

# REGISTRO, ALMACENAMIENTO Y ACCESO SIMULTÁNEO DE VÍDEO STREAMING SOBRE PROTOCOLO UDP. EL SISTEMA MRECIPTV DE LA UNIVERSITAT POMPEU FABRA

Frederic Guerrero-Solé e Hibai López-González



**Frederic Guerrero-Solé** es licenciado en física, postgraduado en *e-commerce* por el idEC y doctor en comunicación pública por la *Universitat Pompeu Fabra (UPF)*, en cuyo departamento de comunicación ejerce actualmente como profesor ayudante. Es miembro del grupo de investigación *Unica* de la misma universidad, en el que ha participado en los proyectos *Televisión y deliberación política* y otros de análisis de campañas electorales. Delegado del director del departamento de las TIC para la investigación. Anteriormente ha sido jefe del departamento de TIC de *EADS Telecom*, y jefe de proyectos en *AGM* e *Ingram Micro*.

*Universitat Pompeu Fabra*  
Roc Boronat, 138. Desp. 53.808  
08018 Barcelona  
[frederic.guerrero@upf.edu](mailto:frederic.guerrero@upf.edu)



**Hibai López-González** es licenciado en comunicación audiovisual por la *Universidad del País Vasco*. Trabaja como investigador en la *Universitat Pompeu Fabra (UPF)* de Barcelona en donde imparte docencia en el grado de publicidad y relaciones públicas en el ámbito de los análisis del discurso. Forma parte del grupo de investigación *Unica* de dicha universidad y ha trabajado como analista para el proyecto de investigación *Televisión y deliberación política*.

*Universitat Pompeu Fabra*  
Roc Boronat, 138. Desp. 53.810  
08018 Barcelona  
[hibai.lopez@upf.edu](mailto:hibai.lopez@upf.edu)

## Resumen

Los investigadores en comunicación se encuentran a menudo con la necesidad de registrar y almacenar gran cantidad de contenido audiovisual. Hasta ahora, en el *Departamento de Comunicación* de la *Universitat Pompeu Fabra* de Barcelona este proceso se realizaba de manera analógica y manual. Tras la instalación de una plataforma de distribución de la señal digital de televisión sobre IP (IPTV) a la red interna, el *Departamento* ha diseñado el sistema *MRecIPTV* que permite su registro, almacenamiento y acceso simultáneo. Esta solución ha transformado la manera de trabajar de los investigadores, simplificando la recogida y el análisis de las muestras. Además, *MRecIPTV* ha permitido la creación de un patrimonio documental para futuras investigaciones.

## Palabras clave

Archivo audiovisual, Tecnología, Documentación, Televisión digital, IPTV, Protocolo UDP, Proyectos de investigación.

**Title: Recording, storage, and simultaneous access to video streaming over UDP protocol. The MRecIPTV system in the *Universitat Pompeu Fabra***

## Abstract

Media researchers frequently need to record and store a huge amount of media content. Until recently, the *Department of Communication* at the *Pompeu Fabra University* in Barcelona handled this problem in an old-fashioned analog and manual way. After migration to iptv, the department designed the *MRecIPTV* software to record, store and access digital media content. This solution has transformed the way researchers work, simplifying data collection and analysis. Moreover, *MRecIPTV* has allowed the creation of a documentary heritage for future research.

## Keywords

Media files, Technology, Documentation, Digital television, IPTV, UDP protocol, Research projects.

**Guerrero-Solé, Frederic; López-González, Hibai.** "Registro, almacenamiento y acceso simultáneo de video streaming sobre protocolo UDP. El sistema *MRecIPTV* de la *Universitat Pompeu Fabra*". *El profesional de la información*, 2012, enero-febrero, v. 21, n. 1, pp. 98-103.

