

Desarrollo de actividades en grupos coordinados sobre el modelado y simulación del proceso de transmisión de datos

José Oliver, Alberto Bonastre, José L. Poza

Dpto. de Informática de Sistemas y Computadoras
Universidad Politécnica de Valencia 46022 Valencia
e-mail: {joliver, abonastre, jopolu}@disca.upv.es

Resumen

En este artículo se presenta la realización de actividades en grupo como metodología docente, y los resultados obtenidos dentro del marco de una asignatura sobre sistemas de transmisión de datos.

Durante el desarrollo de estas actividades se simula el proceso de transmisión de datos punto a punto a nivel físico. Cada grupo se centra en realizar el modelado de un elemento del sistema, que puede estar a nivel de codificación de datos, de modulación o de medio físico. Para realizar las actividades, los grupos deben coordinarse entre ellos, tanto para resolver problemas comunes (comunicación horizontal), como para definir claramente el interfaz para el paso de información que circula entre niveles contiguos (comunicación vertical). Por último, se plantea una serie de itinerarios en los que varios grupos de alumnos se agrupan formando grupos mayores y realizan una prueba global de todo el sistema.

1. Introducción

La visión clásica del proceso enseñanza-aprendizaje se basa en clases magistrales apoyadas por el enunciado y resolución de ejercicios en clase. Este planteamiento ofrece poca interacción profesor-alumno e invita escasamente a la participación del alumnado, que suele adoptar una posición de comodidad y paulatina pasividad, lo que resulta en un menor índice de éxito en el aprendizaje.

En 1988, la Universidad Politécnica de Valencia puso en marcha el Plan de Innovación Educativa (PIE). En aquel momento representaba una propuesta atrevida y avanzada encaminada a incentivar las mejoras del sistema enseñanza-

aprendizaje en la docencia. Este nuevo plan y la reforma de los planes de estudio de Informática en 1996 aumentaron considerablemente el número de sesiones de docencia en laboratorio, donde el alumno resuelve problemas más reales y maneja instrumentación relacionada con la materia.

Doce años después, la Universidad Politécnica de Valencia propone un nuevo proyecto que recoge el testigo del antiguo PIE, adaptándose a las nuevas necesidades de la Universidad moderna. Este plan se denomina Proyecto EUROPA (Una Enseñanza ORientada al APrendizaje) [4] [5] y toma del PIE parte de sus objetivos, ampliándolos en algunos casos y complementándolos con nuevas propuestas en otros. En concreto se propone la inclusión de técnicas de aprendizaje innovadoras, como es el uso de seminarios en clase, con debates, mesas redondas y foros, que facilitan el aprendizaje mediante la participación interactiva del alumnado, y otras técnicas como las actividades, en las que los alumnos forman grupos de trabajo para realizar diversos ejercicios.

En este artículo presentamos las actividades propuestas para la asignatura optativa Sistemas de Transmisión de Datos, y el resultado obtenido por parte de los alumnos. Siguiendo el espíritu del proyecto EUROPA, nuestro objetivo no ha sido únicamente el desarrollo de habilidades en el marco de la temática de la asignatura, sino que otras capacidades no curriculares, como el trabajo en grupo y la capacidad de coordinación y liderazgo, también han sido potenciadas.

2. Sistemas de Transmisión de Datos

La asignatura Sistemas de Transmisión de Datos (STD) [1] se centra en los primeros niveles del modelo ISO/OSI (nivel físico y enlace de datos),

