

## INGENIERÍA DE PROYECTOS DE RED INFORMÁTICA

José M<sup>a</sup> Rivadeneyra<sup>p</sup>  
*Universidad del País Vasco*

### Abstract

Project Engineering for computer networks is not sufficiently developed. In this document is presented a methodological proposal for computer networks project making. This methodology focuses on the project documentation aspects (Basic Engineering and Detailed Engineering). This involves defining which documents should be included in the project, as well as their contents, together with a guide for the preparation of such documents.

**Keywords:** *Computer Networks Project Engineering, Network Design, Basic Engineering, Detailed Engineering.*

### Resumen

La Ingeniería de Proyectos de red informática está poco desarrollada. En este documento se presenta una propuesta metodológica para la elaboración de este tipo de proyectos de ingeniería. Es una metodología centrada en los aspectos documentales del proyecto (Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalle). Se trata de definir cuáles han de ser los documentos que compongan el proyecto y qué contenido han de tener, y de orientar para la elaboración de esos documentos.

**Palabras clave:** *Proyecto de red informática, Diseño de redes, Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalle.*

### 1. Introducción

Como otros proyectos de ingeniería cuyo objeto es crear una infraestructura, los proyectos de red informática pasan por tres etapas:

- Etapa documental o de definición del proyecto, en la que se diseña la red a construir. Al estudio de esta etapa lo denominamos Ingeniería de Proyectos.
- Ejecución del proyecto definido, o fase de despliegue de red. Es lo que cubre la Dirección/Gestión de Proyectos. En la medida de lo posible, se tiende a solapar esta etapa con la anterior, llegando a considerar la Ingeniería de Proyectos como una parte de la Gestión de Proyectos.
- Explotación de la red.

En lo concerniente al despliegue de red, las metodologías existentes para Gestión de Proyectos en general (PMI, 2008) son también aplicables a los proyectos de red informática.

En cuanto a la definición del proyecto, la situación es diferente. Las metodologías desarrolladas en el mundo de la Informática, metodologías centradas en los proyectos de desarrollo software, no son adecuadas.

Lo propio es aplicar metodologías similares a las que se aplican en otras ingenierías cuyos proyectos dan lugar a infraestructuras, pero es algo que hasta ahora no se está haciendo: lo habitual, hoy día, es que las redes informáticas se implanten sin que se haya hecho

previamente un proyecto en el que se evalúen las necesidades que hay, se estudien las alternativas técnicas, y se diseñe la red apropiada a las necesidades y condicionantes definidos. Como mucho, en algunos casos se acomete la elaboración de un proyecto de infraestructura de red (conocido como *proyecto telemático*), que únicamente cubre la definición del sistema de cableado y redes de telecomunicación subyacentes a la red informática. Todavía hoy, la elaboración del necesario proyecto de red se ve habitualmente sustituida por una estimación de cómo ha de ser la red, en base a los conocimientos y experiencia del responsable de la implantación de esa red. Esto suele desembocar en redes que combinan la incapacidad para satisfacer las necesidades que han de cubrir, con infraestructuras sobredimensionadas que dan lugar a grandes ineficiencias y costos desorbitados.

Frente a esta realidad, tanto desde el sector empresarial como desde el académico, se recoge, en diferentes documentos, la demanda de incluir en el currículo informático la formación para el diseño de redes de computadores, como vía indispensable para que esta situación cambie.



Figura 1. Perfil de las necesidades de títulos universitarios del sector de las TIC, incluidos nuevos currículos que combinen elementos de los programas tradicionales de ingeniería y de informática. Fuente: (Cedefop, 2001).

En el campo académico tenemos como referencia ampliamente aceptada el *Computing Curricula* de la ACM (Shackelford, 2005), en donde los aspectos de diseño de red aparecen ligados principalmente a las propuestas de grado en *Computer Science* e *Information Technologies*. En España, el Libro Blanco del Título de Grado en Ingeniería Informática (Casanovas, 2004) recogía para el perfil de Sistemas de esa titulación los contenidos de Ingeniería de comunicación de datos, Diseño de redes de comunicación, e Ingeniería de

integración y pruebas. Posteriormente, en las recomendaciones para la propuesta de títulos de Ingeniería Informática hechas por el Consejo de Universidades de nuestro país, se vuelven a asociar a las titulaciones de Ingeniería Informática la capacidad para “seleccionar, diseñar, desplegar, integrar y gestionar redes e infraestructuras de comunicaciones en una organización” (Consejo de Universidades, 2009).

