

# Replicación de Sistemas Virtualizados para la Ampliación de Servicios en un Entorno Virtual Multiusuario en la UNED

## Virtualized replication system to enhance service level in a multi-user virtual environment in UNED

◆ Noé Vázquez, Vanesa Alonso, Antonio Sernández, Martín Santos, Covadonga Rodrigo

### Resumen

En este documento se explica un proyecto piloto que ha llevado al desarrollo de un software educativo avanzado de web conferencia que posibilita la colaboración interactiva entre alumnos y profesores. Debido al gran aumento en el uso de la plataforma, se ha diseñado e implementado un nuevo sistema de servidores distribuidos en diferentes nodos de servicio para dar soporte a un elevado número de usuarios concurrentes. La gestión centralizada y la virtualización de los servicios multimedia son dos de los principales núcleos de la plataforma. La escalabilidad del sistema se garantiza añadiendo nuevos nodos virtualizados en algún lugar con suficiente ancho de banda de conexión a internet.

**Palabras clave:** : virtualización de servicios, sistemas de videoconferencia, concurrencia, sistemas de réplica, ancho de banda

### Summary

This paper reports pilot work regarding the deployment of advanced video educational software with synchronous and asynchronous web conferencing tools that allow collaborative interactions between lectures and learners. High level ratios of users appeared so rapidly that a new distributed system of servers acting as service nodes has been designed and implemented. Centralized management and virtualization of multimedia services are two of the key cores of the platform. System scalability is guaranteed by adding new virtualized nodes in places where enough internet bandwidth exist.

**Keywords:** Virtualized services, videoconference systems, concurrence, replication systems, bandwidth.

## 1. Introducción

Para llevar a cabo la acción tutorial en el marco de las nuevas líneas de trabajo definidas por el proceso de Bolonia, la UNED está renovando los aspectos metodológicos propios de su enseñanza a distancia. Desde sus inicios, la metodología escogida fue la actualmente conocida como "blended learning", disponiendo así los alumnos de una gran oferta de tutorías presenciales en los más de 60 Centros Asociados distribuidos por toda la geografía española junto con el disfrute de una gran variedad de medios y recursos electrónicos a su disposición: plataformas educativas en Internet y repositorios específicos de recursos pedagógicos on-line, mediatecas y recursos multimedia off line (DVDs, videos) etc. (García, Ruíz & Domínguez, 2007).

En este contexto, el plan ATECA (Arquitectura de Tecnológica Educativa para los Centros Asociados) con la ayuda de los Fondos FEDER, ha conseguido en tres años de implantación reforzar la denominada "presencialidad virtual" (Read, 2008), es decir, la creación de una plataforma docente con tecnología de videoconferencia síncrona sobre IP (denominada AVIP por las siglas AudioVisual por IP) que permite en la actualidad hacer llegar los servicios de tutoría presencial a áreas geográficas antes no alcanzadas con un nivel muy alto de calidad.

Pero estos servicios de tutoría requieren un nivel muy alto de interactividad en vídeo, audio y contenidos, con la máxima calidad posible (Read, Pastor, Ros, Rodrigo & Hernández, 2009). La



La gestión centralizada y la virtualización de los servicios multimedia son dos de los principales núcleos de la plataforma



Desde sus inicios, la metodología escogida fue la actualmente conocida como "blended learning"



La gran ventaja de estas aplicaciones es haber sido desarrolladas en Adobe Flex

Estas nuevas herramientas trabajan con Salas Virtuales en las que concurren tutores y alumnos con muchas funcionalidades

interactividad de los contenidos se ha conseguido en base a la instalación de aulas dotadas con pizarras interactivas y a un desarrollo propio de intercomunicación que permite la interacción entre cualquier tipo de dispositivo apuntador, tableta digitalizadora, etc. La interactividad de audio y vídeo de máxima calidad ha estado hasta hace poco supeditada al uso de codecs de videoconferencia de alta calidad. Pero esta solución requiere altas inversiones y una determinada cualificación por parte tanto de los profesores tutores como del personal técnico de los centros asociados (Rodrigo, Ruiperez, Martínez, Sernández & Vega, 2009).

Poco a poco el mismo proceso de implantación del sistema ha obligado a la realización de dos sub-proyectos piloto de desarrollo software de aplicaciones web:

- "Pizarra Online", la cual permite solventar el problema de incompatibilidad entre software multimarca de las distintas Pizarras Digitales Interactivas que se usan en las aulas.
- Y "Conferencia Online" aplicación de web conferencia que permite trabajo síncrono colaborativo en red entre tutores y alumnos.