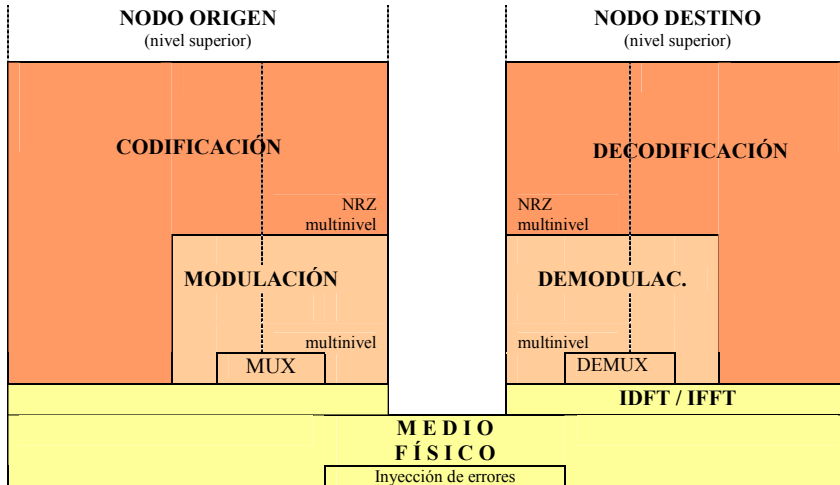


Figura 1. Proceso de comunicación punto a punto a modelar

profundizando en las técnicas de transmisión existentes.

Es una asignatura optativa, correspondiente a los planes de estudios de 1.996, para la obtención de los títulos de Ingeniero en Informática (5º curso, con 6 créditos) e Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas /de Gestión (3º curso, con 4.5 créditos).

La asignatura se desarrolla en dos bloques temáticos diferenciados, cuyos temas son los expuestos a continuación.

Bloque I. Fundamentos de Transmisión de Datos.

1. Sistemas Teleinformáticos
2. Medios Físicos de Transmisión
3. Señal. Fundamentos teóricos
4. Modems
5. Transmisión serie

Bloque II. Sistemas de transmisión

6. ADSL-Modem cable
7. Tarjetas de Red. Ethernet
8. Transmisiones inalámbricas

La división en dos bloques se realiza para separar los fundamentos teóricos de las principales aplicaciones reales. Esta división

proporciona dos visiones de los sistemas de transmisión de datos, una teórica donde se adquiere la base para comprender la segunda visión, la práctica y real.

3. Actividades propuestas

Las actividades consisten en la realización obligatoria por parte de grupos de alumnos de trabajos teórico/prácticos relativos a la asignatura. Dichos trabajos son tutorizados por el profesor de prácticas, y expuestos durante las últimas sesiones de teoría.

Los contenidos de dichos trabajos tienen una parte teórica (investigación bibliográfica) y otra práctica (implementación, simulación y evaluación de distintos componentes del nivel físico), y es necesaria la interacción entre los grupos tanto en su desarrollo como para la comprobación del funcionamiento adecuado de todo el sistema.

3.1. Coordinación de los grupos

Cada grupo de actividades está formado por tres componentes. En un grupo, cada uno de los

integrantes debe asumir una de las siguientes responsabilidades de coordinación:

- Responsable de coordinación interna del grupo. Se encarga de planificar los objetivos según etapas, y de que estos plazos se cumplan en la medida de lo posible.
- Responsable de coordinación externa. Es la persona responsable de comunicación con los otros grupos, tanto para resolver dudas y necesidades comunes, como para realizar las pruebas del sistema final.
- Responsable de coordinación con el profesor. Su labor es resolver las dudas que tienen, tanto los componentes del grupo hacia el profesor, como el profesor hacia los alumnos, manteniendo en todo momento una realimentación para que el profesor conozca la marcha de las actividades y los principales problemas observados.

Las responsabilidades que se plantean no son más que *roles* o papeles que se invita al alumno a interpretar. El objetivo es acercar el funcionamiento de las actividades al trabajo en grupo y la coordinación entre grupos que se exige en el mundo laboral.

3.2. Temática de los trabajos

Las actividades se centran en el área del temario situada dentro del Bloque I de la asignatura, por lo que una vez estudiados los primeros temas, el alumno ya se encuentra preparado para desarrollar las actividades. La segunda parte de la asignatura se cubrirá por medio de seminarios y estudios de caso. La distribución de créditos de las nuevas metodologías introducidas en este artículo, comparadas con las clásicas sesiones de teoría y prácticas, puede consultarse en [4]. En concreto se pretende realizar un entorno de simulación de los sistemas de transmisión punto a punto a nivel físico. Los trabajos que se realizan son parte de un entorno global, aunque se centran en un aspecto concreto del sistema.

