futuros que demanda grandes anchos de banda se fundamenta en una red de transporte basada en el Modo de Transferencia Asíncrono (MTA) que maneja unidades de información de 53 octetos denominadas celdas. Por primera vez se creaba una red independiente de la naturaleza de los servicios, apta para transportar servicios multimedia síncronos y asíncronos de cualquier ancho de banda [1].

El desarrollo de esta nueva red no es fruto de una evolución de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Estrecha (RDSI), sino que introduce una verdadera revolución en el campo de la distribución, transmisión, multiplexado y conmutación, por el hecho de manejar flujos de información binarios síncronos, asíncronos e isócronos a tasas iguales o superiores a los 155 Mbits por segundo.

La implantación de la RSDI-BA está siendo impulsada por los avances tecnológicos en diversos campos como el fotónico, y por la creciente demanda por parte de los usuarios de servicios que cada vez requieren de un mayor ancho de banda y calidad de servicio, como son el vídeo, correo multimedia, la videoconferencia, el vídeo interactivo, etc.

Esta red está siendo regulada a nivel normativo por organismos internacionales como son el ITU-T o el ATM-Forum, e implementada por distintas PTT's, realizándose en la actualidad diversas pruebas piloto en varios países. Recientemente a nivel Europeo o en Estados Unidos se ofrecen ciertos servicios comerciales suministrados por la red RDSI-BA, como es en España el servicio GIGACOM de Telefónica.

El desarrollo de esta nueva red está siendo frenado por los enormes costes que representan la modificación de las redes de acceso de los abonados. El bucle de abonado, que tradicionalmente se ha implementado con el cobre como medio físico, tiene que reemplazarse por la fibra óptica o el cable coaxial para poder manejar flujos de información superiores a los cien megabits por segundo.

Como solución transitoria y hasta que se implante el bucle de abonado con fibra ha surgido la posibilidad de utilizar el bucle de cobre no cargado para construir una red de acceso de media y alta velocidad, apareciendo un conjunto de técnicas de acceso sobre el par de cobre (ADSL, VDSL, etc.) que en función de la longitud del bucle y calidad del medio de transmisión ofrecen velocidades medias en el entorno de 6 Mbps.

Esta nueva tecnología de acceso junto con la disponibilidad de los mecanismos de transporte, conmutación, multiplexación y distribución de banda ancha, basados en la Jerarquía Digital Síncrona (JDS) y MTA, facilitan la construcción de una red de distribución y transporte que permiten ofrecer servicios Internet de alta velocidad.

Las compañías operadoras viendo el volumen de negocio que se abre con Internet, han facilitado sus redes para interconectar a los usuarios con los distintos proveedores de servicios de mediante todas las tecnologías de acceso disponibles, como son la red conmutada, o la RDSI. A nivel español el ejemplo más notable es Infovía.

En Estados Unidos, paralelamente a la Internet y a la introducción y desarrollo de la RDSI-BA, existen multitud de compañías operadoras de cable que ofrecen un servicio de distribución de vídeo analógico, con distintas modalidades que en algunos casos incorporan un cierto grado de interactividad como es el pay per view o los canales premium. En Estados Unidos un 85 % de los hogares están conectados a las redes de TV por cable.

Las operadoras de cable que disponen de grandes redes analógicas con topología arbórea de cable coaxial, observan que con medianas inversiones pueden digitalizar la red ofreciendo no sólo servicios de distribución de vídeo analógico, sino también servicios digitales interactivos multimedia de gran ancho de banda. Desde el punto de vista tecnológico disponen de elementos fácilmente integrables como son a nivel de red el transporte digital de los flujos multimedia mediante la RDSI-BA, o los nuevos servicios audiovisuales que están transformando el escenario de la TV por cable, como son los estándares digitales de videotelefonía (H.320), videoconferencia (MPEG-1) y TV digital (MPEG-2). El cable coaxial empleado en la actualidad como red de acceso puede modificarse por la fibra óptica o por coaxial de mayor ancho de banda y calidad [2][3].

Con este entorno los operadores dejan de ofrecer un servicio de distribución de vídeo analógico, para introducir sobre la misma red y sin modificación del bucle de abonado, todo tipo de servicios tanto analógicos como digitales, interactivos o conversacionales, de voz, datos, imagen y vídeo, mono y multimedia. Las redes de TV por cable pasan a ser redes de Comunicaciones por Cable en clara competencia con las redes de las PTTs y complementando ciertos servicios ofrecidos por Internet.

Es en este punto donde aparecen otro nuevo conjunto de técnicas de acceso basadas en el cable coaxial como bucle de abonado bidireccional con un ancho de banda total cercano a 900 Mhz.

El desarrollo de las nuevas redes de Comunicaciones por Cable vienen reguladas a nivel de transporte por normativas generadas por comités como el 802.14 (en fase de desarrollo) del IEEE, el MCNS (Multimedia Cable



Network Cable System Partners Limited) como foro de fabricantes de cable módems, el DAVIC (Digital Audio Visual Council) o el propio CCITT y ATM Forum en B-ISDN, o los comités MPEG a nivel de servicios [2][3][20].

En resumen los usuarios demandan unos servicios multimedia de elevada calidad que deberían ser suministrados por una red universal e integrada. En la actualidad esta demanda la cubren parcialmente los tres agentes los con las siguientes características:

- \* Hasta la actualidad las redes de acceso eran de baja velocidad proporcionando unos servicios de baja calidad que imposibilitan la ejecución de aplicaciones multimedia interactivas que necesiten grandes anchos de banda.

- \* La JDS posibilita a las redes de transporte y distribución, que utilizan la fibra óptica como medio físico, manejar flujos binarios iguales o superiores a los 155 Mbps.

- \* Existe una independencia entre la red de transporte y la red de servicios, con la consiguiente aparición de los proveedores de servicios frente a los operadores de red.

- \* La diversidad de servicios multimedia basados en numerosos estándares provoca que los flujos multimedia de información puedan no ser procesados o reconocidos por los clientes o servidores.

- \* Desde el punto de vista de distribución de información digital de alta calidad a nivel terrestre aparecen dos grandes grupos de tecnologías de acceso, las que aprovechan el bucle de abonado que utilizan el par trenzado de cobre y las que se basan en el bucle de cable coaxial. Ambas tecnologías requieren de unos dispositivos, en el primer caso se denominan módems en banda base y en el segundo cable módems, que interconectan y adaptan al medio los sistemas de los usuarios con la red de distribución y transporte.

En el siguiente apartado se describe la estructura y los principales elementos de la red de Comunicaciones por Cable.

## 2. ESTRUCTURA DE LA RED DE COMUNICACIONES POR CABLE

La red de Comunicaciones por Cable es una red digital que surge por evolución de la red de distribución de TV. Por este motivo inicialmente se contempla como una red híbrida, analógica y digital, con la finalidad de mantener el antiguo servicio analógico de distribución de vídeo situado en las bandas I, III, IV y V, definidas en el reparto del espectro electromagnético asignado a TV [1].

En la nueva red digital y paralelamente al mecanismo de distribución de vídeo, aparecen los primeros servicios visuales digitales interactivos, convirtiendo la red de distribución en bidireccional con la inclusión de un canal

de retorno en el bucle de abonado. Este esquema con un canal de bajada, red-usuario, y canal de subida, usuario-red, fuertemente asimétrico en ancho de banda, permite el desarrollo del vídeo interactivo o vídeo bajo demanda (VoD). El VoD se basa en la interactividad que ofrece la red entre el usuario y los proveedores de servicios, de modo que el cliente elige una programación a la carta de un conjunto de posibilidades.

En una segunda fase las facilidades tecnológicas de la red permitirán el desarrollo e introducción de gran variedad de servicios multimedia, internet de alta velocidad y también los servicios que tradicionalmente han ofrecido las operadoras como son el servicio telefónico, o servicios de datos. Al mismo tiempo se contempla la interconexión de las redes de Comunicaciones por Cable con las redes clásicas, redes de área extensa y metropolitana.

La arquitectura de las redes de cable tiene que ser tal que, sea independiente de los servicios, soporte flujos interactivos multimedia de elevados anchos de banda, el bucle de abonado permita todo tipo de servicios, sea interconectable con otras redes y servicios, y se base en los actuales elementos de la red de TV por cable.

Con estas premisas la red de Comunicaciones por Cable se divide estructuralmente en los siguientes elementos: sistema de transporte, sistema de distribución, bucle de abonado, proveedores de servicios e interfaz de usuario.

### 2.1 Sistema de transporte

Esta formado por elementos de transmisión y conmutación que tienen por finalidad transportar la información tanto digital como analógica entre los centros de creación de contenidos y la red de distribución. El transporte digital es bidireccional y se realiza mediante tecnologías de alta velocidad síncronas, como la Jerarquía Digital Síncrona. La JDS facilita el transporte isocrónico a velocidades superiores o iguales a 155.52 Mbps. de diversos flujos de información, que pueden representarse en una corriente de celdas de 53 octetos. Usualmente la fibra óptica es el medio físico empleado para transportar la información entre los nodos de conmutación.

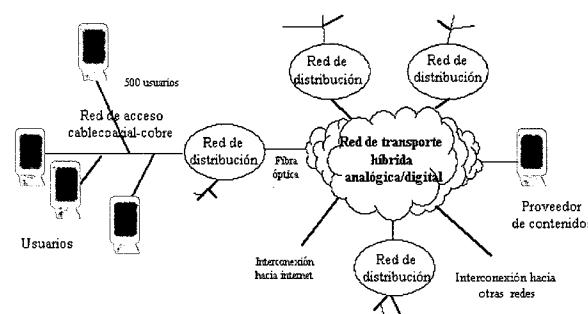


Figura 1. Escenario de la red de comunicaciones HFC

La JDS posee potentes mecanismos para gestionar y mantener el funcionamiento de la red. Desde el punto de vista digital la red de transporte queda perfectamente definida por las normativas del ITU-T siendo apta para albergar todo tipo de tráfico y en particular el modo de transferencia asíncrono (MTA) y la RDSI-BA entre otras posibilidades [4]. La JDS se utiliza fundamentalmente para transportar servicios de telefonía, datos, flujos de internet y el canal de retorno de vídeo. Superpuesta a la red de transporte JDS existe otra segunda red que transporta los canales correspondientes de vídeo analógico o digital (MPEG II) desde la cabecera a los nodos de distribución. Generalmente esta red se construye con fibra óptica empleando técnicas de multiplexación por longitud de onda (WDM) en tercera ventana (1550 nm.).

## 2.2 Sistema de distribución

El sistema de distribución tiene por misión multiplexar la información ya sea proveniente de distintos proveedores de servicios o distintos usuarios, y adaptar el sistema de transporte a las características específicas de bucle de abonado. Generalmente el sistema de distribución enlaza los grandes nodos de conmutación con los nodos de distribución que son los responsables de recolectar o distribuir la información de los usuarios. Los nodos de distribución se sitúan físicamente en las manzanas de las grandes ciudades ofreciendo aproximadamente servicios a un millar de usuarios.

El medio físico de transporte que une los nodos de conmutación con los de distribución continúa siendo la fibra óptica.

El sistema de distribución también puede albergar centros intermedios de almacenamiento digital, que sirvan para descongestionar los servidores de información de los proveedores de servicios. A los nodos de distribución también se les denomina head-end o cabecera de red de distribución.

## 2.3 Bucle de abonado

El bucle de abonado interconecta los dispositivos del abonado o cliente con el head-end o cabecera. Desde el punto de vista topológico existen diversas posibilidades de interconexión de los usuarios con la cabecera de red, topologías en estrella, bus, árbol, etc. La más usual es la arborescente ya que mantiene la antigua topología de la red de TV por cable.

La interconexión cabecera-cliente se puede realizar con diversos medios físicos, que atendiendo a la señalización de línea o modulación empleada, sincronización y reparto del ancho de banda implican distintos grados de complejidad.

Atendiendo al medio físico, la interconexión se puede clasificar en cinco tipos FTTC (Fiber to the Curb),

FTTN (Fiber to the Node), FTTH (Fiber to the Home) y HFC (Hybrid Fiber-Coax) [8].

La tecnología FTTH propone la utilización de fibra óptica en el bucle de abonado empleando una modulación óptica por división en longitud de onda (WDM) [5][6]. La interconexión entre el abonado y el nodo de distribución puede realizarse con una topología en estrella (conexión punto-punto) o se puede intercalar un divisor óptico pasivo (Passive Optical Network) que reparte la información entre varios usuarios. Al ser el ancho de banda del bucle de abonado elevado permite transportar la información directamente con JDS a tasas de 155, 622 Mbps o superiores. Se han realizado diversas experiencias con FTTH en España, Alemania, Francia o Japón[5][6].