La gran ventaja de estas aplicaciones es haber sido desarrolladas en Adobe Flex (Adobe. "Flex 3". <http://www.adobe.com/es/products/flex/>. 15-11-2009) por lo que la única exigencia para poder ejecutarlas en el lado del cliente es tener instalado un navegador Web con el correspondiente plug-in instalado.

### 1.1 Funcionalidades AVIP

Estas nuevas herramientas trabajan con Salas Virtuales en las que concurren tutores y alumnos con un importante abanico de funcionalidades (ver Figura 1.):

- Video y audio de los ponentes.
- Chat.
- Pizarra blanca con múltiples posibilidades de trazo y que permite crear nuevas páginas a modo de bloc de notas.
- Compartición de documentos ofimáticos sobre los que se pueden hacer anotaciones de pizarra permitiendo la posterior descarga del documento junto con las anotaciones (en formato PDF para asegurar la coherencia de las anotaciones introducidas por el ponente).
- Grabación de sesiones sin necesidad de post-producción y con posibilidad de publicación directa en el repositorio por parte del autor.



El desarrollo completo y escalable de esta herramienta docente AVIP, definiendo distintos niveles de servicio y escenarios pedagógicos de uso está favoreciendo la adaptación de la Universidad al Espacio Europeo de Educación Superior potenciando el funcionamiento interno – como se muestra en este artículo- a través de una Red Territorial en la que participan todos los Centros Asociados de la UNED.

## 2. Fases del diseño

A la hora de universalizar este servicio audiovisual hubo que tener en cuenta un altísimo número de usuarios potenciales: 7000 Tutores, 1300 Profesores, 200.000 alumnos. Estas cifras suponían un coste de licenciamiento muy alto para aplicaciones comerciales con características parecidas como pudieran ser Adobe Connect o Elluminate, de forma que nos decantamos por el desarrollo de una solución propia aprovechando recursos de innovación de la UNED. Esto además permitiría una evolución de las aplicaciones más adaptado a las necesidades reales de los usuarios tomando como input la opinión de los mismos.

Era evidente que el altísimo nivel de concurrencia iba a incidir en consumos de ancho de banda elevados por el intercambio de contenidos multimedia (video, audio, datos).

Con estas premisas, se tomaron una serie de decisiones estratégicas durante la fase de diseño del proyecto, encaminadas todas ellas a conseguir una solución lo más flexible y escalable posible. Las dificultades económicas o de personal cualificado en los centros asociados, hicieron finalmente que la solución adoptada estuviera basada en un sistema distribuido con gestión centralizada.

### 2.1 Software de Virtualización

El mecanismo de virtualización de los servicios originales, probados en una experiencia piloto, se adoptó rápidamente como una buena solución de diseño para ser extrapolada a los nuevos servidores. Tras evaluar distintas plataformas (VMWare ESXi y Citrix XenServer 5.5 (Citrix - Helpful Resources for XenServer [http://www.citrix.com/lang/English/lp/lp\\_1688622.asp](http://www.citrix.com/lang/English/lp/lp_1688622.asp) ) se determinó que ambas soluciones eran igualmente válidas para los planteamientos iniciales, si bien XenServer 5.5 ofrecía una serie de características adicionales sobre VMWare ESXi por lo que fue finalmente la escogida. Éstas son:

- No es necesaria una herramienta pesada para administrar XenServer.
- Es posible la administración simultánea de varios nodos XenServer.
- Permite realizar un backup del servidor completo.
- Permite realizar un backup de máquinas virtuales.
- Permite realizar un backup de los metadatos del servidor.

En la administración de XenServer se puede utilizar además el interfaz gráfico para las funcionalidades más habituales. No obstante existen multitud de funcionalidades avanzadas que solo estarán accesibles a través de la consola del servidor y el comando XE.

Asimismo el Xen Center permite monitorizar los servidores en los que están los nodos virtualizados (carga de CPU, uso de Memoria, etc.) y permite añadir diversos tipos de almacenamiento (NFS, iSCSI, HBA). Además, la creación de Pools permite administrar de forma conjunta varios servidores y si tienen almacenamiento compartido se pueden migrar máquinas virtuales de uno a otro sin necesidad de pararlas. Por último esta plataforma ofrece mejor soporte para la ejecución de sistemas linux virtualizados, lo que garantiza un rendimiento superior al ejecutar un kernel adaptado a este tipo de virtualización.