La parte teórica de las actividades consiste en que el alumno se documente sobre el componente a implementar, sepa en qué consiste, su posible construcción hardware, cómo se puede simular su comportamiento, etc. La parte práctica del trabajo consiste en la implementación de código que, a

partir de la entrada de un archivo de datos, los transforme de manera adecuada, de forma que según el nivel al que se esté trabajando, los codifique, module o simule su transmisión por un medio físico, volcando el resultado en otro archivo de datos.

El esquema general de la comunicación punto a punto que se pretende modelar es el indicado en la figura 1, en el que los datos se transmiten de un nodo origen a otro destino. Estos datos se inyectan en la red codificados, y posiblemente modulados. Otro aspecto que se pretende que el sistema pueda manejar es la multiplexación de datos. Para esto se deberá tener en cuenta que varias fuentes de datos, modulados a distintas frecuencias, se puedan transmitir un mismo medio físico mediante multiplexación en frecuencia.

Posteriormente, los datos procesados por el nodo origen, una vez codificados y modulados, se inyectan físicamente en la red. Para caracterizar el comportamiento del medio físico es necesario tener una representación espectral de los datos, para lo que se utiliza la transformada discreta de Fourier. A parte de los típicos efectos introducidos por el medio de transmisión (atenuación, distorsión por retardo de grupo, etc) se pueden inyectar errores en la red; algunos afectarán a su comportamiento en frecuencia (por ejemplo, un típico ruido introducido por la red eléctrica funcionando a 50hz) y otros serán puntuales en el tiempo (ruidos impulsivos, posibles ruidos blancos, etc.). Por último, la información tiene que ser procesada correctamente para que se recupere en el nodo destino, por lo que los alumnos también deberán implementar los procesos inversos de demultiplexación, demodulación y decodificación.

En la figura 2 se puede observar el conjunto de trabajos que se proponen, situados cada uno en su nivel correspondiente. Esta figura no es más que un desglose de la figura 1, detallando los posibles trabajos que se puede implementar en cada nivel.

3.3. Implementación de las actividades

A la hora de poder coordinar unas actividades de estas características resulta fundamental especificar el formato de los datos que las aplicaciones generan y reciben. En nuestras actividades utilizamos un formato básico muy

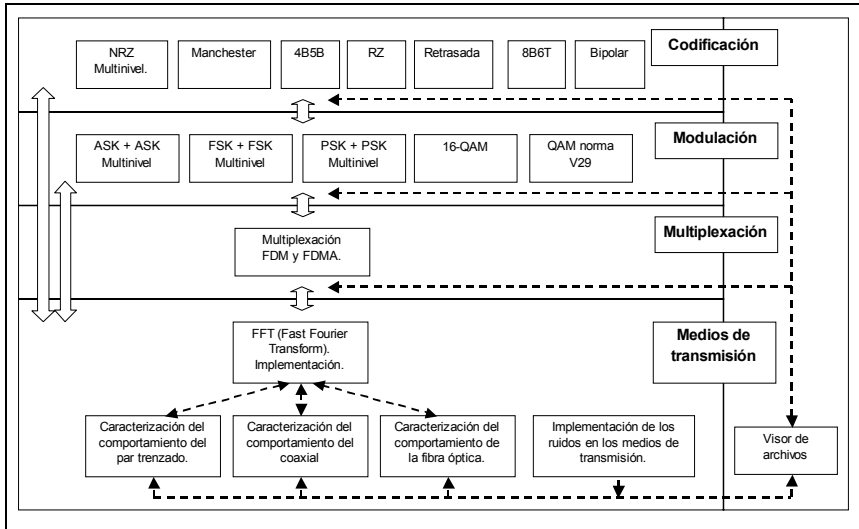


Figura 2. Conjunto de actividades

simple. Representamos una señal como un conjunto de niveles de tensión resultantes de muestrear esa señal en cada instante de muestreo. El resto de parámetros específicos de cada nivel se introducen por teclado cuando se ejecuta dicho módulo.