La tecnología FTTC consiste en interconectar los edificios con la cabecera a través de fibra óptica. El usuario se conecta con la unidad óptica situada el centro de distribución del edificio (Optical Network Units) con cable coaxial o par trenzado [7]. Al ser el sistema FTTC un sistema en banda base el mecanismo de multiplexado para repartir la información a los usuarios se realiza con técnicas TDM. El multiplexado de la unidad óptica puede realizarse mediante un conmutador ATM que maneja anchos de banda del bucle de abonado cercanos a los 50 Mbits sobre cable coaxial o par trenzado.

La tecnología híbrida HFC transporta la información hasta el nodo de distribución mediante fibra óptica para posteriormente distribuirla a los usuarios de forma arborescente a través de cable coaxial. HFC tiene la ventaja de mantener la misma topología que la red de TV por cable y ser una estructura modular [7].

HFC distribuye el espectro del cable coaxial en un canal de bajada (86-800 Mhz) que alberga radiodifusión sonora FM (87,5-108 Mhz), canales de vídeo analógicos que mantienen la compatibilidad con la distribución de TV clásica (118-606 Mhz), un conjunto de canales de bajada de TV digital (606-750 Mhz) que transporta canales digitales de vídeo MPEG, un canal descendente para servicios de telefonía y datos (750-800) Mhz y un canal de retorno digital con un ancho de banda entre 5 y 55 Mhz.

Las técnicas de modulación digital empleadas en la red acceso HFC para transportar los servicios digitales son pasobanda del tipo QAM y VSB. Empleando una modulación 64 QAM con un ancho de banda de 6 Mhz se obtiene un canal de 27 Mbps una vez aplicadas las técnicas de corrección de errores. En el caso de emplear una modulación 128 QAM o 16 VSB se obtiene un canal de 38 Mbps. En el caso que se utilice MPEG-2 para transportar servicios audiovisuales (vídeo, audio y datos de control) con un ancho de banda medio de 3.35 Mbps se podrían incorporar hasta un total de 10 canales MPEG-2 en los 6 Mhz empleando 64 QAM. Con estas premisas el usuario podría disponer de unos 500 canales de TV de los cuales 70 serían analógicos y 430 digitales.



El usuario a través de un interfaz específico (Setup Box) sintoniza uno o varios canales de 6MHz para obtener información de los canales de bajada. Simultáneamente dispone de un canal de subida que es compartido entre todos los usuarios mediante un mecanismo de acceso al medio (MAC). En la actualidad en el comité 802.14 se debaten las diversas propuestas de protocolos MAC como es el XDQRAP entre otros.

En esta tecnología de acceso la información digital bidireccional puede viajar en celdas ATM y ser distribuida al usuario mediante el uso de canales y caminos virtuales, pudiéndose realizar conexiones punto-punto y multipunto-multipunto bidireccionales, y punto-multipunto y multipunto-punto unidireccionales.

Ante la demora en la consolidación del estándar 802.14, un conjunto de fabricantes han lanzado al mercado dispositivos denominados cable módems, que manejan protocolos propietarios sobre modulaciones estándar, permiten la introducción en la red HFC de un canal simétrico de datos. Los cable módems pueden interconectar redes de área local a través de la red de cable, ofrecer servicios de internet de alta velocidad o transmisiones de datos en el entorno de los 10 Mbps, con protocolos de reserva y/o contienda (Ethernet).

#### 2.4 Proveedores de servicios

Los proveedores de servicios son los generadores de servicios, en principio independientes de los operadores de red. Los proveedores de servicios crean contenidos multimedia que pueden ser transmitidos en tiempo real (servicios de distribución), o almacenados en grandes bases de datos multimedia capaces de ofrecer servicios interactivos en tiempo real (síncronos o asíncronos), como pueden ser el vídeo bajo demanda, o servidores WEB. Las bases de datos multimedia, denominados media servers, poseen estructuras específicas de almacenamiento y duplicidad de la información aptas para manejar múltiples flujos multimedia en tiempo real tolerantes a fallos.

#### 2.5 Interfaz de usuario

El interfaz de usuario (Set-Top Box) es el encargado de codificar y decodificar la información proveniente de los

dispositivos de usuario (PC, Teléfono, TV, RDSI, etc.) o del bucle de abonado. También realiza funciones de gestión, mantenimiento, señalización y tarificación. El Interfaz se materializa en el Set-Top Unit que es el dispositivo físico que enlaza la red y el usuario y maneja tanto servicios analógicos como digitales.

En la actualidad se está desarrollando la normativas para la estandarización del Set-Top Box (DAVIC) que van en la dirección de la creación de sistemas independientes de los servicios, muy versátiles y de bajo coste. El conjunto del Set-Top Unit junto con elementos de adquisición y representación de los distintos medios es lo que ha dado en llamar el Network Computer (NC).

### 3. TECNOLOGÍAS DE ACCESO BASADAS EN EL PAR DE COBRE

En los cinco últimos años se han desarrollado un conjunto de tecnologías capaces de transportar información a alta velocidad en modo simétrico o asimétrico sobre el bucle de abonado como son la HDSL (High Bit Rate Digital Subscriber Line) o ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) respectivamente. Con estas tecnologías el usuario puede acceder a servicios interactivos que requieran anchos de banda simétricos o asimétricos superiores al primario, como son el vídeo bajo demanda, Internet de alta velocidad, o la interconexión de redes de área local.

ADSL trabaja a unas distancias que oscilan entre los 2 y los 5.5 Km con un ancho de banda próximo al 1 MHz. sobre el par de cobre trenzado no apantallado del bucle de abonado. Este ancho de banda se descompone frecuencialmente (FDM) en tres canales:

- Un canal vocal full dúplex de 4 KHz., que es el más cercano al origen frecuencial, transportando información analógica con unas características y calidades equivalentes a la RTC.
- Un canal de bajada (red-usuario) con una banda de 120 a 420 KHz. en modo simplex ofreciendo una tasa que oscila entre 1.5 y 6.1 Mbps.
- Un canal bidireccional con un ancho de banda de 94 a 106 KHz. que va desde 16 a 640 Kbps. que puede ser utilizado como canal de retorno y de control.

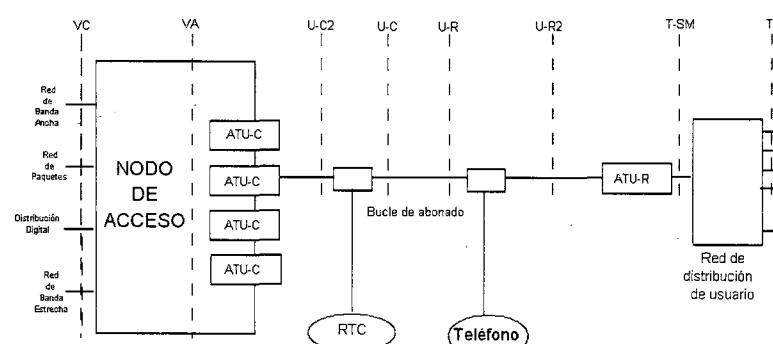


Figura 2. Modelo arquitectónico de ADSL.

Las tasas de los canales se amoldan a las Jerarquías Americanas o Europeas siendo la tasa para el canal de bajada múltiplo de 1.536 o 2.048 Mbps. y la tasa del canal dúplex 16, 64, 160, 384, 544 o 576 Kbps.

En las bandas digitales ADSL utiliza dos posibles códigos de línea, el CAP(Carrier-less Amplitude/Phase) o el DMT (Discrete Multi-Tone). El CAP propuesto por AT&T se basa en una modulación QAM.

EL DMT, estandarizado por ANSI T1.413, divide el ancho de banda útil en canales de múltiples portadoras que transportan unidades pequeñas de información (15 bits). Cada uno de los canales se activa en función de la relación señal a ruido.

### 3.1 Estandarización

Existe un organismo centrado en la tecnología ADSL denominado ADSL Forum que desarrolla recomendaciones acerca de la arquitectura, los interfaces y los protocolos, para incorporar las transceptores ADSL a las principales redes de telecomunicaciones. Este organismo fue creado en 1994 y está formado por más de 200 miembros.



**Figura 3.** Escenario ADSL.

ADSL Forum ha definido un modelo de referencia compuesto por el nivel de enlace y red independientemente del nivel físico, y por tanto del código de línea utilizado [17], [18]. El nivel de enlace se realiza con protocolos PPP (RFC 1662) o FUNI (str-saa-funi\_01.01). Este último se emplea cuando la red de la operadora y el cliente trabajan en modo MTA.

En la figura 2 puede observarse el modelo arquitectónico de ADSL. Los módems ADSL del cliente y del proveedor de red se denominan ATU-R (ADSL Terminal Unit-Remote) y ATU-T (ADSL Terminal Unit-Central Office). El interfaz T-SM del nodo del cliente con el ATU-R normalmente es Ethernet o V-35.

Entre los interfaces U-R y U-R2, y U-Cy U-C2 existe un dispositivo que realiza funciones de separación y mezcla de la señal telefónica analógica convencional con las señales digitales generadas por los módems ADSL.

El Fórum también está trabajando en definir unas recomendaciones que permitan a ADSL ser una de las tecnologías de acceso de la red ATM compatibles con las normativas de ATM Forum y DAVIC (19).

## 4.- EXPERIENCIAS PILOTO

En este apartado describiremos algunas experiencias relevantes de Telecomunicación por cable, la FSN de Florida

y la red de Cable de Barcelona de CTC (Cable y TV de Catalunya), y la prueba piloto en ADSL de Telefónica.

### 4.1 La red FSN

Una de las experiencias más importantes realizadas en el campo de las telecomunicaciones por cable es la realizada por Time Warner, Silicon Graphics, Scientific Atlanta, AT&T, Hitachi, Toshiba, OSI y Hewlett-Packard en Orlando (Florida), denominada Full Service Network (FSN). FSN se basa en una arquitectura distribuida donde los flujos de audio, vídeo y datos se conmutan hacia los respectivos usuarios.

Los nodos de distribución de la red trabajan con tecnología ATM, soportando 1000 flujos MPEG (streams) simultáneos de información multimedia de 4 Mbps con una capacidad global de 4 Gbps.

Los Set-Up Box de los usuarios sintonizan uno de los canales de bajada (DS3) de 12 Mhz situados entre los 500 y 735 Mhz, que están modulados en 64QAM. Finalmente mediante señalización el usuario escoge un canal/camino virtual para elegir el stream multimedia adecuado. El canal de retorno se sitúa entre los 900 y 1000 Mhz. disponiendo cada usuario de un canal de 2 Mhz (QPSK) al cual accede mediante técnicas TDMA.

Las aplicaciones se han construido según el modelo cliente servidor basándose en el Object Management Group (OMG), Common Object Request Broker Architecture (CORBA) y el Interface Definition Language (IDL). El software servidor se ejecuta en el servidor y el cliente en el Set-Up Box.

FSN ofrece servicios de vídeo bajo demanda, telecompra, teleeducación, informativos (deportes, noticias,..), entretenimiento (música, juegos) entre otros.

### 4.2 La red de CTC

En nuestro país se han realizado algunas experiencias piloto en las principales ciudades, en particular el Ayuntamiento de Barcelona en 1994 lanzó la idea de realizar una experiencia piloto de Comunicaciones por Cable que tuviera un ámbito geográfico urbano e incorporara las últimas tecnologías multimedia interactivas en tiempo real [15].

Aprovechando el vacío legal existente en la legislación española se convocó en 1995 un concurso público para la construcción e implantación de la red de cable.

Esta red actualmente ya en fase de explotación por parte de CTC contempla dos escenarios, por una parte suministra un servicio convencional de TV analógica y por otra se configura como una verdadera red de Comunicaciones ofreciendo servicios interactivos multimedia a través de canales de retorno. Esta segunda opción confiere a la red la posibilidad de ofrecer servicios de voz, datos, e imágenes interconectándola con las redes de las compañías operadoras (RTC, RDSI, Frame Relay o X-25) y la Internet. El flujo de

información asociado a Internet dispondrá de una elevada calidad de servicio en la medida que manejará elevadas tasas y bajo retardo en el proceso de transporte, distribución y acceso al abonado.

El desarrollo de esta red prevé una cobertura a 20.000 hogares de los cuales 4.000 dispondrán de servicios interactivos. CTC obtuvo el pasado verano la concesión para operar en las tres demarcaciones que está dividida Cataluña, en base al reglamento de la Ley del Cable y las Demarcaciones de Cataluña [14][16].

#### 4.3 Prueba piloto de ADSL de Telefónica

El próximo mes de diciembre y durante seis meses Telefónica realizará una prueba piloto con tecnología ADSL en Madrid y Barcelona. Los usuarios se interconectarán con módems ADSL a la red de banda ancha Gigacom a través del bucle de abonado.

Gigacom actuará como una red de transporte MTA que interconecta a los clientes con los proveedores de servicios. Cada usuario dispondrá de un ordenador personal que se conectará al módem ADSL (ATU-R) a través de un interfaz Ethernet. La información generada por el ATU-R viajará hasta el módem de Telefónica (ATU-C) por el par de cobre realizándose en destino una conversión de tramas Ethernet a celdas MTA. Estas celdas a través del interfaz Vc serán transportadas por la red Gigacom hasta el proveedor de servicios.