### 2.2 Diseño del Nodo de Servicio

La primera premisa de diseño será la de disponer de un servidor hardware, con unas características adecuadas (2 Quad Core Procesor, 8 Gigas de Ram, 2 Teras de almacenamiento) en el que se va a instalar la plataforma Xen Server. Lo primero será identificar esa máquina como "nodo de servicio".

Finalmente la solución adoptada estuvo basada en un sistema distribuido con gestión centralizada

Es posible la administración simultánea de varios nodos XenServer



Para este nodo de servicio, el consumo de ancho de banda es un parámetro crucial, ya que a partir de que un cliente haya establecido la conexión con él, éste nodo se encarga de todas las peticiones inherentes a la sala a la que se "accede" (conversión de documentos, inserción de los mismos en la base de datos, gestión de los objetos compartidos de esa sala, flujos de streaming de todas las cámaras de video – webcam - conectadas a la sala, etc).

Por tanto a la hora de plantear la virtualización del servicio, se identificaban dos funcionalidades claramente diferenciadas, candidatas por tanto cada una de ellas a convertirse en una máquina virtual dentro de ese servidor.

### 1. Máquina virtual 1:

- Sistema operativo Linux.
- Se encarga de la capa de servicios amfphp. (Flash Remoting for php. <http://www.amfphp.org>).
- Se crea una API de clases (migración de todos los servicios basados en scripts php de los servicios originales usados en la experiencia piloto) que pueden ser invocados desde elementos flash y código PHP.
- Uso intensivo de XML-RPC . (Simple cross-platform distributed computing, based on the standards of the Internet. <http://www.xmlrpc.com/> ) para intercambio de información, sobre todo para invocación de clases desde PHP
- Reestructuración de los scripts PHP del servidor para uso centralizado de clases.
- Se rediseña la base de datos que contiene la información específica relativa al gestor de salas: salas, documentos, páginas, etc. La mayor exigencia del espacio de almacenamiento viene dada por los documentos y páginas que usan los profesores en las exposiciones. La idea subyacente es la distribución de este almacenamiento entre los nodos de servicio.

◆  
Máquina virtual 1:  
se encarga de la  
capa de servicios  
amfphp

### 2. Máquina virtual 2:

Esta máquina virtual soportará el Flash Media Interactive Server ("Flash Media Server 3.5 Technical White Paper". [http://www.adobe.com/products/flashmediaserver/pdfs/fms3\\_5\\_wp\\_ue.pdf](http://www.adobe.com/products/flashmediaserver/pdfs/fms3_5_wp_ue.pdf). 15-11-2009) que es el encargado de gestionar y soportar los intercambios de video y audio entre participantes, grabación de sesiones, eventos de pizarra, etc. del grupo de salas virtuales asignadas a ese servidor.

◆  
Ha quedado  
configurado un  
servidor que puede  
gestionar un  
número razonable  
de usuarios  
concurrentes,  
denominados  
"nodos de servicio"

FIGURA 2: Diseño de nodo de servicio con dos máquinas virtuales

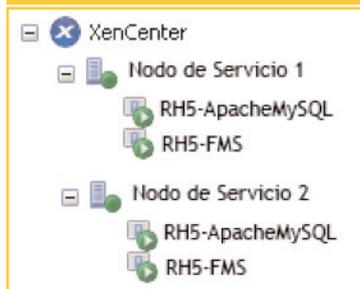


De esta forma, ha quedado configurado un servidor (Figura 2: Diseño de nodo de servicio con dos máquinas virtuales) que puede gestionar un número razonable de usuarios concurrentes (más de 1000), y que serían los denominados "nodos de servicio", Ubicando esos nodos de servicio en puntos de la red con ancho de banda suficiente, se habría salvado el último escollo de las aplicaciones multimedia en cuanto a cuellos de botella.

Adicionalmente, en el desarrollo del proyecto se ha diseñado un nuevo sistema para limitar el consumo de ancho de banda global de una sala virtual a un valor máximo, a partir del cual, las aplicaciones cliente congelan de forma automática el video de los participantes, manteniendo intacto el nivel del intercambio de audio.