<http://dx.doi.org/10.3145/epi.2012.ene.13>

Artículo recibido el 22-11-11  
Aceptación definitiva: 13-12-11

## Introducción

Una de las mayores dificultades que afrontan actualmente los proyectos de comunicación audiovisual que analizan las programaciones televisivas son la grabación, la documentación y el acceso a las muestras audiovisuales para la investigación. Los métodos tradicionales de grabación en formato analógico han quedado obsoletos y, además, dificultan el acceso a las muestras. La televisión sobre IP (*internet protocol TV* o IPTV), que está experimentando un amplio desarrollo desde inicios de siglo (Benoit, 2008; López-Yepes; Sánchez-Jiménez, 2007), permite no sólo el acceso de los usuarios a los contenidos mediante un navegador, sino que posibilita la grabación y catalogación de las muestras televisivas. Aunque en el mercado existe un gran número de softwares para la grabación de contenidos televisivos, en muchos casos tienen precios elevados y no se adecuan a los requisitos de las investigaciones.

El registro analógico de contenido audiovisual es actualmente inviable y se hace necesario migrar a sistemas digitales de mayor versatilidad

## Dificultades de registro, difusión y acceso a las muestras audiovisuales

El Departamento de comunicación de la Universitat Pompeu Fabra (UPF) tiene un amplio historial en análisis televisivos. De forma periódica realiza estudios sobre contenidos de la programación y sobre campañas electorales que requieren la grabación multicanal (varios canales a la vez) durante períodos de hasta 4 semanas. Antes de la digitalización de la señal audiovisual y de la implementación de la tecnología IPTV, la recolección de las muestras audiovisuales para los proyectos suponía un desafío para los equipos investigadores. Según el procedimiento estándar, los miembros del equipo se repartían los canales y realizaban las copias de forma manual en equipos de grabación analógicos (primero cinta VHS, posteriormente DVD). Este procedimiento planteaba diversos problemas:

- los investigadores debían programar sus equipos o bien realizar las copias manualmente;
- cada investigador sólo podía realizar una copia, por lo que en los casos en los que era necesario grabar ocho canales, otros tantos investigadores debían realizar el proceso;
- el gran número de errores que se producía en las grabaciones dificultaba poder disponer de las muestras íntegras;
- la duplicación de los contenidos era compleja. En algunos casos se digitalizaban, un proceso que según Spence (2002) es imprescindible ante la inminente obsolescencia de la tecnología analógica, pero que resultaba extremadamente largo en el caso de muestras voluminosas;
- finalmente, estaba el problema del espacio físico que ocupaban las cajas de cintas VHS y los DVD, y su correcta conservación.

Aunque en los últimos períodos de recepción de la señal analógica se dispuso de un software de grabación (*AVerMe-*

*dia*) que almacenaba los contenidos en formato digital, el hecho de que fuera monocanal y funcionara en un número reducido de equipos hizo que continuaran existiendo las dificultades mencionadas.

## MRecIPTV, la solución a medida

La necesidad de una sistematización de los procesos de registro de las muestras surgió a raíz de la aceptación del proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación: *Televisión y deliberación política*. El proyecto analizaba los programas de *infotainment* y los noticiarios de ocho canales de televisión españoles durante dos semanas del año 2010. En total la muestra era de aproximadamente 1.000 horas de televisión. Se descartó el proceso de grabación que se había utilizado hasta entonces, por lo que en consecuencia era necesario implementar un nuevo método de obtención de las muestras y la elaboración o adquisición de un sistema informático que realizara las grabaciones.

A partir de 2010 la recogida de muestras en la UPF dejó de ser analógica y pasó a sistematizarse utilizando la nueva red de transmisión de la señal digital de televisión sobre IP. La nueva infraestructura *IP multicast* –envío simultáneo de información a un grupo de receptores utilizando la estrategia más eficiente para entregar los mensajes sólo una vez, creando copias cuando las conexiones a los destinos se dividen (Bernier et al., 2007)–, permite el acceso a la televisión en directo desde cualquier ordenador conectado a la red del campus. Según Simpson (2008, p. 254), las ventajas del *multicast* frente al *unicast* son:

- reduce el ancho de banda requerido;
- las fuentes del vídeo son sencillas;
- permite vídeo de altísima calidad;
- escalabilidad.

La arquitectura del servicio está compuesta por una cabecera IPTV emisora de los canales, y por la red que transmite la señal de televisión a los ordenadores mediante protocolo *UDP (user datagram protocol)* (Postel, 1980), un protocolo extendido en los servicios multimedia en tiempo real en internet (Zheng; Boyce, 2001) y con resultados satisfactorios en el caso de *media streaming* (Treutterer et al., 2010). Para visualizar el contenido cada ordenador debe disponer del programa *VLC Media player* y de un navegador con el que escoger entre los diferentes canales disponibles mediante enlaces m3u.