Esta prueba piloto permitirá evaluar distintos servicios multimedia de media y alta velocidad como son internet de alta velocidad, vídeo bajo demanda, teleeducación y teletrabajo entre otros.

### 5. INTERNET Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO

Internet, por el hecho de ser una red virtual independiente de las tecnologías concretas de red, se beneficia de la expansión de la RDSI-BA y de las Comunicaciones por cable en la medida que ambas le ofrecen mayores anchos de banda tanto en la propia red de transporte como en la red de acceso. Precisamente estos son los puntos de mayor debilidad de la Internet.

En los niveles bajos de la OSI no existen grandes incompatibilidades en la medida que Internet se basa en una red de conmutación de paquetes y la tecnología ATM puede encuadrarse en una red de conmutación de circuitos virtuales.

Por otra parte existe la tendencia a crear dispositivos de usuario de gran consumo que engloben multiplicidad de facilidades multimedia a bajo coste (Set-Top Units, Cable módems, NC, etc.). Esta tendencia integradora de los entornos de las operadoras clásicas, la TV y la multimedia favorece y potencia las aplicaciones y servicios de internet. Sin embargo existen incompatibilidades

en las arquitecturas de protocolos de los servicios de los tres entornos motivados parcialmente por intereses contrapuestos.

### 6. CONCLUSIONES

Parece razonable que a corto plazo las tecnologías de red fija confluirán hacia la arquitectura MTA/RDSI-BA que será el medio empleado por las PTT's, las operadoras de cable y el mecanismo básico de transporte de la Internet. Esta tecnología ofrecerá al usuario elevadas tasas en el bucle de abonado permitiendo finalmente que el usuario disponga de grandes anchos de banda que redundarán en una integración de servicios multimedia interactivos de alta calidad. Los interfaces usuario-red, verdaderos terminales hipermédia, integrarán de una forma transparente los distintos servicios y aplicaciones ofrecidos por las distintas redes y proveedores de servicios entre ellos los ofrecidos por la red Internet

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. MINOLI, Video Dialtone Technology. Mc. Graw Hill. 1996.
- [2] «Information Technology-Coding of moving pictures and associated audio information,» ISO/IEC 13818 parts 1, 2, 3 and 6.
- [3] «Information Technology-Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s,» ISO/IEC 11172:1993 parts 1, 2, and 3.
- [4] T. KWOK, «A vision for Residential Broadband services: ATM-to-the Home,» IEEE Network, vol. 9, nº.5, September/October 1995, pp. 14-28.
- [5] T. MIKI. «Toward the Service-Rich Era,» IEEE Commun. Mag., vol. 32, nº.2, Feb. 1994, pp. 34-39.
- [6] W. WEPPERT, «The evolution of the Access Network in Germany,» IEEE Commun. Mag., vol. 32, nº.5, Feb. 1994, pp. 50-55.
- [7] J.R. JONES. «Baseband and Passband Transport Systems for Interactive Video Services,» IEEE Commun. Mag., vol. 32, nº.5, May 1994, pp. 90-101.
- [8] W. Y. CHEN, D. L. LARING, «Applicability of ADSL to Support Video Dial Tone in the Copper Loop,» IEEE Commun. Mag., vol. 32, nº.5, May 1994, pp. 102 ff.
- [9] B. FURHT, D. KALRA, A.A. RODRIGUEZ, «,» Computer, May 1995, pp. 24-38.
- [10] C. BLANK, «The FSN Challenge: Large-scale interactive television,» Computer, May 1995, pp. 9-12.
- [11] L. PRESS, «The Internet and Interactive Television,» Comm. ACM., vol. 36, nº.12, Dec. 1993, pp. 19-23.
- [12] Pliego de especificaciones Técnicas para la implantación y operación de una red de cable para las demarcaciones de Cataluña X. Junio 1996.
- [13] Prueba piloto para la construcción y explotación de una red de Comunicaciones por Cable para la Ciudad de Barcelona. Setiembre 1995.
- [14] Reglamento Técnico de la ley del cable. B.O.E. / Setiembre 1996.
- [15] ADSL Forum System Reference Model. ADSL Forum TR-001.1997.
- [16] Framing and Encapsulation Standards for ADSL: Packet Mode. ADSL Forum TR-003. June 1997.
- [17] ATM over ADSL Recommendations ADSL Forum TR-002. March 1997.
- [18] http://www.csristds.com. y  
http://www.cablenet.org. Cablenet web Site.



## INTERNET. UNA VISIÓN DE SU IMPACTO SOCIAL

*M<sup>a</sup> Cristina Escobar Labella*

*Ingeniera de Telecomunicación*

Después de un año de análisis a través de Internet para la realización de mi Proyecto Fin de Carrera he llegado a una serie de conclusiones sobre el impacto que está teniendo la red que me gustaría compartir con todos.

Lo cierto es que ha sido apasionante comprobar la de utilidades que se abren gracias a Internet, así como analizar los problemas e impactos a los niveles que más preocupan vistos desde la misma red.

Os invito a hacer un pequeño viaje a través de Internet para reflexionar juntos sobre su impacto a distintos niveles...

Uno de los pilares básicos de Internet es la **información**, ésta entendida como valor en sí misma.

Lo cierto es que con Internet nunca en la historia del hombre habíamos estado tan bien comunicados, ni se había llegado a este grado tal de acceso barato y directo a la información. El salto cuantitativo de información que supone Internet, conlleva un gran impacto social, lo que se está llamando la “nueva era de la información”.

Esto también presenta graves **problemas** debido a la dificultad de **hallar aquello en concreto que se busca**. Esto último ha provocado la creación de nuevos departamentos en el mundo de la empresa para estas tareas y al mismo tiempo están en auge los programas y máquinas buscadoras más potentes para así evitar la pérdida de tiempo y el estrés que provoca el exceso de información.

Hay una crítica generalizada en Internet: si bien es verdad que en la red hay mucha información, lo cierto es que se echan de menos bases de datos locales o información general de las administraciones públicas para los ciudadanos e incluso la posibilidad de poder agilizar trámites burocráticos a través de la red evitando así largas colas y traslados.

Conviene señalar que aunque siempre con prudencia y por detrás de la técnica, los gobiernos de los distintos países implicados están comenzando a **legislar** la información, y en el caso de Internet, también se está empezando a ver la comunicación como un derecho ante la liberalización inminente en toda Europa de las multinacionales telefónicas.

Todo esto es muy positivo de cara a los países occidentales pero pienso que aquí hay un detalle crucial: **el desfase tecnológico entre norte y sur** en general. ¿Cómo puede impactar Internet en este “escalón universal”? Pienso que aún con dificultades Internet ofrece una opor-

tunidad muy buena para mejorar la calidad de las comunicaciones (al ser mas rápido y barato que los medios tradicionales como el correo o el teléfono) y con ello mejoraran las ayudas para los países necesitados.

También veo otra idea positiva: es una forma inmejorable de enterarnos con veracidad de las noticias que ocurren en los países pobres (económicamente hablando). Recordemos que en éstos son demasiado frecuentes aún los intereses coloniales de los gobernantes de los países occidentales. Estos, lógicamente esconden noticias muy crudas que de enterarse la opinión pública, cada vez mas sensibilizada en estos temas de desequilibrios, ecología y sostenibilidad, no toleraría.

Además de estar globalmente mejor informados “de las mismas fuentes” debido a Internet, la telecompra también deja en evidencia las **desigualdades en el mundo**. La explicación es sencilla. Se supone que en Internet los precios deberían ser los mismos para todos los internautas, pero lo que ocurre es que el nivel de vida en los distintos países no es el mismo. Este hecho nos obliga a cuestionarnos sobre cuál será el futuro del mundo. Si vamos hacia la uniformidad del planeta con un reparto equitativo de las riquezas o bien se pondrán precios adaptados a cada país y todo continuará como hasta el momento. Sea como fuere, lo importante es la evidencia de que algo no está funcionando bien y cuando menos obligará a los economistas a hacer una profunda reflexión.

La técnica, en este caso de las telecomunicaciones, juega aquí un papel importantísimo que puede provocar la reacción de las personas que pueden “palpar” *in situ*, consultando en las propias fuentes de la información, las evidencias que los medios de comunicación tradicionales, hoy esconden.

Hablando sobre **nuevas tendencias en tecnologías que ayudarán a Internet**, parece ser que entre las opciones que se están barajando destaca la idea de utilizar la TV para conectarse a Internet. Esto aumentaría por un lado la penetración de la red en los hogares, ya que hoy día la TV ocupa el lugar principal en la habitación en que más tiempo se pasa. Por otro lado tendría la ventaja de que si se empieza a instalar cable óptico para la TV (cosa que no va a suceder a corto plazo en España) la capacidad del cable aumentaría considerablemente, mejorando con ello las velocidades de transmisión y los tiempos de espera para cargar web's.

También las nuevas tendencias pasan por los NC (Network Computer), una especie de *caja tonta* que iría cargándose de la red todo el software que fuera necesitan-



do y de este modo nunca quedaría obsoleta. Sólo precisaría que el software de la red estuviese actualizado y que la velocidad para cargarlo no fuese ningún inconveniente.

Se evidencia un nuevo problema: **el control de la comunicación**. Hoy día Internet es un medio un tanto salvático y salvaje donde no existen aún legislaciones ni controles claros. Si bien los medios informativos tradicionales están fuertemente controlados por los dueños del dinero cabe preguntarse si acaso ocurrirá lo mismo con la Red.

De ser así sería difícil ninguna revolución ni reacción popular ya que las dictaduras, asociadas siempre a aférrelos controles, han acallado a los pueblos que por miedo a la Libertad y la angustia vital que eso les provocaba “consintieron” criar monstruos perversos a lo largo de la historia de la humanidad y por diversas razones siempre “justificadas” (llámense Hitler, Stalin, Franco y tantos otros...).

Ahí subyace quizás el compromiso: es preciso un control que evite mentiras, fraudes y errores que pueden llegar a ser muy graves pero a su vez se trata de que éste no coarte seriamente las libertades personales.

Sobre el tema de la **legislación** me gustaría comentar que Internet parece que tiene una especie de “ética” implícita: cuando alguien toma alguna determinación sobre la red la comunidad de internautas suelen unirse para realizar acciones al respecto como poner “bombas” de e-mail a alguien como protesta, enviar cartas a miles de personas a la vez para colapsar la red, etc.

Por ejemplo, algo que nos resulta cotidiano y vivimos muy de cerca es el caso del terrorismo de ETA. Parece ser que existe una página web dedicada a Herri Batasuna que habla de las penurias y faltas de democracia en Euskadi. Cuando en julio de este año (1997) asesinaron de un tiro en la nuca a un concejal del pueblo de Ermua en Guipúzcoa, la comunidad en la red se rebeló contra Herri Batasuna colapsando al *chairman* encargado de mantener dicho web.

Por lo visto, ironías de la “incomunicación” del mundo mas “comunicado” que existe, todavía no sabían que los miembros de ETA son “terroristas” y no miembros de un grupo de liberación (o salvación nacional) o algo así como ellos piensan. Por suerte ya lo han corregido y aunque les ha costado un poco de tiempo enterarse ya han reaccionado.

Así pues, sobre legislación habrá mucho que discutir en un futuro próximo, pero por ejemplo el gobierno francés ha sugerido como solución emplear la legislación marítima internacional.

Continuando con problemas derivados de la red, se está trabajando mucho en la cuestión de la **infraestructura de Internet**. Esto justificaría la necesidad de una serie de controles debido a que se trata de un recurso limitado.

Se está estudiando el hecho de aprovechar infraestructuras ya existentes como el *Eurotunnel* u otras estructuras como las ferroviarias para la extensión del cableado. Pero algo de lo que se está discutiendo mucho últimamente es el *WebTV* ya que ampliaría el número de

usuarios de Internet por un lado (ya que hay muchas personas que no consideran al ordenador amigable o que simplemente no tienen PC pero sí televisión) y gracias a las nuevas tecnologías del cable óptico se mejorarían las velocidades de transmisión en la red.

El problema aquí es que son pocos los países que están cableando sus televisiones y por contra el teléfono es un medio habitual en todo el mundo. Así pues, parece que ha comenzado una batalla tecnológica por Internet (cable de televisión o teléfono).

Es importante resaltar que en Internet, en cierto modo, va implícita una idea importante: **la ecología**. Aunque parezca extraño, si se analiza con detenimiento se ve cómo puede menguarse el gasto de papel gracias a la edición electrónica tanto de revistas, como de libros, cartas, notas, circulares, Intranets, etc.

Aquí es curioso comentar la discusión que ha dado lugar la idea del **teletrabajo**. Existen quienes lo defienden con firmeza insistiendo en que de este modo no sólo es más rentable para la economía de los particulares por el hecho de disminuir el número de trasladados a las grandes urbes sino que además es muy positivo para la ecología. Entre los detractores, la idea que tienen es que si bien las personas pueden vivir en lugares alejados de las grandes urbes gracias al teletrabajo, ésto precisamente hará aumentar la polución en esos mismos lugares. Parece ser que como siempre todo resulta un compromiso y la respuesta estará en un equilibrio justo entre las dos opciones.