De esta forma, para ampliar la oferta de servicio, basta con implementar nuevos nodos de servicio en tantos servidores hardware y ubicarlos en centros asociados de la UNED con ancho de banda suficiente (Figura 3).

FIGURA 3: Diseño con dos nodos de servicio



En este punto, es evidente decir que el diseño presentado puede ampliar la capacidad del servicio de forma sencilla, pero también es cierto que no hay interrelación entre estos nodos. Por tanto, es necesario un elemento de gestión que lleve el control completo, que conozca la capacidad global de todo el sistema, que haga de distribuidor de peticiones y que pueda decidir en que nodo de servicio se va a crear una sala virtual en función de los recursos físicos disponibles en cada uno de ellos (salas existentes, ancho de banda real, etc.).

### 2.3 Diseño del Nodo de Gestión

El "nodo de gestión" será el que ejerza de distribuidor de salas. En este nodo se programa el algoritmo que en función de determinados parámetros del sistema, determina para cada nueva petición qué nodo de servicio de la red va a albergar determinada sala virtual. Es por tanto labor del nodo de gestión orquestar la asignación de recursos hardware, redirección de accesos a los distintos nodos de servicio, etc. Una vez que un usuario accede a una sala virtual, es el nodo de servicio que "alberga" esa sala el que se va a encargar de todo lo referente a intercambio de eventos, video, audio, grabaciones.

Para el servidor que alberga el nodo de gestión, el consumo de ancho de banda no es un parámetro tan importante ya que se encarga de la gestión de las peticiones http de los clientes y la redirección de las mismas hacia los nodos de servicio adecuados. Una vez que un cliente ha establecido la conexión con un nodo de servicio, es éste el que se encarga de gestionar todas las peticiones inherentes a la sala virtual a la que se "accede" (conversión de documentos, inserción de los mismos en la base de datos local al nodo, gestión de los objetos compartidos de esa sala, flujos de streaming de las webcam conectadas a la sala, etc.) como se ha comentado antes.

Por tanto, la estructura general de software en el servidor es:

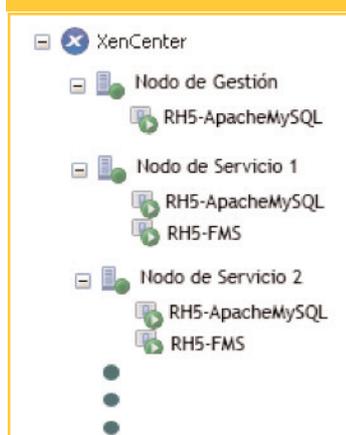
- XEN Server instalado
- Máquina virtual RH5-Apache-MySQL

Aunque el diseño de base de datos genérico de los nodos de servicio sirve también para el nodo de gestión, necesita también en este caso de toda la información de control para poder asignar un recurso de sala en base al algoritmo de distribución de recursos programado.

Por tanto, y con todo lo anterior, la configuración final del sistema de virtualización (Figura 4: Diseño de la arquitectura con un nodo de gestión y varios nodos de servicio) quedaría de la siguiente forma:

Del mismo modo que se pueden balancear las salas entre distintos servidores, las grabaciones se almacenan físicamente en el nodo de servicio al que pertenece la sala desde la que se hacen dichas grabaciones, repartiendo el almacenamiento

FIGURA 4: Diseño de la arquitectura con un nodo de gestión y varios nodos de servicio



El "nodo de gestión" será el que ejerza de distribuidor de salas

La estructura general de software en el servidor es:  
XEN Server instalado  
Máquina virtual RH5-Apache-MySQL



entre los distintos servidores, llevando el nodo de gestión el control de la ubicación. El sistema permite además la migración de salas entre nodos de servicio, pudiendo reajustar la carga de trabajo basándonos en la experiencia de uso real.

## 2.4 Escalado de la solución

Una vez implementados un nodo de gestión y un nodo de servicio, el escalado de la solución pasa por ir añadiendo nuevos nodos de servicio en el sistema.

Con esta solución, por tanto, se incrementa sustancialmente la tolerancia a fallos ante caída de un nodo, ya que se puede acceder a otros nodos que forman parte de esta red de servicios.