Un fichero que representa a una señal tiene como primera componente la frecuencia de muestreo usada, después se indica el número de muestras obtenidas y por último se encuentra el vector de muestras, representada cada una de ellas por un valor en coma flotante en simple precisión. Con este sencillo formato se puede representar, a partir de los valores de tensión en una serie de instantes discretos o muestras de la señal, el estado aproximado de una señal en todo momento. A su vez, el hecho de tratar la señal de manera discreta (o discretizada) nos permite un procesamiento digital que simplifica su análisis y modelado.

Para la realización de las actividades los alumnos no necesitan partir de cero, ya que se les ofrece una serie de esqueletos de programa para cada nivel, que implementan tareas básicas como la lectura/escritura de ficheros de muestras, la

petición de datos al usuario y la definición básica de cabeceras e interfaces.

Además, para facilitar la comprensión por parte del alumno de todo el sistema que se pretende modelar, y permitir encuadrar bien el trabajo que se está desarrollando, se les facilita un ejemplo compilado de un módulo por cada nivel, de forma que ellos pueden hacer pruebas con un sistema que se encuentra ya resuelto. Por otra parte también se dispone de un visor de datos que permite leer varios ficheros de muestras y mostrarlos en pantalla de manera simultánea, con lo que se pueden observar las transformaciones que va sufriendo la señal en cada uno de los módulos.

4. Comunicación entre grupos

Cuando el alumno finalice su formación deberá haber desarrollado ciertas habilidades de trabajo en grupo, comunicación y coordinación, así como la capacidad de asumir su *rol* dentro del grupo de trabajo de la empresa. Por ello, se ha planteado dar un paso más en las actividades por medio de la

coordinación dentro del propio grupo e intergrupual.

La novedad de incluir una acción formativa de trabajo en grupo no es única ni innovadora, sin embargo sí que se ha considerado como novedad el hecho de que estos grupos deban comunicarse entre ellos, tanto a nivel vertical como a nivel horizontal [3]:

- *Comunicación vertical.* En el proyecto de actividades expuesto anteriormente, los grupos escogen un área en la que trabajar: codificación, modulación o medios de transmisión. Entre estos niveles o capas de las actividades deberá existir una comunicación para consensuar el formato de los archivos y paso de datos.
- *Comunicación horizontal.* Gran parte del código que deba desarrollar cada grupo, así como de la documentación, será común a todos los grupos que trabajen dentro de la misma capa. Por ello, entre los grupos deberá existir una comunicación para no repetir trabajo y repartirse labores comunes.

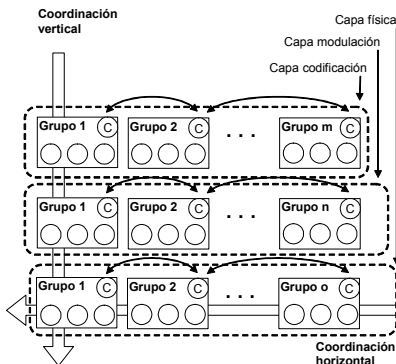


Figura 3. Relaciones de comunicación entre los diversos grupos de las actividades.

Con este sistema se pretende estudiar la interacción entre grupos cuando el trabajo de unos depende de otros [2]. De esta forma la comunicación entre coordinadores, tal y como se ve en la figura 3, será muy importante. Dicha comunicación se llevará a cabo durante reuniones periódicas.