Si se habla de las **Intranets** (se trata de la repetición de la estructura de Internet pero a nivel local, en general para empresas), cabe destacar la importancia que está teniendo entre las empresas que ven cómo pueden tener una serie de servicios más baratos y accesibles. El hecho de adaptar la red, con algunas de sus aplicaciones más importantes a una empresa como por ejemplo el hecho de poder acceder a ficheros comunes (en Internet el FTP) o tener e-mail aunque sea sólo en su entorno está suponiendo todo un hito en el mundo empresarial.

Cabe destacar también el impacto de la red sobre las **empresas telefónicas** ya que también es posible, con un equipo adecuado de audio, establecer llamadas telefónicas entre usuarios a precio de tarifa plana. Además con el ritmo creciente de la red las empresas telefónicas empiezan a barajar posibilidades por tiempo de uso más que por una tarifa común, siguiendo así la política de “tanto se usa, tanto se paga”.

Sin embargo, se observa que si bien es cierto que estamos mejor comunicados en general con todo el mundo gracias a la red, parece que se prevé el mayor cambio en la historia jamás visto por el salto cuantitativo en la comunicación que se nos avecina. Si se analiza el **cambio de hábitos** que ésto está provocando, queda claro que hay un mayor número de personas comunicándose, pero al mismo tiempo, puede estar disminuyendo la relación interpersonal presencial, la de persona a persona. Así pues, parece paradójico que “un aumento cualitativo de las comunica-

ciones pueda producir una disminución de las relaciones interpersonales presenciales.

Por poner ejemplos, antes era casi imposible resolver las cosas cotidianas aisladamente en una empresa, centro escolar, etc. como despachar asuntos burocráticos diversos con los distintos encargados, administrativos, etc. Ahora, gracias a Internet/Intranet mediante el correo electrónico es posible realizar aisladamente casi todos esos trámites. Apenas debe necesitarse la “presencia física” para firmar cuando así se requiera y de hecho ni tan siquiera eso cuando se avance en la firma electrónica.

Con ésto, lo que queda claro es que las relaciones interpersonales, “físicamente” hablando, sin duda van a disminuir y con ello se pierde una parte de trato humano “directo” cuyas consecuencias están por observar.

Si continuamos hablando del **impacto de Internet sobre el mundo empresarial**, cabe destacar cómo éste se ha ido adaptando a la red, cómo se han ido produciendo los posicionamientos de las empresas ante el fenómeno Internet. Si bien primero, debido a la novedad, lo importante era estar en la red a cualquier precio por el esnobismo, ésto fue evolucionando hacia otros esquemas como el llamado **VFF** (*Value For Free*) que consiste en dar algo a cambio de nada. Si la idea parece filantrópica, no es así, porque de hecho haciendo ese “favor”, se trata de que el usuario vaya “tomando nota” de aquella empresa para que le sea de su agrado comprar lo que necesite allí en el futuro.

Finalmente, la estrategia actual de las empresas pasa por el aprovechamiento del auge de las **comunidades virtuales**. Esto se entiende porque en una comunidad hay siempre una serie de valores comunes, de gustos comunes y lo que es más importante para las empresas: gastos y compras parecidos. Así, las empresas están aprovechando esta posibilidad de vender los mismos productos a un mayor número de personas.

Otra cuestión importante es la llamada “**colonización cultural**”. Nunca antes ningún medio había permitido comunicarse a tantas personas a tan bajo precio (ya que existía el teléfono, pero a veces, debido a su coste, era impensable) y este hecho también conlleva la idea de uniformidad versus diversidad. De nuevo otra paradoja.

Muchos temen que con la red se potencie la cultura Norteamericana, dejando de lado cualquier otra opción. Esto está empezando a preocupar a muchos a países como Francia que ven peligrar su lengua frente al dominio inglés. Los países de la Unión Europea, sensibilizados especialmente debido a la riqueza de la diversidad europea han iniciado proyectos de investigación para poder expresarse en las lenguas maternas y entenderse con el resto de internautas gracias a potentes programas traductores.

Pienso que las **lenguas minoritarias** no deben temer nada porque si se ponen en marcha los softwares de traducción simultánea los usos de aquella lengua, en

principio, serán los mismos. De hecho pienso que incluso mas personas les podrán conocer y despertarán curiosidad en la comunidad de internautas.

El problema mas grave, lo veo en los pueblos que hoy día quedan excluidos de la red, como por ejemplo muchos de los **habitantes del tercer mundo** que no tienen acceso a Internet, aunque por suerte, hay muchas organizaciones dispuestas a defender la diversidad étnica en el planeta.

No olvidemos que en la diversidad está la riqueza y la capacidad de evolución de las especies y aunque vivamos en un mundo uniformizado, conviene tener presentes estas cuestiones en nuestra *Aldea Global*.

Entre las preocupaciones de la red, enunciaré los **cuatro jinetes del Apocalipsis** que son:

1) la peste, es decir, el “*millennium bug*”, el eterno problema aún no resuelto de las máquinas ante la llegada del 2000. El problema consiste en que confundirán las dos últimas cifras 00 del año 2000 con el año 1900 con lo que eso conlleva sobretodo para los bancos.

2) La guerra, que en Internet está representada por los ataques al sistema informático hechos por los *hackers*, etc.

3) El hambre. Se trata del agotamiento de las direcciones ya que como mucho soporta  $2^{32}$  posibles distintas direcciones.

4) La muerte, que en el caso que nos lleva viene representada por el sobretráfico de la red.

A pesar de que fue en el CERN donde surgió la idea e implementación del WWW (una de las aplicaciones estrella si es que no se trata de la mas importante) parece ser que **Europa va muy por detrás de los EE.UU. respecto a Internet**.

En este sentido habría que analizar, más en concreto, los países de Europa donde Internet triunfa y dónde no. Pienso que los resultados irían muy ligados a los **caracteres tipo de los habitantes y al clima**. Así por ejemplo, en el caso mediterráneo, el carácter es abierto y amigable. Además el clima cálido invita a salir con los amigos y charlar con ellos o ir a la playa, etc.

Sin embargo, en los países nórdicos oscurece pronto y hace mucho frío, además, su carácter no es tan abierto. Parece que en el caso de los países nórdicos, sus características invitan mas a quedarse en casa y “conectarse” a Internet que no salir fuera y charlar con los amigos en un bar como es mas habitual en el carácter Mediterráneo.

Con todo ésto, habrá que ver cómo va a evolucionar Internet en estas latitudes porque pienso que donde está mas arraigada es en los países anglosajones y en norteamérica. Pero por otro lado no es de extrañar que la red también tenga mucho auge en aquellos países donde gobiernan **regímenes políticos casi dictatoriales** (integristas islámicos o comunismo, como en China) que controlan el acceso a la información y gracias a Internet algunos privilegiados de estos países pueden obtener información de las propias fuentes y no filtradamente a través de los controles gubernamentales.

Estos países casi dictatoriales, por otro lado ya están empezando a tomar medidas para poder controlar a estos usuarios así es que habrá que ver cómo evoluciona ésto.

Como vemos una nueva especie de paroja: por un lado en la red casi todos los temas tienen un lugar para poder expresarse, pero por otro lado ya se están creando los softwares adecuados para controlar quién accede o impedir esos accesos y castigarlos.

El ocio parece que de momento se lleva más del 50% de Internet. Parece mentira pero lo cierto es que entre los **juegos** y la pornografía realmente ésto es así.

Los niños permanecen una media de tres horas en Internet cuando la utilizan mientras que los mayores sólo están una hora cuando llaman según la consultora Find/svp de USA. Esto queda plasmado en los contenidos de la red. Hay una gran cantidad de juegos en la red, pero de hecho los que parecen tener mas éxito son los MUD (*Multi User Dimension*) como por ejemplo el juego del Diablo que gracias a la tecnología de los chats permite el juego online de múltiples usuarios aunque estén en los lugares mas dispersos del planeta.

El crecimiento de estos juegos se debe entre otras cosas a la interactividad que permiten. La mayoría son juegos de rol donde cada cuál escoge su propio personaje que debe representar y, al igual que su versión no virtual estos juegos están teniendo mucho éxito.

Por otro lado la **pornografía** es un tema que también está preocupando mucho sobretodo a las empresas que ven cómo se les va tiempo y dinero malgastado por sus trabajadores al bajarse *porno* (básicamente fotografías) de *Penthouse* y *Playboy* que en este momento son los webs mas visitados de toda Internet, según varias consultoras Norteamericanas.

En ambos casos deberíamos analizar el cambio de hábitos e impacto psicológico que esto conlleva. Si bien parece que comunica a personas que en la realidad serían apocadas o tímidas cabe preguntarse si de este modo se resuelven sus problemas o sólo es un “apaño” momentáneo.

Cabe destacar el impacto de Internet sobre la **educación**. Es realmente increíble por la gran cantidad de posibilidades que se abren. Desde la enseñanza a distancia a el complemento que puede aportar para los métodos tradicionales, lo cierto es que se trata de una ventana abierta al mundo que sin duda, a los más curiosos entre todos, los niños, les ayudará a tener un mayor conocimiento de su *Aldea Global*. Además, la interactividad que caracteriza a Internet, la hace amigable y les invita a adentrarse en todo un mundo desconocido e inmenso.

Hemos de decir que Internet ha abierto una especie de brecha generacional entre profesores y alumnos, ya que a menudo, se da la situación que los niños saben más que los adultos sobre algunos temas de informática. Aparte de este problema, se debería analizar cuál va a ser el papel de

los profesores y los alumnos ante la nueva situación creada con Internet (ya que la red contiene casi de todo y permite consultas online).

Las **redes ciudadanas** están teniendo mucho auge, están siendo un gran *boom* y tanto es así que se habla de ello como de el nuevo paso en la evolución de internet. De hecho es todo un cambio de actitud de los usuarios y entre ellos mismos ya que se produce un cambio en el uso del ordenador que pasa de ser una búsqueda solitaria y puntual a un trabajo en equipo que conlleva puestas en común, discusiones y amplitud de puntos de vista.

En estos momentos, pienso que son las redes ciudadanas y las comunidades virtuales, quienes mejor reflejan la idea de la *Aldea Global* que es Internet. Es importante ver el sentido de horizontalidad que introducen a las jerarquías gubernamentales contra la estructura piramidal predominante debido a la posibilidad de participación a todos los niveles que permite la red.

Estas redes ciudadanas están llevando a cabo una tarea loable: hacer llegar y enseñar, gracias al voluntariado, la técnica y la práctica de Internet mediante cursillos, tanto para utilizarla en las Comunidades de Vecinos, que hoy día están muy desperdigadas, como para ayudar a aquellos **marginados** del *boom comunicacional* de Internet. Hablando de marginación, cabe destacar el apoyo que están ejerciendo estas redes al llamado **cuarto mundo** acercando el mundo de los ordenadores e Internet a éstos.

No es de extrañar que los ayuntamientos estén recelosos, ya que si estas comunidades de vecinos estuvieran mejor comunicadas (desde sus mismas casas) gracias a las redes ciudadanas, estarían mas unidas, con lo que al protestar o exigir cosas a los ayuntamientos tendrían más fuerza y con ello posibilidades de conseguir aquello que reivindican, aún cuando fuera en contra de los proyectos municipales (aquí queda clara la idea de que Internet tiende a horizontalizar las jerarquías gubernamentales, ya que es el pueblo llano, con la fuerza de la unión, quien se opone a los estamentos de la cúspide piramidal).

Tanto es así, que los ayuntamientos tienen muchas reticencias para mantener las redes ciudadanas que además contienen diversos foros de opinión y debate (como el proyecto de *+Democracia* del jurista Amadeu Abril). Estos proyectos de debates sobre la democracia son muy positivos ya que pueden ayudar a incrementar el grado de democratización del mundo occidental (muy pobre actualmente porque sólo consiste en depositar un voto en una urna cada cuatro años, sin ninguna otra *molestia* adicional) gracias al nuevo concepto de participación e interactividad que permite Internet en los distintos foros de opinión.

Tenemos ante nosotros un mundo que parece en sí mismo un “país virtual”, esperemos que realmente sirva para mejorar la convivencia y los ecosistemas de este planeta llamado Tierra.



# CUANDO LOS MÓDEMOS SEAN MÁS RÁPIDOS QUE LOS MÓDEMOS

Xavier Hesselbach Serra

Profesor Asociado del Departament de Matemàtica Aplicada i Telemàtica

Universitat Politècnica de Catalunya

xavierh@mat.upc.es

En los últimos meses una noticia ha provocado taquicardia en el corazón de muchos ingenieros. En diciembre de 1996 se anunciaba una nueva tecnología que permitiría la transmisión por línea telefónica conmutada convencional a la velocidad de 56 Kbit/s. ¿Dónde está el truco?