En el campo empresarial e institucional tenemos como referencia europea el *Career Space* (Cedefop, 2001). En este documento se demanda a las universidades la elaboración de nuevos currículos que contengan elementos que se encuentran en la confluencia entre la Informática y las Telecomunicaciones. En esa confluencia es donde está, precisamente, lo ligado al diseño de redes informáticas (ver figura 1).

La respuesta a esas demandas de técnicos formados en la elaboración de proyectos de red informática se topa con la falta de un estándar o un método ampliamente usado para ello. Tampoco hay muchas propuestas al respecto que estén bien documentadas. Desde la Ingeniería de Telecomunicación tenemos alguna publicación, pero limitada a los aspectos de diseño y despliegue de infraestructuras de red (Alvarez, 2001), dejando de lado lo fundamental: el diseño de la red cuya infraestructura se ha de desplegar. Los aspectos de ingeniería de tráfico y dimensionamiento de red, basados en teoría de colas, están cubiertos en la bibliografía (Bertsekas, 1991; Ross, 1995), pero, nuevamente, lo cubierto es sólo un aspecto muy parcial de la elaboración de un proyecto de red informática.

Hay algunas, pocas, publicaciones que trabajan aspectos parciales de la Ingeniería de Proyectos de red. Unas se limitan a algunos aspectos de la Ingeniería Básica (Spohn, 1997). Más recientemente, se ha empezado a aplicar la teoría de sistemas al diseño de redes (Oppenheimer, 2004; McCabe, 1998), pero sigue sin haber ninguna propuesta metodológica completa que abarque todos los aspectos de un proyecto de red.

## **2. Objetivo**

Hacer una propuesta metodológica para la elaboración de proyectos de red. Nos centraremos, por tanto, en la etapa documental del proyecto, sin tratar aspectos de su implantación ni explotación más que en aquello que sea necesario tener en cuenta para la ingeniería básica y de detalle. En los apartados que siguen de este documento se hace una descripción general de la metodología definida.

## **3. Características y fases en la metodología propuesta**

### **3.1 Características**

Son fundamentalmente dos las características de la metodología definida:

- Es una adaptación para redes informáticas de las metodologías habituales para la definición de proyectos en otras ingenierías con dilatada experiencia en proyectos de infraestructuras (industrial, civil ...).
- Es una metodología general, aplicable a cualquier proyecto de red. Como necesaria contrapartida a esa generalidad, esta metodología no entra a detallar cómo han de completarse, con todo detalle, cada uno de los pasos a dar que establece la metodología. Al igual que ocurre con las normas para la elaboración de documentación de proyectos (UNE 157001; UNE 157801), no se pretende determinar los métodos y procesos específicos de elaboración de la documentación del proyecto ni para su ejecución. El mayor o menor desarrollo de los aspectos definidos en esta metodología dependerá del tipo de proyecto de red de que se trate y de su destino. Es decir, también es flexible en su aplicación, en función de cada proyecto, pudiendo el proyectista valerse

de partes de ella, obviar otras, y añadir aquello que vea necesario en cada caso. En la misma línea, no se define el formato de documentos, quedando en manos del proyectista la libertad de generar esos documentos de manera más o menos formal según las circunstancias y necesidades que tenga.

### 3.2 Fases del proyecto

En las ingenierías clásicas, la etapa documental del proyecto se suele estructurar en tres fases: estudios previos, ingeniería básica, e ingeniería de detalle. Esas mismas fases son aplicables al caso de proyectos de red informática, pero, evidentemente, el contenido de las mismas difiere con respecto a esas ingenierías clásicas. En los proyectos de red informática, los estudios previos son fundamentalmente un análisis de necesidades y requerimientos. En la figura 2 aparecen estas fases, amén de las entradas y salidas de cada una.