El investigador es autónomo en la programación de las copias de *media stream*, y puede realizar análisis con mayor flexibilidad gracias a la posibilidad de copias personales y acceso remoto vía VPN

A pesar de la evidente mejora en la recepción de los contenidos, la cuestión de la grabación, la documentación y el acceso a las muestras plantea muchos problemas. Se descartó la compra de software por su inviabilidad económica (la so-

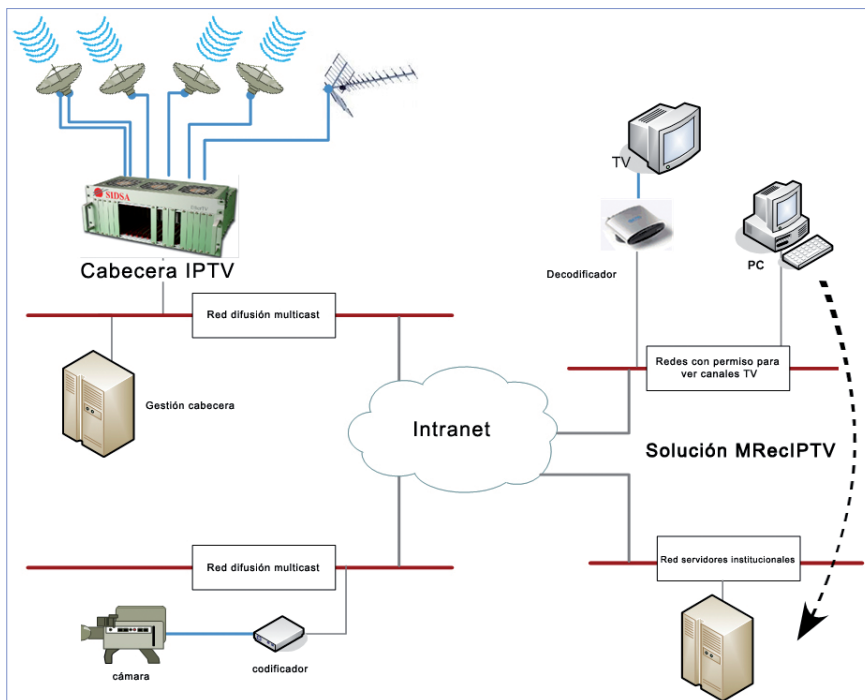


Figura 1. Arquitectura del servicio IPTV

lución *Scriptor multirecorder*, por ejemplo, ascendía a unos 50.000€, y por no responder a las necesidades concretas de las investigaciones. Se procedió, pues, a la elaboración de un sistema a medida y de bajo coste que satisficiera estas necesidades.

### Experimentando el sistema MRecIPTV

La solución, a la que se ha llamado *MRecIPTV*, está basada en ejecutables que lanzan la aplicación *VLC Media player* en los ordenadores de los usuarios y crean archivos en formato Mpeg-2. Estos ejecutables están programados con un código sencillo que cualquier usuario puede modificar<sup>2</sup>. Hay un ejecutable para cada uno de los canales de la muestra (*MRecIPTV\_TV3* y *MRecIPTV\_TVE*, por ejemplo, para los casos de los canales TV3 y TVE), y otro ejecutable que detiene la grabación (*MRecKillIPTV*).



Figura 2. Archivos de ejecución de MRecIPTV

Este código permite designar:

- los archivos (con la estructura estándar *nombre-canal\_fecha-registro\_hora-inicio.mpg*);
- ubicación;
- dirección *UDP* que designa el canal que se desea registrar;
- codecs y calidad de vídeo;
- codecs y calidad de audio.

En el caso de que los investigadores quieran programar registros de canales que no están en el sistema *MRecIPTV*, tienen acceso a las direcciones *UDP* de todos los canales disponibles a través de una página de la intranet institucional (figura 2).

El modo de proceder de los investigadores debe ser el siguiente:

- identificar los canales que formarán parte de la muestra;
- comprobar que dichos canales son accesibles desde la Red;
- identificar los intervalos de programación a grabar;
- determinar la ubicación de los archivos resultantes;
- determinar los parámetros de grabación (codecs y calidad);
- programar las grabaciones.