5. Resultados

La experiencia propuesta se ha llevado a cabo durante dos cursos diferentes. En un primer año tan sólo se desarrollaron los trabajos propuestos, sin llegar a hacer una prueba global de todo el sistema. De esta manera, sólo hubo ocasión de realizar coordinación horizontal, mediante el apoyo entre grupos que trabajaban en proyectos similares pertenecientes al mismo nivel. En un segundo año se pudo poner en marcha unas sesiones adicionales para realizar labores de coordinación vertical, intentando integrar todos los trabajos de manera que el objetivo final de colaboración entre proyectos a distintos niveles quedara totalmente cubierto.

5.1. Comunicación horizontal: resultados por niveles

Al iniciar el desarrollo del trabajo, cada grupo se centra en documentarse e implementar una actividad concreta. En esta primera fase, la comunicación predominante será la horizontal, ya que distintos grupos que trabajan al mismo nivel se encuentran con problemas similares, que podrán resolver de manera coordinada. Aun así la comunicación vertical seguirá presente, ya que hay ciertos parámetros del interfaz de la aplicación que dependerán de cómo estén implementando su actividad los grupos de otros niveles.

Los grupos que estén trabajando en la capa de codificación son los que inician el proceso de la simulación. Deben tomar los datos a partir de una secuencia de bits y realizar su representación según la codificación a aplicar. Para esto se hace un muestreo de la señal resultante a partir de cada uno de los valores binarios de la fuente de datos. Sabemos que la duración de un bit dependerá directamente de la velocidad de transmisión. Por otra parte, el número de muestras por bits, una vez establecida la duración del bit, dependerá del periodo de muestreo, determinado por la frecuencia de muestreo. Por tanto, el problema de obtener una secuencia de muestras a partir de un flujo de bits es común para todos los grupos que trabajen a nivel de codificación, y podrá resolverse de manera coordinada. Posteriormente, bastará con realizar una asignación distinta de los

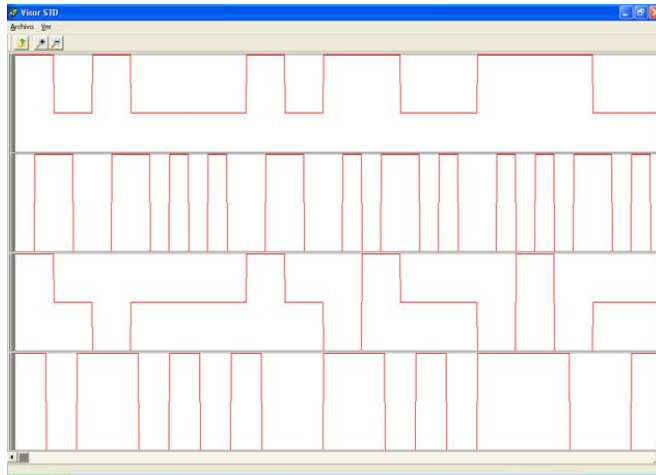


Figura 4. Resultado de distintas actividades en la capa de codificación.

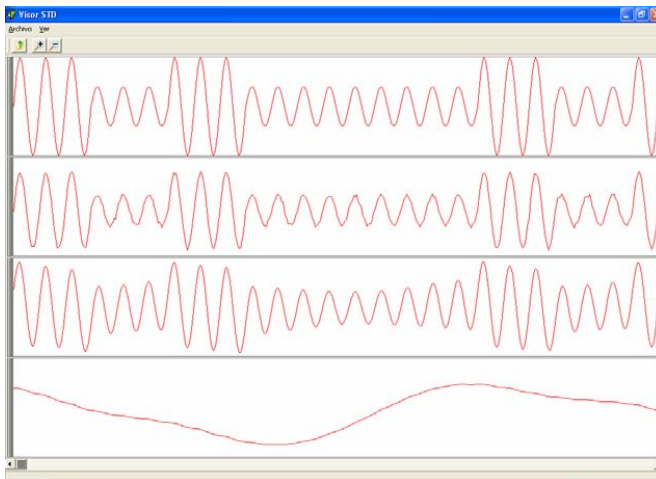


Figura 5. Resultado de las actividades en la capa de medio físico de transmisión.

niveles de tensión en función del valor del bit y el tipo de codificación implementada.