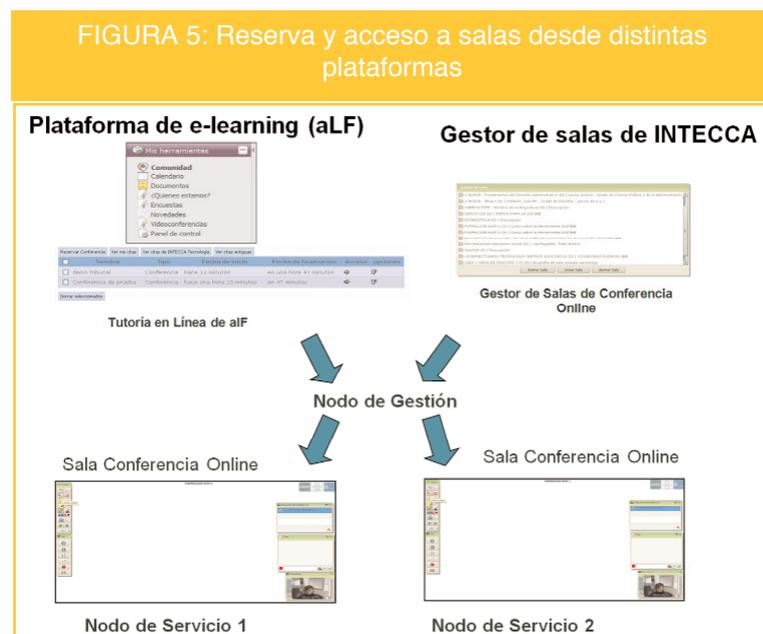
Asimismo, se pueden virtualizar servidores de distintos fabricantes, incluso con características hardware diferentes (CPU, Memoria, Disco), siendo el nodo de gestión el que decide la carga de trabajo prevista para cada nodo de servicio teniendo en cuenta la capacidad "física" de cada máquina y las posibilidades de ancho de banda de salida a Internet en la red en la que está ubicado el servidor. Se posibilita, en definitiva, un crecimiento de la capacidad de servicio casi ilimitado simplemente añadiendo nuevos servidores virtualizados que actúan en este caso como nodos de servicio.

Otra de las ventajas de este diseño es que las aplicaciones web de los clientes se descargan del nodo de gestión, de forma que las distintas actualizaciones están disponibles siempre de forma centralizada y automática para todos los usuarios.

Una última ventaja es que se puede solicitar el acceso a los servicios desde distintas plataformas (Figura 5), ya que el nodo de Gestión se encarga de la distribución y acceso a las salas. La API desarrollada permitiría integrar cualquier plataforma en este sistema.

Se incrementa sustancialmente la tolerancia a fallos ante caída de un nodo

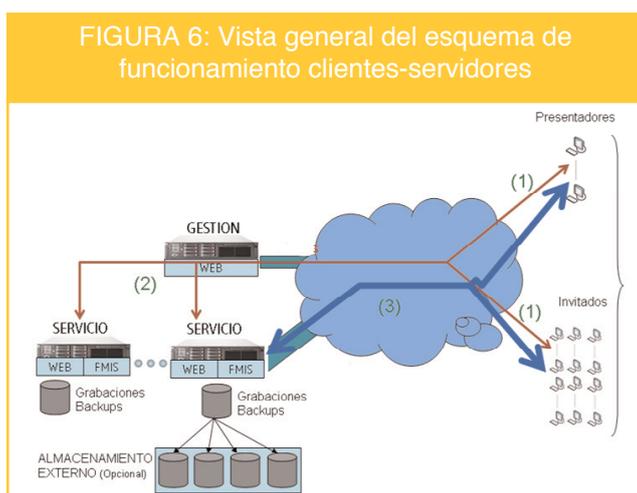
Las distintas actualizaciones están disponibles siempre de forma centralizada y automática para todos los usuarios



## 2.5. Esquema básico de funcionamiento

El esquema básico de funcionamiento de la arquitectura diseñada es el siguiente (Figura 6):

- Los clientes (Presentadores e Invitados) (1) se autentican en el nodo de gestión para que éste decida la asignación de nodo del servicio en función de criterios de: sala seleccionada, salas concurrentes para hora de la reserva, capacidad de ancho de banda de la red, capacidad de almacenamiento del servidor, etc.
- El nodo de gestión redirige al cliente al nodo de Servicio adecuado (2).
- Una vez que el cliente tiene asignado un nodo de servicio, todo el tráfico de datos e información adicional de la sala (documentos, grabaciones, etc.) se registra en ese mismo nodo y consumirá sólo el ancho de banda de la conexión a Internet que tenga ese nodo de servicio (3)



El nodo de gestión redirige al cliente al nodo de Servicio adecuado

Este particular modo de funcionamiento forzó a su vez el desarrollo de una herramienta de monitorización que permitiera un fácil y rápido acceso a toda la información del sistema (salas reservadas, activas, con alerta, con grabaciones, etc.) posibilitando un acceso directo a cualquiera de ellas para poder dar el soporte adecuado al usuario.