“ Las muestras audiovisuales pasan a formar parte del archivo histórico del Departamento y podrán servir en futuras investigaciones comparativas ”

### Transformaciones de las rutinas de investigación

Si la digitalización afecta a la cadena de valor de las industrias audiovisuales (**Agirreazaldegui-Berriozabal, 2007; Fernández-Quijada, 2008**), de la misma manera la recepción de los contenidos audiovisuales en formato digital afecta a todo el proceso de investigación audiovisual. La digitalización de la señal de televisión y el almacenamiento de los contenidos de *media stream* han transformado las rutinas de los investigadores en el análisis de los contenidos audiovisuales. Se ha pasado de las copias analógicas, de complicado acceso, catalogación y tareas de duplicado, a archivos digitales a los que pueden acceder todos los investigadores. Entre las ventajas que ofrece la solución *MRecIPTV* están:

- *Grabación multicanal simultánea*: Cada ordenador puede grabar simultáneamente un número ilimitado de

canales, aunque para conservar la calidad del vídeo y evitar archivos corruptos es preferible que no supere los 4 canales simultáneos. Es aconsejable que los archivos tampoco superen los 4 gigabytes, de lo contrario, *VLC Media player* puede interpretarlos como archivos corruptos y no los visualiza. La grabación también puede realizarse desde un servidor, por lo que el número de canales que pueden grabarse simultáneamente es mucho mayor.

– **Registro manual y automático:** *MRecIPTV* puede utilizarse de forma manual o programada. La ejecución manual permite que cualquier investigador que tenga instalada la aplicación pueda grabar contenidos. Esta opción requiere que el usuario sea el que lleve a cabo la grabación de los canales, y que sea él mismo quien decida en qué unidad quiere grabar los contenidos y cuándo quiere detener el registro.

Para la grabación automática puede utilizarse *Tareas programadas* de *Windows* (o cualquier otro software de programación de tareas disponible gratuitamente en internet) y reproducir una parrilla de programación televisiva o intervalos específicos por cada canal. Por ejemplo, si se desea grabar el informativo de *TVE*, se programará *MRecIPTV\_TVE* (ejecutable con la *UDP* de *Televisión española*) a las 21 horas y el programa *MKIIIPTV* a las 22:15. Lo mismo puede hacerse con el resto de los programas del mismo canal, y con todos los programas del resto de los 60 canales de televisión accesibles mediante la red IP.

– **Economía de recursos:** El sistema *MRecIPTV* no requiere servidores de alta capacidad o equipos dedicados. Cualquier ordenador personal puede servir como equipo de grabación. El investigador puede trabajar con su ordenador simultáneamente al proceso de registro, comprobar su estado y visionar el contenido en tiempo real.

– **Deslocalización:** Varios ordenadores pueden estar grabando los mismos canales simultáneamente. La deslocalización de las grabaciones y las operaciones de respaldo permiten garantizar que si por algún motivo uno de los equipos no realiza la grabación, se dispone de otras grabaciones para asegurar la muestra.

– **Catalogación:** *MRecIPTV* puede crear los directorios y subdirectorios en los que se grabará y asignar a los archivos un nombre compuesto por el nombre del canal grabado, la fecha y la hora de inicio de la grabación. La denominación de los archivos es estándar, por lo que pueden ser catalogados y referenciados unívocamente en las bases de datos de los análisis.

– **Conservación y duplicación:** Los registros audiovisuales pueden grabarse en los discos duros de los usuarios o en unidades de red a las que el usuario esté conectado, e incluso realizar ambas acciones creando un ejecutable *MRecIPTV\_local* y otro *MRecIPTV\_red*. Las copias en las unidades de red son accesibles a todos los investigadores del proyecto. No hay ningún inconveniente en que todos los investigadores tengan acceso simultáneo al mismo archivo gracias al ancho de banda de la red interna de la *Universidad*.

– **Movilidad:** Los investigadores pueden hacer copias personales en dispositivos móviles, lo que les permite la realización de los análisis desde cualquier ubicación y ordenador, con la única condición de que el equipo tenga instalado el

software *VLC Media player* u otro que reproduzca archivos audiovisuales con extensión *mpg*. Además, los usuarios autenticados pueden acceder remotamente a los archivos utilizando la red privada virtual (VPN) de la *UPF*.