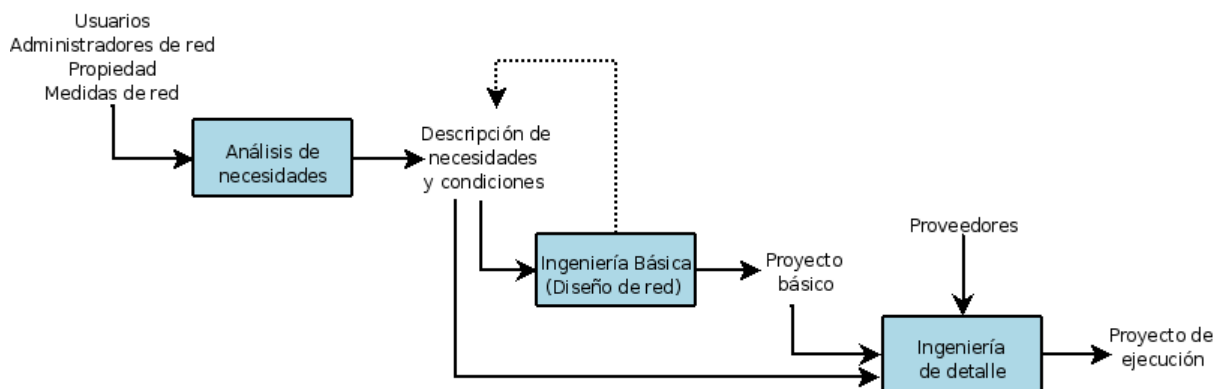


Figura 2. Fases del proyecto de red informática.

## 4. Análisis de necesidades

El objetivo de esta fase es definir claramente cuáles son las necesidades que ha de satisfacer la red a proyectar, y bajo qué premisas ha de hacerse el diseño de la misma.

### 4.1 Fuentes de información

Los *inputs* de esta fase vienen principalmente dados por dos grupos de personas: los que encargan la red al proyectista (el promotor), y aquellos que la van a usar, englobando en este segundo grupo tanto a los usuarios de las aplicaciones y servicios de red, como a los administradores de la misma. Cuando se parte de una red preexistente para hacer el proyecto, una fuente de información muy valiosa acerca de las necesidades de red pueden ser las medidas obtenidas sobre la red actualmente en funcionamiento. No obstante, puede ocurrir que no se disponga de esas medidas y que no sea posible hacerlas, o que aún siendo posible hacerlas, no merezca la pena por el costo en tiempo y en dinero que supondrían.

### 4.2 Resultado

El resultado de la primera fase ha de ser un documento de descripción de necesidades y condiciones del diseño. Este documento debería incorporarse al contrato firmado entre quien encarga el proyecto y el proyectista, por lo que es fundamental que esté completo y claramente escrito. Debe contener, al menos, los siguientes apartados:

1. Descripción de la entidad que necesita la red. Conviene que además de la entidad se describa, en términos generales, para qué se necesita la red y para qué se la va a usar.
2. Descripción de las condiciones que ha de cumplir el diseño. Evidentemente, la primera condición será que cubra las necesidades que se definan. Otras condiciones habituales son:
  - Condiciones heredadas de una red preexistente.
  - Condiciones económicas del diseño, despliegue, y mantenimiento de red. Se debe definir un margen de error aceptable.
  - Condiciones legales. La normativa a considerar depende mucho del tipo de red que se esté diseñando.
  - Estándares tecnológicos de obligado cumplimiento.
3. Definición de prioridades del diseño. Por ejemplo, será necesario esclarecer la prioridad entre la seguridad y la operatividad de la red.
4. Por cada servicio de red, ha de hacerse una descripción de sus necesidades, desglosado en:
  - Necesidades de los usuarios.
  - Necesidades para garantizar la seguridad del servicio.
  - Necesidades para posibilitar o facilitar la gestión del servicio.
5. Por cada servicio, además de las necesidades, debe definirse la disponibilidad del servicio de forma numérica y medible. Esto es necesario para poder verificar si el diseño, bien en una simulación previa, bien una vez ejecutado, satisface o no las necesidades definidas.
6. Necesidades generales de seguridad y gestión de red. En este apartado deben definirse aquellas necesidades que no están ligadas a ninguna aplicación ni servicio de red en concreto.