Con el fin de acentuar sus prestaciones, algunos fabricantes ofrecen como dato la velocidad que puede alcanzar su módem considerando compresión. ¿Era en esta ocasión un caso también de compresión?

El imparable auge de Internet en los últimos años ha arrastrado consigo a otras tecnologías que han vivido una creciente demanda y continuo perfeccionamiento. Servidores y redes de acceso han visto incrementada su importancia y han alcanzado el ámbito del entorno doméstico. En la actualidad no es sorprendente disponer de una vía de conexión a Internet desde el domicilio particular. La inminente llegada de las redes de cable promete la entrada de una amalgama de servicios entre los cuales se cuenta el acceso a la red de redes, con velocidades comparables a las hoy disponibles en cualquier entorno profesional. Otras tecnologías como la ADSL trabajan también en esta línea.

Mientras este futuro se acerca y la geografía es cableada siguiendo la tendencia de las nuevas tecnologías, no se pueden olvidar la red eléctrica y telefónica que siguen siendo hasta el momento las más extendidas a nivel mundial. La primera hace tiempo que es investigada para poder ser empleada para el transporte de información, y de hecho, recientemente Nortel (Northern Telecom) ha presentado una propuesta al respecto. La segunda, no es noticia que puede ser empleada para el transporte de datos si se dispone de un módem para red telefónica conmutada.

## COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE RTC

El módem es responsable de modular la señal digital mediante impulsos analógicos adaptados al perfil del canal sobre el cual se va a emplear. Desde hace muchos años se trabaja por obtener el máximo rendimiento de las líneas telefónicas existentes. Con un ancho de banda situado entre los 300 y los 3400 Hz y una relación señal a ruido de unos

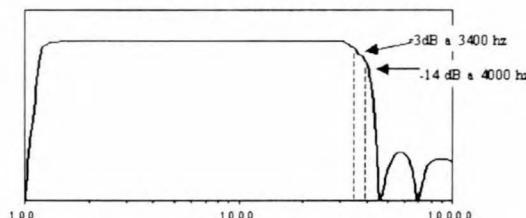


Figura 1. Características del canal telefónico

35 dB, la cota de Shannon asegura que jamás serán posibles velocidades superiores a 36 Kbit/s, aproximadamente.

Cuando los módems comunicantes establecen contacto a través de la línea telefónica, un diálogo entre ellos les permite establecer la velocidad de modulación más conveniente de acuerdo a la calidad que el canal asignado les ofrece. En la actualidad, el estándar más cercano a este límite es la norma V.34+, que permite la transmisión a 33,6 Kbit/s. Hasta no hace tantos meses, la mayor velocidad era de 28800 (V.34), aunque también existen estándares que fueron la máxima velocidad en su época (y no hace tanto de ello) para 19200(V.32ter), 14400(V.32bis), 9600(V.32), etc.

Desde un punto de vista funcional, el trayecto de la comunicación en base a centrales de telefonía digitales (que son la práctica totalidad) está formado por los elementos de la figura 3, donde el Equipo Terminal de Datos (ETD) modela al usuario.

La señal analógica portadora de la información digital generada por el usuario y modulada por el módem es muestreada a la entrada de la red telefónica a una cadencia de 8 KHz con 8 bits por muestra, para generar un caudal de 64 Kbit/s. La señal analógica es recuperada cuando debe ser entregada al abonado destino, después de haber sufrido el paso a través de los filtros y la codificación aplicada.

Por otro lado, cabe recordar el empleo de codificaciones Ley A (Ley  $\mu$  en USA), cuyo perfil aparece en la figura 4. Esencialmente se trata de una codificación en la cual los niveles están más distanciados cuanto mayor es el nivel de la señal. Esto es, el nivel de tensión que separa los símbolos

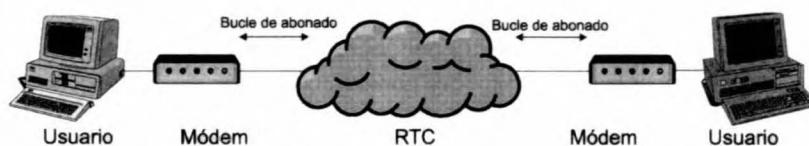


Figura 2. Esquema de comunicación a través de la Red Telefónica Conmutada





Figura 3. Esquema funcional de la transmisión a través de la RTC.

más alejados del origen es mayor para aquellos más alejados del nivel 0. Con ello, entre otras ventajas, se consigue mayor sensibilidad ante variaciones pequeñas para los niveles bajos de señal.

### PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TRANSMISIÓN A 56 KBIT/S

Los módems V.34 son óptimos desde el punto de vista de la transmisión extremo-extremo a través de la RTC. Sin embargo, la S/N en el bucle de abonado suele ser bastante superior a la vista desde un módem hasta el módem remoto con el cual establece comunicación (Figura 5). En base a esta consideración, una nueva tecnología puede revolucionar los estándares sobre módems para canales telefónicos.

Supóngase que la red telefónica sea digital, tal como en la gran mayoría de centrales actuales sucede, con canales de 64 Kbit/s asignados a cada llamada.

Los codificadores en la red son capaces de generar 255 niveles de tensión. Con 128 niveles (7 bits) se podría transmitir a  $7 \text{ bits/muestra} \cdot 8 \text{ KHz} = 56 \text{ Kbit/s}$ . Con 64 niveles, 48 Kbit/s. Con 32 niveles, 40 Kbit/s, etc. Es también posible emplear subconjuntos de puntos con el fin de optimizar la velocidad de transmisión. Con menos niveles se consigue una transmisión más robusta aunque a menor tasa de transmisión de bits.

Dado que el codificador entrega pulsos de duración 125 ms cada uno, y teniendo en cuenta la existencia de filtros paso bajos, las frecuencias altas desaparecen y los pulsos rectangulares quedan redondeados. Sin embargo, la superposición de pulsos no es problema porque en los puntos de muestreo de cada uno de ellos, la señal residual del resto de pulsos pasa por cero. De hecho es en la práctica inevitable que en los instantes de muestreo exista un cierto nivel adicional debido a interferencia intersimbólica.

En suma, en base a esta técnica sería posible enviar el caudal puro de 64 Kbit/s que circulan internamente por la red

hasta el abonado destino. El único problema es cómo inyectar los 64 Kbit/s para que sean realmente de datos.

Para ello, la solución es que el servidor esté conectado directamente de forma digital a la red. Por lo tanto, para poder emplear esta técnica, el esquema no podrá ser como el de la figura 3 y deberá aplicarse la modificación que aparece en la figura 6. Consecuentemente, tampoco dos clientes podrán comunicarse directamente a través de esta tecnología.

Sin embargo, la cota de Shannon sigue acechando. El muestreo a 8KHz ofrece un ancho de banda de 4 KHz. Dejando sin usar parte de las frecuencias más bajas del ancho de banda debido al uso de acoplamientos magnéticos en los dispositivos del bucle de abonado, digamos unos 300 Hz, el ancho de banda disponible es de 3,7 KHz. Por ello, a través de la expresión de la cota de capacidad de canal de

Velocidad (Kbit/s)	nº bits/símbolo	S/N (dB)
64	8	52,1
56	7	45,6
48	6	39,1
40	5	32,5
32	4	26

Shannon se obtiene que la relación S/N mínima necesaria debe ser, para las siguientes velocidades:

Para poder recibir los bits desde la red, ésta es la calidad a satisfacer en el bucle analógico del abonado. Dado que la transmisión a 64 Kbit/s es demasiado exigente sobre la relación S/N necesaria en el bucle de abonado, se han eliminado algunos puntos para robustecer la transmisión. Debe recordarse el empleo de Ley A, por lo cual los niveles más cercanos a los 0 volts sufren más ante interferencias o ruido. Además, en USA los canales digitales de la RTC son de 56 Kbit/s.

Como se desprende del mecanismo, la comunicación desde el servidor al cliente o downstream requiere que el primero disponga de una conexión digital con la red. Sin embargo, el trayecto opuesto (upstream) exigiría que las señales generadas se recibieran en el conversor A/D de entrada a la red en el instante adecuado, de forma síncrona al reloj de la red. Por lo tanto, el canal de bajada puede beneficiarse de la técnica a 56 Kbit/s, pero no el de subida, que deberá seguir empleando las tradicionales modulaciones hasta 33,6 Kbit/s.

En caso de que la calidad de la línea en sentido de bajada fuera insuficiente y la comunicación no pudiera establecerse de acuerdo a 56 Kbit/s, la transmisión intentaría gestionar el establecimiento de conexión en el tradicional 33,6 o menos hasta conseguir una conexión adecuada.

### CONSIDERACIONES

La mayor velocidad procedente de esta nueva técnica de transmisión impone ciertas restricciones en el empleo del

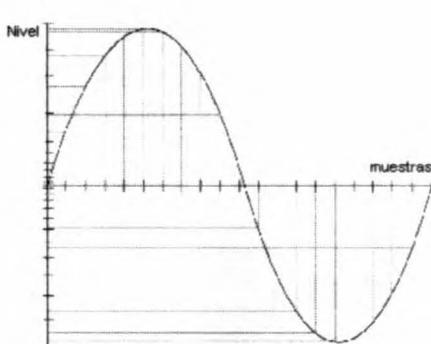


Figura 4. Perfil de muestreo

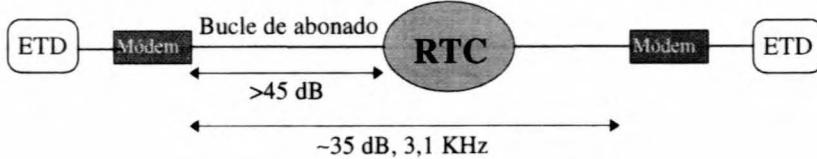


Figura 5. Factores limitantes de la transmisión.

canal. Por un lado, la transmisión no es simétrica: El canal de subida no puede negociar la transmisión a velocidades mayores de 33,6 Kbit/s, tal como se ha explicado. Por otro lado, la llegada de bits a 56 Kbit/s supone el empleo de servidores dedicados conectados directamente a la red de forma digital a través, por ejemplo, de enlaces T1.

Además, esta técnica no funcionará si existe más de una conversión D/A en la red, puesto que en el momento en que se entre en un canal analógico la S/N mínima para soportar 56 Kbit/s sería probablemente insuficiente.

Sin embargo, cualquier internauta que navegue por Internet no dudará un instante en decidir que es preferible que el canal de bajada sea de 56 Kbit/s antes que el de subida, puesto que es a través del downstream por donde recibe los datos procedentes de la red, y su interacción a través del canal de retorno no requiere un ancho de banda tan importante. Es por este motivo que esta solución es especialmente útil para clientes conectados a proveedores de servicio de Internet. Los módems a 56 Kbit/s son pues especialmente útiles en este contexto.

Por otro lado, puede establecerse una comparativa entre el coste de la RDSI y de una llamada telefónica empleando estos nuevos módems a 56 Kbit/s. La tarificación de la RDSI es la misma que la de una llamada telefónica que consume 64 Kbit/s, aunque la primera emplea en total 144 Kbit/s (acceso básico) por lo cual la tarificación es de 144/64 veces la de una llamada telefónica. En suma, el uso de estos nuevos módems aproxima el coste por bit transmitido y puede comprometer el futuro de la RDSI de banda estrecha en entornos donde se requerían accesos más rápidos a Internet y donde la RDSI podía ser la solución. Además, permite aprovechar la misma instalación de telefonía ya existente.

Sin embargo, los módems a 56 Kbit/s están todavía en estado embrionario. La prueba es que por el momento dos propuestas luchan por alcanzar la categoría de estándar. Rockwell defiende su K56flex, mientras que USRobotics soporta la solución denominada X2, y que ya se puede

encontrar en los distribuidores. La realidad es que se espera la aparición del estándar hacia la primavera próxima. Mientras, estos módems operan hasta 33,6 Kbit/s y podrán alcanzar los 56 Kbit/s por actualización mediante un software que programará la memoria EPROM de estos equipos para que operen convenientemente.

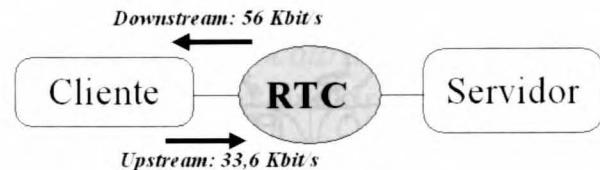


Figura 7. Velocidades alcanzables en los nuevos módems

De hecho, existen estudios en los cuales se pone en tela de juicio el que estos módems lleguen a proporcionar realmente los 56 Kbit/s que aseguran.

## CONCLUSIONES

Será necesario esperar algunos meses todavía hasta comprobar la cuota de penetración que presentarán estos módems (especialmente entre los proveedores de servicio que son los que deberán realizar la mayor inversión por la compra de los nuevos equipos) y el comportamiento de esta nueva tecnología basada en ideas antiguas. Y mientras este futuro llega, algunos fabricantes como Multitech Systems ya están anunciando la posibilidad de ofrecer velocidades en el upstream de 40 Kbit/s e incluso de 45 Kbit/s full-dúplex.