– **Creación de archivo digital:** Los archivos digitales son conservados y pasan a formar parte del patrimonio documental y de la memoria audiovisual del *Departamento de Comunicación*. Son y serán accesibles en cualquier momento y podrán ser utilizados para estudios comparativos más adelante. Esto significa un salto cualitativo respecto a las investigaciones anteriores, en las que resultaba muy costoso encontrar los contenidos de años anteriores de todos los canales de la muestra.

– **Edición:** Los contenidos son de altísima calidad y fácilmente editables y convertibles a cualquier estándar de vídeo. Los investigadores pueden seleccionar los fragmentos a analizar y adaptar el formato y la calidad del vídeo a las necesidades de su investigación.

– **Usabilidad:** *MRecIPTV* es un sistema que cualquier usuario con unos conocimientos informáticos mínimos puede utilizar.

Sin embargo, la solución también plantea problemas por depender de la recepción de la señal audiovisual desde la cabecera IP de la red. En algunas ocasiones el mal funcionamiento de dicha cabecera o de la estructura de recepción y transporte de la señal ha ocasionado la pérdida de una parte de la muestra, lo que ha obligado a rediseñar los intervalos de grabación.

“ El coste de la solución es prácticamente nulo y permite ahorrar en los presupuestos de los proyectos de investigación ”

### Acceso a través del navegador

En el caso del proyecto de investigación de la *UPF Televisión y deliberación política*, las grabaciones han sido editadas y, posteriormente, se han creado páginas web para el acceso a los fragmentos. En el diseño de la *interface* se ha apostado por la sencillez y la usabilidad. Ésta permite navegar de un canal a otro y visualizar fácilmente los contenidos editados. Además, puede agregarse texto o palabras clave para que los analistas identifiquen las temáticas tratadas en los fragmentos y la búsqueda de contenidos resulte más sencilla.

### Conclusiones

La recepción de la señal digital de televisión mediante la red IP (IPTV) ha supuesto una transformación radical en la forma de trabajar de los investigadores del *Departamento de Comunicación* de la *UPF*. El diseño del sistema de grabación *MRecIPTV* se llevó a cabo en 2010 y ha sido utilizado en dos proyectos de investigación —el ya mencionado *Televisión y deliberación política*, y *Elecciones 2010*, en el que se analizan los informativos de seis canales de televisión españoles a lo largo de una semana—. Asimismo, se ha utilizado en una tesis doctoral del *Departamento*, en la que se grabaron los noticiarios del primer canal de televisión ruso durante 1 mes, y toda la programación del canal durante 3 semanas más, y en



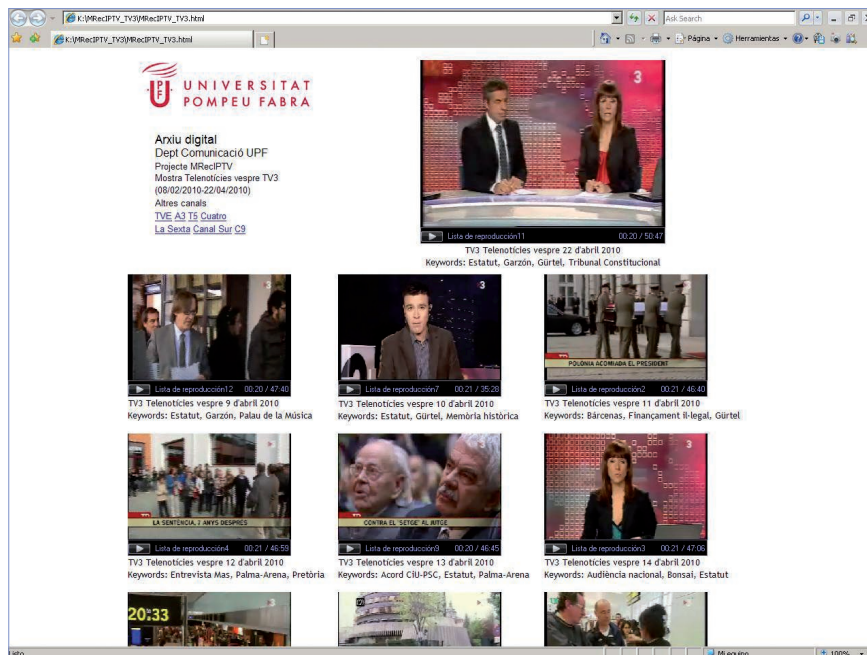


Figura 3. Prototipo de página de acceso a las muestras de proyectos

otra tesis en fase de elaboración en la que se ha grabado la autopromoción de 4 canales de televisión en horario *prime time*.