En la figura 4 tenemos el resultado de codificar el mismo flujo de bits utilizando

distintas codificaciones implementadas por los grupos de actividades. La primera de todas, situada en la parte superior de la pantalla del visor, se corresponde con una sencilla NRZ, de

manera que el grupo encargado de implementar este tipo de codificación simplemente debía asignar un nivel alto de tensión cuando el bit a codificar fuera un uno, y un nivel bajo en caso contrario. La siguiente codificación es una Manchester. En este caso, para codificar un bit a uno se debe especificar un flanco de subida, codificando la primera mitad del intervalo del bit como nivel bajo y la segunda como nivel alto. La tercera codificación se corresponde con una bipolar en la que un cero binario se implementa con un nivel de tensión de cero voltios, y los bits a uno iteran sucesivamente de un nivel de tensión determinado positivo +V a otro -V, balanceando de esta forma el nivel de continua. Por último se encuentra una codificación del tipo 4B5B, en la que la asignación de valores a las muestras ya no se realiza bit a bit de manera directa, sino que existe una asignación previa de 5 bits por cada medio byte de la fuente original. Una vez realizada esta conversión, el tipo de codificación será similar a la NRZ, pero utilizando los valores indicados en la tabla de conversión 4B5B.

Una vez resuelto el problema común de asignar valores muestras en función de los bits de entrada, implementar una u otra codificación resulta sencilla, de manera que los alumnos han aprendido como trabajar en grupo para resolver un problema les resulta más productivo que enfrentarse al mismo problema por separado.

5.2. Comunicación vertical: pruebas de itinerarios

Tal y como está planteada hasta ahora la experiencia resulta enriquecedora, ya que promueve el trabajo en equipo y entre equipos, pero sin embargo aun puede completarse un poco más. Con este objetivo, en un segundo año, se incluyó la necesidad de realizar pruebas conjuntas entre equipos que trabajan a distintos niveles, de manera que se potenciase aun más la coordinación entre grupos de distintas capas.

De esta forma, se plantean una serie de itinerarios que agrupan una actividad de cada nivel, de manera que, una vez terminado, depurado y entregado el trabajo a realizar por un grupo, se llevan a cabo una serie de pruebas conjuntas en las que cada grupo aporta su módulo. Así se observa cómo la señal se transforma en función del tipo de medio utilizado y otros

factores, como la longitud del cable, su categoría, o el nivel de ruido térmico o impulsivo introducido en el medio. La figura 5 muestra un ejemplo de cómo la señal modulada (arriba) varía al sufrir un ligero ruido térmico (segunda señal), se atenúa ligeramente al utilizar un cable de categoría cinco de 500 metros (tercera señal), o casi por completo al utilizar un cable de inferior categoría y una distancia de 5000 metros. Hay que resaltar que la última señal ha tenido que ser ampliada y reescalada, ya que la mayor parte de frecuencias se encuentran atenuadas.

En este tipo de pruebas conjuntas resulta muy interesante una actividad concreta como es la multiplexación en frecuencia. En la figura 6 encontramos un ejemplo de itinerario en el que se ha aplicado multiplexación de dos fuentes de datos distintas, que han sido codificadas con NRZ y moduladas aplicando ASK OOK. Estas dos señales, que se encuentran representadas en la parte superior del visor, se multiplexan en un mismo medio siendo el espectro resultante el que se muestra en la tercera posición de esta figura. Una vez transmitida la señal por el medio se filtra en el nodo destino utilizando dos filtros paso-banda, de manera que se puede volver a recuperar ambas fuentes por separado. Algunas componentes frecuenciales se mezclan de forma inevitable, y por tanto las señales variarán ligeramente respecto a su representación en el nodo original, como se observa en las señales situadas en la parte inferior del visor.