### Sepuede encontrar más información en:

**·56K módems:** The new spin on speed. Kathleen Cholewka. Data Communications, Mayo 1997.

**·MultiTech Systems:**

<http://www.multitech.com/WHPaper/56Kmodem.htm>

**·Nortel (Northern Telecom):**

<http://www.nortel.com>

**·Rockwell:**

<http://www.rockwell.com/mcd/K56Plus/what.html>

**·USRobotics:**

<http://x2.usr.com/technology/index.html>

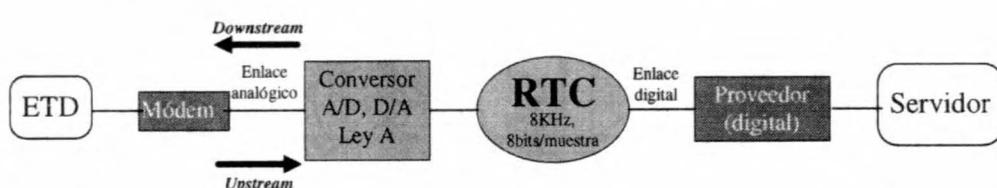


Figura 6. Esquema para la transmisión por encima de la cota de Shannon





# ESA COSA

by DANIEL SOLANA



Extraido de <http://maite27.upc.es/~anton>. Agradecimientos al autor Daniel Solana.



# COMPARTICIÓN DE SECRETOS EN CRIPTOGRAFÍA

Jorge Villar Santos, Carles Padró Laimón y Germán Sáez Moreno

Profesores del Dpto. de Matemática Aplicada y Telemática.

Universitat Politècnica de Catalunya

e-mail: jvillar@mat.upc.es

En la criptografía clásica, tanto en el ámbito de clave pública como en el de clave privada, los protocolos criptográficos cuentan sólo con dos participantes: el poseedor de la información original y el receptor de dicha información.

En la actualidad, con el desarrollo de las redes informáticas y la necesidad de seguridad y privacidad respecto a la información que éstas cursan, se requiere el uso de protocolos que involucren un número mayor de participantes [Des88]. Un ejemplo sencillo es la realización de una conferencia a tres en la que se requiera privacidad.

Por otra parte, la información secreta no es generada exclusivamente por personas físicas sino por empresas o entidades. En este último caso, no está claro que la responsabilidad sobre la información secreta generada pueda o deba recaer sobre una única persona. Por ejemplo, cualquier movimiento importante de capital en una empresa debería requerir la participación de varios empleados.

## 1. ESQUEMAS PARA COMPARTIR SECRETOS

Un esquema para compartir secretos es un protocolo criptográfico en el que, como su nombre indica, se divide un determinado secreto en fragmentos que se reparten entre los participantes. Por ejemplo, el secreto podría ser la clave de acceso a una cuenta bancaria.

Este reparto de información se realiza de modo que:

(1) sólo ciertos conjuntos de participantes autorizados pueden reconstruir el secreto original.

(2) un conjunto de participantes no autorizado no puede obtener información alguna sobre el secreto original.

De la segunda condición se desprende que el secreto no se divide literalmente en fragmentos sino que los fragmentos entregados a cada participante resultan de la ejecución de un algoritmo más sofisticado. Asimismo, la reconstrucción del secreto no consistirá en la yuxtaposición de los fragmentos de los participantes sino en la ejecución de cierto algoritmo cuyas entradas sean los fragmentos anteriores.

Los primeros esquemas para compartir secretos fueron introducidos en 1979 por Shamir en [Sha79] y por Blackley en [Bla79]. El primero de ellos está basado en interpolación polinómica sobre un cuerpo finito. Dado un secreto  $k$ , se toma un polinomio secreto  $p$  de grado no superior a  $t-1$ , tal que  $p(0) = k$ . A cada uno de los  $n$

*Un protocolo debe ser robusto tanto frente a personas externas al mismo como frente a usos ilícitos de la información repartida*

participantes, que se caracteriza por cierto número  $\xi_i \neq 0$ , se le asigna el fragmento  $S_i = p(\xi_i)$ .

Se puede demostrar que si se reúne una cantidad igual o mayor que  $t$  participantes, existe un único polinomio  $p$  de grado inferior a  $t$  que pase por los puntos  $(\xi_i, S_i)$  correspondientes a dichos participantes. Además, el secreto original coincide con  $p(0)$ .

Por otra parte, dado un conjunto con menos de  $t$  participantes, existen varios polinomios  $q$  que pasan por los puntos  $(\xi_i, S_i)$  correspondientes a dichos participantes y  $q(0)$  toma todos los valores posibles con la misma frecuencia. Así, todos los valores posibles del secreto  $k$  resultan equiprobables, y los participantes tienen la misma información sobre el secreto que cualquier persona ajena al protocolo.

Este tipo de esquemas en los que se exige un número mínimo de participantes para reconstruir el secreto se denominan esquemas de umbral. Estos esquemas no son los únicos existentes pero sí los más ampliamente estudiados.

## 2. ESQUEMAS ROBUSTOS FRENTA A MENTIROSOS

En el mundo de la criptografía, un protocolo debe ser robusto tanto frente a personas externas al mismo como frente a usos ilícitos de la información repartida.



Por ejemplo, un participante de un esquema para compartir secretos podría intentar engañar a otros suministrando un fragmento incorrecto durante el proceso de reconstrucción. Si el esquema no cuenta con un algoritmo de verificación de los fragmentos, se reconstruye un secreto incorrecto. En el caso peor, con el fragmento correcto y el secreto incorrecto, el participante trámposo podría recuperar por sí mismo el secreto original. Esto es exactamente el inconveniente del esquema de Shamir.

*Un participante de un esquema para compartir secretos podría intentar engañar a otros suministrando un fragmento incorrecto durante el proceso de reconstrucción*

---

Una manera de dotar de cierta robustez al esquema de Shamir es además de repartir el secreto original  $k$ , repartir por un procedimiento análogo su cuadrado  $k^2$ . Así, a cada participante se le otorgan los fragmentos  $s_i$  y  $t_i$  correspondientes respectivamente a  $k$  y a  $k^2$ .

En el proceso de reconstrucción, se recuperan ambos secretos  $k_1$  y  $k_2$ . Si todos los participantes son honrados, resulta  $k_1 = k$  y  $k_2 = k^2$ . En caso contrario, con alta probabilidad sucederá que  $k_1 \neq k_2$ , y los participantes deducirán que el secreto  $k$ , reconstruido no es válido. Por otra parte, un participante no puede (salvo casualidad improbable) modificar sus fragmentos  $s_i$  y  $t_i$  de modo que se cumpla la relación  $k_1^2 = k_2$ , sin conocer previamente los fragmentos de  $t-1$  participantes más.

Esta mejora del esquema de Shamir fue introducida por Padró en [Pad96].

Existen otros requisitos de robustez más severos que el anterior que, por ejemplo, consiguen llegar a identificar al participante trámposo a partir de los fragmentos suministrados [Car95]. En general, cuanto más robusto es un esquema para compartir secretos, mayor resulta el tamaño de los fragmentos repartidos a los participantes. En el esquema de Padró, el tamaño de los fragmentos es el doble del tamaño del secreto. Se puede demostrar que este tamaño es casi el mínimo posible [Oga96].

Los esquemas para compartir secretos pueden aparecer como un componente de otros protocolos criptográficos como la generación compartida de firmas digitales o la verificación compartida de la autenticidad de un documento [Soe90, Fra95]. En ambos casos se evita

concentrar toda la responsabilidad de un acto determinado en una única persona.

Otra aplicación de los esquemas para compartir secretos se halla en los sistemas de votación electrónica, en los que la apertura de la urna requiere la reconstrucción de una clave secreta compartida entre los miembros de la mesa electoral.

### 3. SEGURIDAD COMPUTACIONAL VS. INCONDICIONAL

Además de los esquemas para compartir secretos descritos anteriormente y denominados incondicionalmente seguros, existe una versión menos estricta de los mismos, denominados computacionalmente seguros.

Las exigencias de un esquema tal son:

- (1) sólo ciertos conjuntos de participantes autorizados pueden reconstruir el secreto original.
- (2) un conjunto de participantes no autorizado no puede obtener información alguna sobre el secreto original, usando los recursos computacionales actuales.

En este tipo de esquemas se asume la existencia de una función  $f$  unidireccional, es decir, calculable con relativa facilidad y cuya inversa no se puede calcular a partir de los recursos computacionales actuales. Un ejemplo de función unidireccional es la exponenciación  $f(x) = g^x$  en un cuerpo finito.

Por ejemplo, dado el fragmento  $s_i$  entregado a cada participante en un esquema incondicionalmente seguro, podemos publicar  $S_i = f(s_i)$  sin revelar el valor concreto de  $s_i$ . De este modo, si un participante intenta dar un fragmento falso  $s_i^*$ , éste sería inmediatamente detectado dado que  $S_i \neq f(s_i^*)$ .

Los esquemas computacionalmente seguros son, en general, más versátiles que los incondicionalmente seguros dado que permiten añadir dinámicamente participantes sin tener que modificar los fragmentos repartidos, así como reutilizar los fragmentos para compartir un segundo secreto [Cac95, Gho97].

Para las mismas prestaciones, los fragmentos de un esquema computacionalmente seguro tienen menor tamaño que los fragmentos de un esquema incondicionalmente seguro.

Por último, la seguridad computacional demuestra ser suficiente para las aplicaciones prácticas.

### 4. CRIPTOGRAFIA VISUAL

Recientemente se ha introducido una generalización de los esquemas para compartir secretos que se conoce como criptografía visual [Nao94]. En este caso, tanto el

secreto compartido como los fragmentos que se entregan a los participantes son imágenes en blanco y negro. La restricción que se introduce es que en el proceso de reconstrucción los fragmentos se superponen como si fueran transparencias. Es decir, el resultado de superponer dos imágenes es la «OR» lógica punto a punto de ambas, considerando el color negro (opaco) como «1» y el color blanco (transparente) como «0» lógico.

Desde el punto de vista de esquemas para compartir secretos, lo que se hace es descomponer la imagen secreta en un conjunto de bits, cada uno correspondiente a un pixel de la imagen. Cada bit se reparte independientemente de los demás bits de la imagen, de modo que los fragmentos tienen un tamaño fijo de  $m$  bits por pixel original. De este modo, los fragmentos requieren una resolución mayor que la imagen secreta original.

La reconstrucción por superposición de los fragmentos no es exacta pero el ojo humano es capaz de distinguir la imagen original si esta no es excesivamente recargada. La ventaja de este protocolo es que el algoritmo de reconstrucción no requiere realizar cálculo alguno.

## BIBLIOGRAFÍA

- [Bei94] A. BEIMEL Y B. CHOR «Interaction in key distribution schemes» Advances in Cryptology, Crypto '93 444-457(1994)
- [Bla79] G.R. BLAKLEY «Safeguarding cryptographic keys» AFIPS Conference Proceedings 48 313-317(1979)
- [Cac95] C. CACHIN Y C. BOYD «On-line secret sharing» Cryptography and Coding, IMA '96 190-198 (1995)
- [Car95] M. CARPENTIERI «A perfect threshold secret sharing scheme to identify cheaters» Design, Codes and Cryptography 5 183-187(1995)
- [Des88] Y. DESMEDT «Society and group oriented cryptography: A new concept» Advances in Cryptology, Crypto '87 120-127(1988)
- [Fra95] M.K. FRANKLIN Y M.K. REITER «Verifiable signature sharing» Advances in Cryptology, EUROCRYPT '95 50-63 (1995)
- [Gho97] H. GHODSI, J. PIEPRZYK, G.R. CHAUDHRY Y J. SEBERRY «How to prevent cheating in Pinch's scheme» Electronics Letters 33(1997) 1453-1454
- [Nao94] M. NAOR Y A. SHAMIR «Visual cryptography» Advances in Cryptology, EUROCRYPT '94 1-12 (1994)
- [Oga96] W. OGATA Y K. KUROSAWA «Optimum Secret Sharing Scheme Secure against Cheating» Advances in Cryptology, EUROCRYPT '96 200-211(1996)
- [Pad96] C. PADRÓ, G. SÁEZ Y J.L. VILLAR «Detection of cheaters in vector space secret sharing schemes» Proc. of the 1st Int. Conf. on the Theory and Appl. of Cryptology, PRAGOCRYPT'96(1996) 359-369
- [Sha79] A. SHAMIR «How to share a secret» Commun. of the ACM 22 612-613 (1979)
- [Soe90] M. DE SOETE, J.J. QUISQUATER Y K. VEDDER «A signature with shared verification scheme» Advances in Cryptology, Crypto '89 253-262 (1990)

## VENTANA AL CAMPUS

*Inauguramos en este número una sección en la cual trataremos temas relacionados con el Campus.  
Os invitamos a colaborar enviando vuestras sugerencias a la edición de la revista.*

Como ya sabéis, una de las características del Campus Nord de la UPC es la existencia de un centro comercial que está situado entre los edificios C3, C4 y B4. Este hecho, tan habitual en las universidades del resto del mundo, se está reproduciendo en los nuevos campus, como el de la Autónoma y el de la Vall d'Hebron, pero en ninguno de estos casos se ha conseguido una integración urbana como en el caso de La CUP.