“MReIPTV representa un avance en las soluciones de programación de las grabaciones de muestras audiovisuales, un reto que se han propuesto otras universidades a nivel europeo y mundial”

MReIPTV representa un avance en las soluciones de programación de las grabaciones de muestras audiovisuales, un reto que se han propuesto otras universidades a nivel europeo y mundial (Balaouras; Sartzetakis, 2009). Aunque MReIPTV es una solución propiedad del Departamento de Comunicación de la UPF, puede ser utilizada gratuitamente por cualquier otra institución, organización o empresa que disponga de una plataforma IPTV y lo solicite a los autores de este artículo.

“Entre los futuros desafíos del Departamento está la integración de las muestras en plataformas de gestión de contenidos Drupal”

Entre los desafíos futuros que afronta el Departamento está la grabación de todos los contenidos audiovisuales recibidos a través de IPTV durante los 365 días del año, y la creación de un fondo audiovisual que pueda difundirse entre todos los grupos de investigación y entre la comunidad universitaria en su conjunto. Junto a esto, se plantea integrar la solución en un sistema de gestión de contenido Drupal que per-

mita a cualquiera poner a disposición del resto del grupo investigador todas las grabaciones de *media stream* que haya realizado y crear una web 2.0 de contenido audiovisual para su análisis académico.

## Notas

1. Este artículo es resultado del proyecto *Televisión y deliberación política. La construcción del espacio público a través de los géneros televisivos de la realidad en España (Tedepto)*, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (2008-2011), con referencia CSO2008-02589.

2. Un ejemplo de código puede encontrarse en: <http://www.vlc.cat>

## Bibliografía

**Agirreazaldegi-Berriozabal, Teresa.** “Claves y retos de la documentación digital en televisión”. *El profesional de la información*, 2007, sept.-oct., v. 16, n. 5, pp. 433-442. <http://eprints.rclis.org/handle/10760/11133> <http://dx.doi.org/10.3145/epi.2007.sep.05>

**Balaouras, Pantelis; Sartzetakis, Stelios.** “An IPTV service for academic and research communities”. En: *Contel 2009: Proceedings of the 10th International Conference on Telecommunications*, 2009, pp. 451-456. ISBN 978 9531841306

**Benoit, Hervé.** *Digital television*. Focal Press, 2008. ISBN 978 0240520810

**Bernier, José L.; Gómez-Domínguez, David; Fernández-Rodríguez, Gerardo; Barchéin, Mario J.; Pérez, Gregorio.** “CaCoCu: un portal web para la difusión de contenidos multimedia culturales de las universidades públicas andaluzas”. *El profesional de la información*, 2007, mayo-junio, v. 16, n. 3, pp. 216-224. <http://eprints.rclis.org/handle/10760/9433> <http://dx.doi.org/10.3145/epi.2007.may.06>

**Bonet, Montse; Fernández-Quijada, David.** “El reto de la digitalización del archivo sonoro en los servicios públicos de radiodifusión. El caso de Catalunya Ràdio”. *El profesional de la información*, 2006, sept.-oct., v. 15, n. 5, pp. 390-396. <http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/2006/septiembre/8.pdf>

**Fernández-Quijada, David.** “Aplicación de arquitecturas peer-to-peer a la distribución de archivos audiovisuales”. *El profesional de la información*, 2008, sept.-oct., v. 17, n. 5, pp. 526-531. <http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/2008/septiembre/06.pdf> <http://dx.doi.org/10.3145/epi.2008.sep.06>

**López-Yepes, Alfonso; Sánchez-Jiménez, Rodrigo.** “e-Do-culInfo/TVDoc: portal de documentación informativa-canal

temático IPTV". *El profesional de la información*, 2007, sept.-oct., v. 16, n. 5, pp. 456-467.