Por otra parte, se pueden realizar pruebas de itinerarios más reales, como por ejemplo simular la transmisión de datos por un canal telefónico utilizando la norma v.21. Para realizar esta prueba disponemos de todos los ingredientes necesarios. A nivel de codificación y modulación, usamos un NRZ a 300 bps con modulación FSK, utilizando portadoras de 1080 hz con desviaciones de 100 hz a ambos extremos para el canal inferior, y otra portadora de 1750 hz con la misma desviación para el superior. Una vez obtenidas ambas señales de subida y bajada de datos, se utiliza el módulo de multiplexación para combinar ambas fuentes que, una vez multiplexadas, se pasan al módulo de medio físico de transmisión que modela el canal telefónico. Este ejemplo es mucho más próximo al mundo real y por esto el alumno se encuentra más motivado. Además, se les plantea ejemplos de empresas que, para realizar el diseño de sus

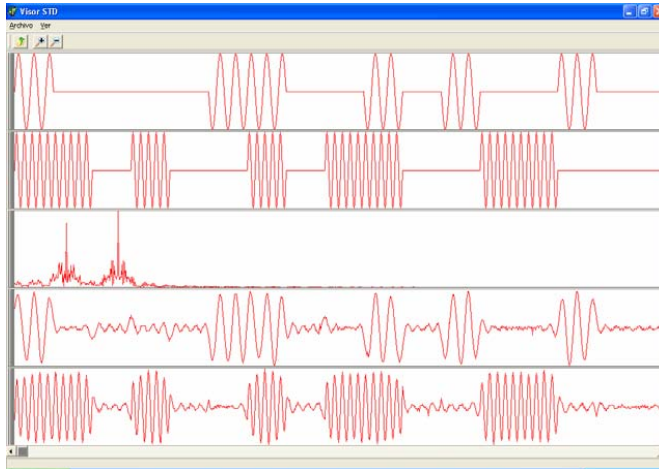


Figura 6. Resultado de un itinerario con multiplexación en frecuencia.

tarjetas de red, hacen estudios de comportamiento del medio similares a los que ellos llevan a cabo, aunque con un nivel de complejidad mayor.

Para realizar las pruebas de itinerarios se dedicaron dos sesiones prácticas de dos horas. En ellas los alumnos ya no sólo cooperaron entre los miembros de un mismo grupo, sino que realizaron las pruebas con personas que estaban trabajando con otros grupos de otros niveles, con lo que adquirieron una visión más global, adoptando distintos puntos de vista, y se favoreció la percepción de la importancia de la coordinación vertical para lograr el correcto funcionamiento del trabajo que se estaba realizando.

6. Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se ha presentado la aplicación de actividades como una nueva metodología docente en una asignatura sobre sistemas de transmisión de datos. Los resultados obtenidos por parte de los alumnos han sido satisfactorios, tanto en el desarrollo de los trabajos en sí, como en la mejora de habilidades para el trabajo en grupo.

Además, mediante una encuesta que se ha pasado a los alumnos, se refleja como el índice de satisfacción por parte de los alumnos es bastante

alto, obteniendo una calificación final de 8,1, medio punto por encima del resultado obtenido al preguntarles por las metodologías docentes más clásicas, como son las sesiones de teoría o las prácticas en el laboratorio.

Como trabajo futuro, y a partir de las experiencias obtenidas durante este año, pretendemos potenciar desde el principio la coordinación entre grupos del mismo itinerario.

Referencias

- [1] Alberto Bonastre Pina, Félix Buendía García, Manuel Pérez Malumbres. *Equipos y Sistemas de Transmisión de Datos*. SPUPV. 1994
- [2] Contreras J.M. *Cómo trabajar en grupo*. Ed. San Pablo. 1997.
- [3] Musitu, G. *Psicología de la comunicación*. Nau Llibres. 1987.
- [4] José Luis Poza, Alberto Bonastre, Jose Oliver. *Aplicación de las directivas EUROPA en la asignatura Sistemas de Transmisión de Datos*. VIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, 2001
- [5] Vicerrectorado de coordinación académica y alumnado. *Una enseñanza orientada al aprendizaje: proyecto EUROPA*. UPV. 2001