## 3 Conclusiones

Dentro del proyecto de investigación de la UNED relativo al desarrollo de una nueva herramienta Audiovisual sobre tecnología IP, ha tenido lugar una experiencia piloto la cual ha culminado en la necesidad de diseñar e implantar un conjunto de aplicaciones web multimedia que permiten la realización del trabajo colaborativo en red. Asimismo, el elevado número de usuarios en múltiples sesiones concurrentes ha planteado la necesidad de replicar los servicios de aplicaciones colaborativas en red, como la lograda a través de la aplicación Conferencia Online, con el objetivo de balancear en tiempo real la carga de trabajo de la plataforma.

Para ello se ha diseñado una nueva arquitectura con servicios virtualizados en distintos servidores repartidos en CPD distantes geográficamente. Esta forma de trabajo, escala la solución convenientemente, repartiendo la carga de trabajo (hardware y ancho de banda) entre los distintos CPD. Por tanto y a modo de resumen, la solución diseñada se basa en un sistema distribuido con

El elevado número de usuarios en múltiples sesiones concurrentes ha planteado la necesidad de replicar los servicios de aplicaciones colaborativas en red



La solución  
diseñada se basa en  
un sistema  
distribuido con  
gestión  
centralizada

Con la replicación  
de estos servicios se  
garantiza la  
disponibilidad y el  
rendimiento del  
sistema completo

gestión centralizada (un nodo de gestión orquesta la distribución, creación y acceso a las salas de Conferencia Online y los nodos virtuales de servicio que gestionarán de forma autónoma cada una de las salas) buscando un reparto racional y balanceado de la carga de trabajo entre los nodos virtuales en función de criterios conocidos de posibilidades hardware y de red del servidor sobre el que se ejecuta el software, número de usuarios potenciales a conectar, etc.

Con la replicación de estos servicios se garantiza la disponibilidad (distintas ubicaciones para los nodos virtuales) y el rendimiento (carga distribuida entre distintos servidores y canalización de comunicaciones por distintas redes) del sistema completo.

Referencias bibliográfica

## Referencias

- [1] Arzuaga, E. and Kaeli, D. R. (2010). Quantifying load imbalance on virtualized enterprise servers. In Proceedings of the First Joint WOSP/SIPEW international Conference on Performance Engineering (San Jose, California, USA, January 28 - 30, 2010). WOSP/SIPEW '10. ACM, New York, NY, 235-242
- [2] Bowen, R. and Coar, K. (2003). Apache Cookbook. O'Reilly & Associates, Inc
- [3] García Aretio, L. (Coord.); Ruíz Corbella, M.; Domínguez Figaredo, D. (2007). De la educación a distancia a la educación virtual. Barcelona: Ariel, pp. 303
- [4] Gaspar, A., Langevin, S., Armitage, W., Sekar, R., and Daniels, T. (2008). The role of virtualization in computing education. SIGCSE Bull. 40, 1 (Feb. 2008), 131-132
- [5] McColl, W.F. (1996). Universal computing. Lecture Notes in Computer Science, Volume 1123/1996, páginas 25-36
- [6] Rahm, E. (1996). Dynamic load balancing in parallel database systems. Lecture Notes in Computer Science, Volume 1123/1996, páginas 37-52
- [7] Read, T. (2008) "La letra, con TIC entra" Computerworld nº1186 p. 20 IDG Communications SA (Madrid-Barcelona 2008)
- [8] Read, T, Pastor, R, Ros, S, Rodrigo, C y Hernández, R. (2009) "The UNED ICT Architecture for "Virtual Attendance" Proc. 23rd

**Noé Vázquez**  
(nvazquez@ponferrada.uned.es)

**Vanesa Alonso**  
(valonso@ponferrada.uned.es)

**Antonio Sernández**  
(asernandez@ponferrada.uned.es)

**Martín Santos**  
(msantos@ponferrada.uned.es)

**Covadonga Rodrigo**  
(covadonga@lsi.uned.es)

Universidad Nacional de Educación a Distancia