<http://www.ucm.es/info/tvdoc/documentos/tvdocEPI.pdf>

<http://dx.doi.org/10.3145/epi.2007.sep.08>

**Postel, Jon.** "User datagram protocol". *Internet engineering task force*, 1980.

<http://tools.ietf.org/html/rfc768>

**Simpson, Wes.** *Video over ip: iptv, internet video, H.264, P2P, web TV, and streaming: a complete guide to understanding the technology*. 2<sup>nd</sup> ed. Focal Press, 2008. ISBN 978 0240810843

**Spence, John.** "Dams & digitization preparedness". *IASA journal*, 2002, n. 20.

**Treutler, Wolfgang; Neu, Gregor; Raupp, Gerhard; Zehetbauer, Thomas; Zsche, Dieter; Lüddecke, Klaus; Cole, Richard.** "Real-time signal communication between diagnostic and control in Asdex upgrade". *Fusion engineering and design*, 2010, n. 85, pp. 466.

<http://www-fusion-magnetique.cea.fr/tmiaea2009/website/data/articles/000096.pdf>

**Zheng, Haitao; Boyce, Jill.** "An improved UDP protocol for video transmission over internet-to-wireless networks". *IEEE transactions on multimedia*, 2001, v. 3, n. 3, pp. 356-365.

## LIBROS DE BOLSILLO "EL PROFESIONAL DE LA INFORMACIÓN"

### Colección de libros de información y documentación

Dirigida por Javier Guallar y Tomàs Baiget

#### Títulos publicados:

Tecnologías de la web semántica  
**Juan-Antonio Pastor**

La revolución del libro electrónico  
**José-Antonio Cordón**

Sistemas de información en la empresa  
**Josep Cobarsí-Morales**

Información en el móvil  
**Natalia Arroyo**

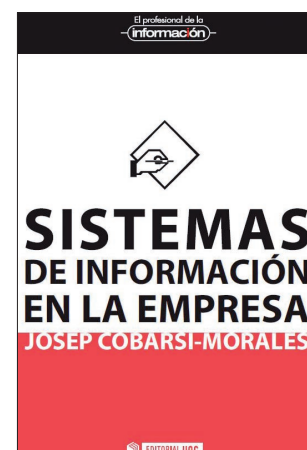
Acceso abierto a la ciencia  
**Ernest Abadal**

#### En imprenta:

Fuentes de información médica  
**Pablo Medina-Aguerreberre**

Gestión de contenidos  
**Ricardo Eíto-Brun**

Wikipedia de la A a la W  
**Tomás Saorín**



A la venta en librerías y en:

<http://www.editorialuoc.cat> - <http://www.amazon.es>

Un proyecto conjunto de



y





X convocatoria

# Gestión de Contenidos 2012

## Contenidos Gestionados como valor de Negocio

8 Febrero de 2012 | Hotel Palace | Madrid

22 Febrero de 2012 | Hotel NH Constanza | Barcelona

*“La información digital seguirá experimentando en 2012 fuertes tasas de crecimiento”.  
“La tecnología impulsa el cambio y los cambios exigen una transformación en la manera de gestionar la información. Para el año 2020, las proyecciones indican que el 90% de todos los nuevos contenidos, serán no estructurados ”.*

Fuente IDC

IDC ENTREVISTARÁ A:



**Pilar Marqués Martínez**

Directora de Reputación Corporativa,  
Marca y Comunicación Digital  
REPSOL

*“Primero fue en España, ahora es a nivel europeo: Repsol es la compañía mejor valorada por su transparencia en Internet”*

CON LA EXPERIENCIA DE:

IDC  
CORREOS  
EZ SYSTEMS  
FRATERNIDAD MUPRESA  
FEDIT  
J&A GARRIGUES  
MICROSOFT  
REPSOL  
RTVA  
TECNOCOM  
OPENTEXT

GOLD SPONSOR:



SILVER SPONSORS:







ASOCIACIONES COLABORADORAS:





**SEDIC**

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA  
DE DOCUMENTACIÓN  
E INFORMACIÓN

MEDIA SPONSORS:











Copyright of El Profesional de la Información is the property of EPI SCP and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.