Se ofrecen servicios de todo tipo, unos más directamente relacionados con la vida estudiantil (Self Service PoliMenu, la librería técnica Díaz de Santos, cooperativa de papelería Abacus, Cooperativa de Publicaciones del Campus Nord CPET), y otros que nos ayudan a encontrar más cómoda y agradable nuestra estancia en el campus, permitiéndonos ahorrarnos el incómodo trayecto al centro de la ciudad (como puede ser el RACC, una óptica, una peluquería, oficinas bancarias, agencias de viajes, servicio de fotocopias, servicio de limpieza, servicio de mensajería, una tienda de deportes, restaurantes y un quiosco).

La intención de los gestores de La CUP ha sido siempre la de mejorar la calidad de vida en el Campus. Como hemos podido apreciar, no solo nos han acercado los servicios comerciales, sino que también participan en las actividades culturales y sociales, apoyando las iniciativas de los estudiantes, ya sea para realizar fiestas, revistas, congresos, etc. En parte, gracias a ellos se mantiene el espíritu universitario, tan necesario para desconectar de la rutina estudiantil.

La CUP pone a disposición de los estudiantes (que en el fondo somos sus clientes) un despacho a donde podemos acudir siempre que surja cualquier problema con locales de La CUP, o tengamos alguna sugerencia o queja al respecto (recordemos el caso del Nyam-Nyam). Desde aquí os animamos a descubrir lo que La CUP nos ofrece, no sólo sus comercios, sino también su apoyo a nuestras iniciativas.





# IMPLEMENTACIÓN EN JAVA DEL ALGORITMO LR(1)

José Luis Díez Fernández<sup>1</sup>, JosuKa Díaz Labrador<sup>2</sup>, Andoni Eguíluz Morán<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ESIDE - Universidad de Deusto, ENSTB - Telecom Bretagne , <sup>2</sup>ESIDE - Universidad de Deusto  
jldiez@computer.org , josuka@inf.deusto.es , eguiluz@inf.deusto.es

## 1. INTRODUCCIÓN

Para quién ha tenido algún contacto con las computadoras, o aún mejor, con la programación, la palabra **compilador** tiene un sentido claro: sistema informático que permite preparar programas escritos en un cierto lenguaje (denominado fuente, como Pascal, C, C++, Java...) para su ejecución por parte de la computadora. Ello se consigue traduciendo el programa fuente al lenguaje propio de la computadora, el llamado lenguaje máquina, obteniendo un programa objeto que luego se ejecuta.

Si este es efectivamente el interés primigenio de los compiladores (que han posibilitado la existencia de los lenguajes de programación de alto nivel, y por ende, el espectacular desarrollo de la informática desde finales de los 50, sin menoscabar otros aspectos igualmente importantes), no queremos comenzar este artículo sin romper una lanza a favor de la posibilidad de aplicar las técnicas de compilación que se conocen hoy en día en otra clase de problemas, incluso ni siquiera relacionados con la programación.

Un ejemplo de actualidad (más si estás leyendo estas páginas en la computadora) es un cliente de páginas telaraña (web dicen en inglés). Conceptualmente (aunque por supuesto intervienen otros detalles nada desdeñables) un programa de esta clase ha de resolver dos necesidades: un servicio de telecomunicaciones (como es obvio) y una presentación de información. Es en esta segunda necesidad donde el conocimiento de las técnicas de compilación es necesario para quien diseña tal programa: como se sabe, las páginas telaraña han de escribirse observando las normas de un cierto lenguaje, llamado HTML, y el cliente telaraña ha de analizar las páginas (del mismo modo que un compilador de C analiza la información contenida en un programa C), para después ofrecer una visualización de las mismas (tarea equiparable a la generación del programa ejecutable que ha de realizar el compilador de C). Este último aspecto tiene características ciertamente diferentes en uno y otro ejemplo, pero la tarea de analizar y verificar la información de entrada (página telaraña o programa C) se resuelve aplicando exactamente la misma clase de técnicas y metodologías.

En definitiva, la clave está en la palabra *lenguaje*. Siempre que exista una información «codificada» mediante una notación particular, con unas características

«complejas» en cuanto a léxico (unidades mínimas de información), sintaxis (estructura de los elementos que se concatenan) y semántica (relaciones adicionales entre unos elementos y otros), hay muchas probabilidades de que las técnicas de compilación puedan aplicarse para la solución de problemas en los que interviene esa información como entrada. Por ello, los términos *traductor* o *procesador de lenguaje* son muy adecuados como generalización del concepto de compilador (si bien es cierto que no hasta el punto de aplicarse a los lenguajes llamados naturales, como el castellano, inglés, etc.: son «demasiado complejos»). Y lo cierto es que en numerosos campos (Internet es uno especialmente relevante) están surgiendo notaciones, protocolos, formalizaciones... que al fin y al cabo, no son otra cosa que lenguajes en el sentido explicado, y que plantean problemas que muy bien podrían resolverse con algunos de los métodos de construcción de compiladores.

*El punto de partida del proyecto es crear un sistema basado en páginas telaraña como apoyo o complemento de las llamadas 'herramientas de generación de compiladores'*

---

El problema que particularmente planteamos en este artículo trata de una cuestión técnica relacionada con la construcción de compiladores (ya sea para traducir un lenguaje de programación, o para aplicar a uno de esos problemas más generales que hemos comentado), y es el punto de partida de un proyecto más ambicioso: crear un sistema basado en páginas telaraña (con programas Java) como apoyo o complemento de las llamadas *herramientas de generación de compiladores*, que permiten la construcción automática de ciertas partes de un compilador a partir de descripciones formales del lenguaje fuente (para los ya iniciados, a partir de expresiones regulares, gramáticas independientes del contexto, etc.). Justamente estas partes son las que han de construirse en la solución de esos problemas más generales comentados en los párrafos anteriores (de ahí que nos hayamos extendido tanto en ello,

y una de las razones por las que nos interesa este proyecto).

*Una de las fases fundamentales de un compilador o traductor es el 'análisis sintáctico': el compilador ha de construir el árbol que refleja la estructura jerárquica de los diferentes elementos del programa fuente*

---

Más en concreto, entendemos que el sistema que pretendemos construir cumple varios objetivos:

\* Primero, servir de apoyo en la docencia de las asignaturas de compilación: la universalización del sistema telaraña (junto con el lenguaje Java) posibilita también la seguridad de que el material que aporta el profesor va a llegar a todos sus alumnos; antes, diversos detalles «técnicos» podían llegar a impedir seriamente esa comunicación (por ejemplo, para programas como las herramientas mencionadas). Por otro lado, se hace posible la presentación y uso del material de un modo dinámico, en el lugar y momento elegido por el usuario, sin necesidad de depender de otros aspectos (como la existencia de un laboratorio específico).

\* Segundo, resultar de utilidad a los estudiantes y profesionales que trabajan con dichas herramientas de generación de compiladores. No deseamos construir un sustituto para las ya existentes, sino un complemento para las mismas. Por ejemplo, estas herramientas pueden verse como metalenguajes, pero su uso es similar al de un lenguaje de programación: se ha de editar un programa, luego se compila, se evalúa, etc., con lo que se aplica prácticamente todo el ciclo de la programación. Sin embargo, no existen «entornos integrados» orientados al desarrollo, como se encuentran actualmente para la mayoría de lenguajes y plataformas. En ese sentido, entendemos el sistema como una especie de entorno de tal clase, que permita la rápida solución de problemas ofreciendo el máximo de información, y cuyo paso final sea la aplicación de la herramienta clásica, pero con la seguridad de la corrección del resultado obtenido. Y una vez más, al estar construido sobre el sistema telaraña asegurará una disponibilidad prácticamente universal.

La faceta elegida para comprobar la factibilidad del proyecto y estudiar cuáles han de ser las características del sistema a construir ha sido la implementación del algoritmo LR(1). Quizá, para los profanos, el tema a partir de aquí se vuelva especializado en demasía (si no lo ha sido ya, lo cual lamentaríamos), pero intentaremos describir someramente las ideas principales en la siguiente sección

de este artículo. Después se darán unas explicaciones sobre los detalles de la implementación, y finalmente, las direcciones en que puede utilizarse.

## 2. EL ALGORITMO LR(1)

Una de las fases fundamentales de un compilador o traductor es el *análisis sintáctico*: el compilador ha de construir el árbol que refleja la estructura jerárquica de los diferentes elementos del programa fuente. El formalismo matemático que describe la sintaxis se llama *gramática independiente del contexto* (a partir de los estudios de Chomsky; ver [1]), que básicamente consta de *reglas sintácticas*. Una de las técnicas principales de diseño de un analizador sintáctico (o en inglés, *parser*) se conoce como *técnica ascendente*, porque construye el árbol desde las hojas (la entrada o programa fuente) hacia la raíz (el objetivo). Los detalles se encuentran en cualquier texto de compiladores, entre los que citamos [1], [5] y [6].

En la técnica ascendente, se va leyendo el programa o texto fuente símbolo a símbolo (operación que se denomina *desplazamiento*), y se van tratando de aplicar las reglas sintácticas según es posible (tarea que se llama *reducción*). El analizador sintáctico tiene que disponer del «conocimiento» necesario para poder decidir en cada momento cuándo debe realizarse un desplazamiento y cuándo una reducción. Este conocimiento es en la práctica una tabla, denominada *tabla de acciones*, que recoge todas las situaciones posibles según el *estado* de análisis sintáctico y el símbolo de la entrada.

Existen diversos algoritmos para el cálculo de tal tabla a partir de la gramática que describe la estructura sintáctica de un cierto lenguaje. Históricamente, el primero es justamente el algoritmo LR(1), obtenido por Knuth (1965) [8]. A su vez, DeRemer (1971) [2] propuso variaciones de este algoritmo, llamadas SLR(1) y LALR(1), pero con pasos realmente muy similares (esto es, una vez implementado uno de ellos, la consecución de los demás resulta más sencilla). Se considera que es el algoritmo LALR(1) el más adecuado, pues lleva a unas tablas que pueden ser significativamente menores que con la técnica LR(1), aunque también es cierto que esporádicamente puede conducir a problemas que con LR(1) no se producen. Por ser el que más cálculo precisa de los tres mencionados (y debido a que nuestro objetivo principal es evaluar, como se ha dicho, el interés y factibilidad del proyecto), se ha elegido el algoritmo original de Knuth.

Por supuesto, el hecho de que la tabla de acciones pueda obtenerse algorítmicamente a partir de la gramática es el que posibilita la existencia de las herramientas de generación de compiladores mencionadas en la introducción y también de nuestro sistema, obviamente. Las más utilizadas son yacc (Johnson 1975) [7] y bison (Donelly y Stallman 1995) [4]. Por otro lado, es solo gracias a ellas que pueden obtenerse los analizadores sintácticos descritos: téngase en cuenta que una tabla de acciones para un lenguaje como Pascal puede llegar a tener del orden de 300



estados distintos (según las técnicas óptimas a este respecto), siendo el número de símbolos de alrededor de 30. Ni que decir tiene que es imposible en la práctica llevar a cabo la construcción de la tabla «con lápiz y papel», por mucho que el algoritmo no sea, incluso podríamos decir, demasiado complejo.

### 3. UN ENTORNO DE DESARROLLO PARA LAS HERRAMIENTAS DE GENERACIÓN DE COMPILADORES

Un usuario de herramientas como `yacc` o `bison` escribe un «programa», que no es otra cosa que la gramática que describe el lenguaje a procesar por el futuro compilador o traductor. Como salida, obtendrá el analizador sintáctico: en una herramienta clásica como las mencionadas, la forma de la salida es un programa escrito en C (ambas utilidades se originaron alrededor del sistema UNIX), y esa es precisamente una de sus mayores ventajas. En efecto, un compilador o traductor, al fin y al cabo, debe ser también un programa, que alguien ha de escribir. Pues bien, las utilidades mencionadas no solo permiten calcular propiamente las tablas que gobernarán el análisis sintáctico, sino que les resulta igual de sencillo crear estructuras de datos para dichas tablas y generar los programas (hemos dicho C como podríamos haber dicho cualquier otro lenguaje, lo que ocurre que la mayoría de versiones usa tal lenguaje) que las manejan y realizan en definitiva el análisis sintáctico.

En nuestro sistema, pese a lo dicho, de momento nos interesa más la faceta de obtención de las tablas que su implementación final en este o aquel lenguaje (para ello, confiamos plenamente en `yacc` o `bison`, que serían el punto final de uso de nuestra herramienta). Pretendemos ofrecer toda la información posible al usuario, en su forma matemática o formal, para que pueda examinarla de un modo más adecuado, sacando partido de las posibilidades de visualización existentes en la actualidad. Entonces, podrá detectar posibles puntos de mejora, resolver situaciones problemáticas (el algoritmo puede aplicarse a cualquier gramática independiente del contexto, pero no siempre se obtiene una solución determinista: en tal caso es cuando el diseñador del compilador ha de echar mano de todo su conocimiento y experiencia para intentar resolver el problema sin modificar la gramática, tarea para la que, de momento, no parece existir un algoritmo, dicho sea más bien jocosamente), etc. En definitiva, nuestra pretensión es aplicar los modernos sistemas de comunicación entre la persona y la máquina (para los cuales el sistema telaraña resulta ser una infraestructura inmejorable de puesta en práctica), con la creencia de que redundará en una mayor facilidad y seguridad en la solución de la clase de problemas expuestos.

Después de haber construido un primer (aunque probablemente demasiado simple) boceto de cómo ha de ser una utilidad como la que proponemos (que se describe en la siguiente sección), nos encontramos en estos mo-

mentos en la fase de especificación definitiva de la misma. La experiencia nos ha servido principalmente para entrar en contacto con los detalles de uso de la plataforma telaraña (limitaciones del lenguaje HTML y de la interfaz de usuario, adecuación de Java para la programación, etc.), detalles que son lógicamente de gran importancia para la resolución práctica de las especificaciones que se propongan.

### 4. IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO LR(1)

Si en determinada ocasión el lector (por razones de estudio o de ampliación de conocimientos) se ha visto involucrado en la generación «manual» de la tabla de acciones producida por el algoritmo LR(1), es casi seguro que a su finalización haya percibido cierta sensación de inseguridad en el resultado obtenido: el algoritmo es más bien simple, pero también es muy fácil equivocarse en algún símbolo. Afortunadamente la próxima vez que quiera analizar la tabla que genera su gramática favorita ya no deberá coger un lápiz y uno (o muchos) papeles sino que abrirá su paginador favorito para examinar:

<http://www-eleves.enst-bretagne.fr/~jldiez/lr1-1.html6>  
<http://www.deusto.es/~josuka/lr1-1.html>

La idea es sencilla: crear una base de clases Java para poder producir un complejo sistema de ayuda a la generación de compiladores. El algoritmo LR(1) ha sido elegido como punto de partida, no por la complejidad de su aplicación, sino debido a la gran cantidad de información que produce (y maneja internamente). JavaParser está listo para generar la colección LR(1) para cualquier gramática introducida por el usuario, concentrándose en dos aspectos fundamentales: realizar un informe detallado del resultado del algoritmo, y por otro lado detectar e informar de todos los errores que se produzcan al definir la gramática por parte del usuario.

*Existen diversos algoritmos  
para el cálculo de tal tabla a  
partir de la gramática que  
describe la estructura  
sintáctica de un cierto  
lenguaje. Históricamente, el  
primer es justamente el  
algoritmo LR(1)*

---

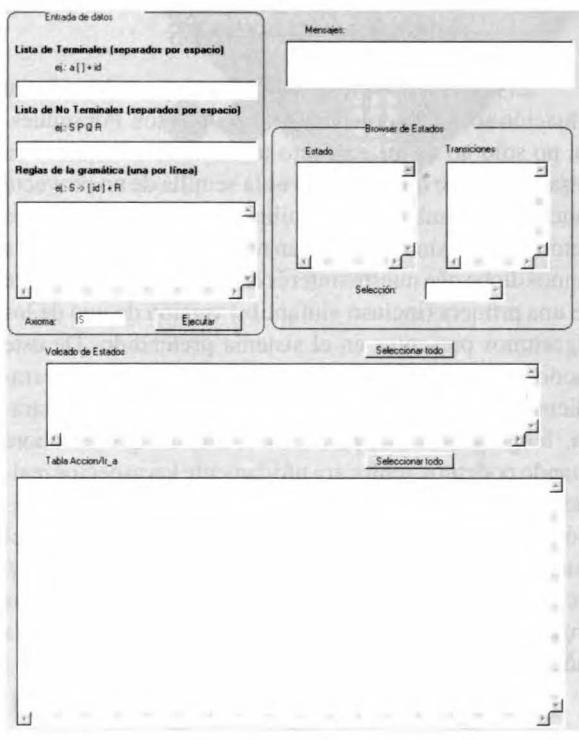
---

A la pregunta ¿por qué Java? se nos ocurren dos respuestas. La primera es clara: no puede haber forma más cómoda de ejecutar esta aplicación que mediante una página telaraña (la alternativa de los programas CGI no

tiene la universalidad que proporciona Java en estos momentos); cualquier alumno, por ejemplo, podrá tener disponible el generador para consultar cualquier gramática en cualquier momento. Por otro lado, al ser Java un lenguaje orientado a objetos puro, se nos antoja como la plataforma ideal de programación donde diseñar objetos que se asemejen a los que existen en la misma Teoría de Compiladores.

## 4.1 El interface

El *applet* (o subprograma Java) ante el que nos encontramos presenta tres zonas muy determinadas. Su interfaz presenta el siguiente aspecto:



La zona de «Entrada de datos» dispone de cuatro áreas de texto para introducir la definición de reglas. El botón «Ejecutar» provoca la ejecución del algoritmo, que proporciona diversa información en otras zonas. La de nombre «Mensajes» nos dará información detallada de cómo se han realizado las fases de la ejecución del método LR(1). Se nos informará de todos los errores que haya cometido el usuario, así como si ha sido correcta la introducción de los datos, la generación de la colección y la tabla.

El resultado que propiamente interesa al diseñador del analizador sintático será visualizado de diversas formas para que el usuario lo pueda consultar de la manera que prefiera. Por un lado está el denominado «Browser de estados» con el que se podrán consultar de manera cómoda todos los estados generados, y las relaciones que hay entre los mismos (las llamadas «Transiciones», que conforman realmente una tabla que debe incluirse en el *parser* final). Por otro lado, las zonas de «Volcado»: una de estados (donde en realidad se recoge toda la información del

browser de estados, en forma continua), y otra con la «Tabla de acciones y transiciones», que es el «motor» verdadero del *parser* que se intenta conseguir (objetivo último del algoritmo, en definitiva). Estas zonas están especialmente diseñadas para poder ser cortadas y pegadas en un editor de textos convencional.

## 4.2 Introduciendo una gramática

Para introducir una gramática correctamente hay que llenar las cuatro zonas dispuestas para ello:

**Zona de entrada de Terminales:** en esta zona se deben introducir todos los terminales que la gramática use para que el programa los identifique como tales. El modo de inserción de esta lista es introduciendo toda la lista de no terminales *separadas por al menos un espacio*. Posteriormente el analizador se encargará de desechar (generando un aviso) aquellos caracteres no permitidos o incluso detectar si se ha introducido por error varias veces el mismo terminal. No se considerará error la introducción de los caracteres «#» (que representa la llamada cadena vacía) o «\$» (que se usa internamente para el concepto de «fin de programa»), pero se aconseja que no se introduzcan debido a que la gramática subsiguiente carecería del sentido pretendido; tales símbolos deben tomarse entonces como una especie de «palabras reservadas».

Ejemplo: int id - + [ ]

**Zona de entrada de No Terminales:** en esta zona se deben introducir de forma análoga a la anterior la lista de No Terminales de la gramática. También se desecharán aquellos símbolos insertados varias veces pero se producirá un error si introducimos un símbolo que estaba definido previamente como Terminal.

Ejemplo: S E G Variable

**Zona de entrada de Reglas:** esta es sin duda la parte más crítica de la introducción de datos. Se deberá introducir cada regla de la gramática en una línea independiente (de momento, no se permite dar varias partes derechas para una misma parte izquierda, como en BNF). En cuanto al formato, es de la forma:

$E \rightarrow E + R$

Además debemos tener en cuenta que todos los símbolos deben estar separados por espacios y por supuesto, que dichos símbolos deben haber sido definidos previamente o el analizador se quejará. Pero no todo es malo; podemos al igual que antes dejar cualquier número de espacios entre símbolos e incluso dejar líneas en blanco entre reglas. El analizador, por otra parte, numerará las reglas *exactamente* en el mismo orden en el que están insertadas. Por último, el analizador se encargará de evitar errores y la inserción de una misma regla repetida hará que este la pase por alto.

Ejemplos:

S -> R = R

R -> a

R -> a [ R ]

R -> # (para la regla vacía)

**Zona de entrada del axioma:** en el cuadro dispuesto para esto se debe introducir el axioma, que por supuesto, habrá tenido que ser declarado como No Terminal previamente. El nombre de axioma por defecto es S.

### 4.3 Analizando la gramática y detectando errores

El proceso de lectura de gramáticas posee un mini-analizador léxico y sintáctico que se encarga de cuatro aspectos fundamentalmente:

1. Definir claramente la manera de introducir la gramática.
2. Evitar que el usuario cometa errores en la introducción de la misma
3. Informar de todos los errores en la gramática descrita.
4. Corregir inteligentemente los errores no fatales.

Como ya hemos visto previamente, el analizador genera avisos o errores fatales dependiendo del error en la inserción de la gramática por parte del usuario. Una vez que se acepte la gramática se enumeran los estados por el orden de introducción.

El proceso de análisis desemboca en el informe del resultado del proceso dentro de la ventana de mensajes del interface. Si el analizador no encuentra errores fatales en la inserción de la gramática se nos informará dentro del cuadro de mensajes y se procederá en este instante a la ejecución del método con los datos insertados. Si por el contrario se han encontrado errores de este tipo, el analizador informará de los mismos y detendrá su proceso en la línea que los haya producido.

### 4.4 Ejecución del algoritmo y salida de resultados

Si la gramática que se ha introducido es correcta, el programa generará la colección LR(1) que ella produce. La salida se centra en dos partes:

**Browser de Estados.** Mediante esta parte del interface podremos navegar por todos los estados que el algoritmo LR(1) haya generado. Para ello debemos elegir el estado que queremos visualizar en la casilla de selección. Podemos elegir un estado de los que se nos muestran al desplegar dicha casilla o si lo preferimos podemos utilizar los cursores para ir visitando los estados secuencialmente.

En la parte izquierda del browser podremos ver los elementos con el «punto» que representa la situación de

análisis, y en la parte derecha veremos las transiciones que desde dicho estado salen hacia otro estado generado.

**Zona de volcados.** El programa genera dos volcados completos con toda la información de la colección generada. Estos dos cuadros poseen la cualidad de poderse *cortar* y *pegar* en cualquier editor de textos como el propio bloc de notas de Windows; para ello, solo ha de pulsarse el botón que aparece junto a las ventanas, que selecciona todo el texto que contengan. Esta cualidad lo hacen especialmente atractivos para poder llevar los resultados a otro documento y poderlos archivar o imprimir, no teniendo que visitar la página telaraña cada vez que queramos hacer una consulta para la misma gramática.

## 5. CONCLUSIONES

El sistema que presentamos es muy modesto en su situación actual, y adolece de graves defectos. Por supuesto, no solo no es un producto terminado, ni siquiera en desarrollo, sino que más bien es la semilla de un proyecto mucho más ambicioso, semilla en la que a propósito hemos dejado sin resolver gran número de cuestiones. Ya hemos dicho que nuestro interés era disponer rápidamente de una primera (incluso «infantil») versión de uno de los algoritmos presentes en el sistema pretendido. De este modo, tenemos más claras las ideas acerca de las herramientas con que vamos a trabajar (esto es, páginas telaraña, lenguaje Java, *applets*, etc.), con lo que es ahora cuando podemos «enfocar» nítidamente los aspectos realmente de interés en el problema: las técnicas de compilación, la especificación de la interface, la interacción con el usuario, el comportamiento temporal y espacial del *applet*, etc. Esperamos que nuestro trabajo fructifique en los próximos meses y podamos ofreceros una herramienta mucho más completa.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] AHO, A.V.; Sethi, R.; ULLMAN, J.D. [1986] Compilers: Principles, Techniques, and Tools, Addison-Wesley, Reading, MA.
- [2] DE REMER, F. [1971] «Simple LR(k) grammars», Communications of the ACM, 14, 7, 453-460.
- [3] DÍAZ, JOSUKA [1994] Teoría de autómatas y lenguajes formales, Universidad de Deusto.
- [4] DONELLY, C.; STALLMAN, R. [1995] Bison: the YACC-compatible Parser Generator, Free Software Foundation, Boston, MA.
- [5] EGUILUZ, ANDONI; DÍAZ, JOSUKA [1995] Compiladores, Universidad de Deusto.
- [6] FISCHER, C.N.; LeBLANC, R.J. [1988] Crafting a Compiler, Benjamin/Cummings, Redwood City, CA.
- [7] JOHNSON, S.C. [1975] «Yacc - yet another compiler compiler», Comp. Sci. Tech. Report 32, AT&T Bell Lab., Murray Hill, NJ.
- [8] KNUTH, D. [1965] «On the translation of languages from left to right», Information and Control, 8, 6, 607-639.