## **5. Ingeniería Básica de proyectos de red informática**

Ésta es la fase más compleja del proyecto de red, pues es donde se acomete el diseño de la misma. En teoría, toda la información necesaria para afrontarla estará recogida en la descripción de necesidades y condiciones del diseño generada como resultado del análisis de necesidades. El resultado de esta fase es el proyecto básico de red, que es un documento descriptivo de la red diseñada. Estará compuesto por la memoria técnica y el presupuesto estimado de implantación y explotación. La memoria técnica la componen una serie de documentos que serán, al menos, los siguientes:

- Topología de red.
- Características de seguridad de la red.
- Características de gestión de la red.
- Dimensionamiento de la red.
- Características de direccionamiento.

El documento central es la descripción topológica de la red, pues en ella se refleja buena parte del contenido de los demás. De hecho, no puede darse por concluida la elaboración de los mapas de red que describen la topología hasta no haber terminado los tres siguientes documentos. Por otro lado, para iniciar cada uno de esos otros tres documentos, es

necesario tener una topología inicial. Por ello la secuencia de tareas a seguir en esta fase de definición de la red es la de la figura 3.

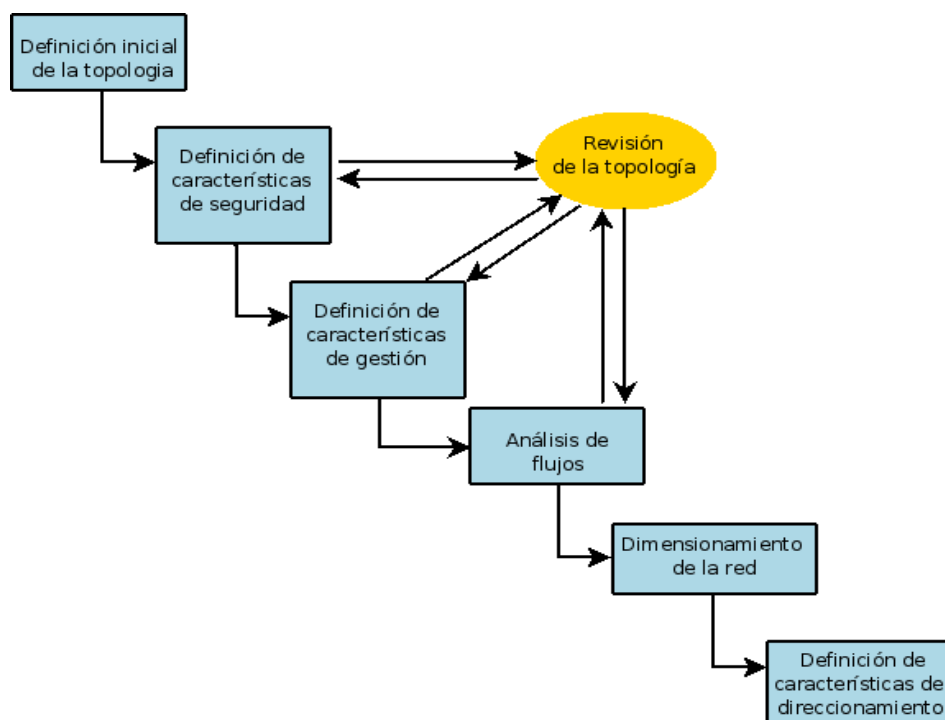


Figura 3. Tareas en la elaboración de la memoria técnica del Proyecto Básico.

El análisis de flujos es una tarea previa y necesaria para poder afrontar el dimensionamiento de la red. De hecho, podríamos considerarla subsumida en ese dimensionamiento, pero dado su peso específico, es mejor consignarla aparte. La inclusión o no del documento de descripción de flujos en el proyecto básico es algo opcional, aunque recomendable.

## 5.1 Topología

La definición de la topología inicial de red se compone de dos pasos:

1. Definición de la estructura de partida de la red. Supone la definición de las subredes que compondrán la red. Para esa definición se aplican sucesivamente tres criterios, de los que los dos primeros son inevitables, mientras que, a veces, el tercero no es aplicable:
  - Criterio geográfico: se han de establecer las subredes físicas necesarias a que nos veamos obligados por la distribución geográfica de los usuarios.
  - Definición de red troncal y redes de acceso.
  - Criterios funcionales: se establecen subredes para atender a las funciones de las mismas. La aplicación de estos criterios es fuertemente dependiente de la estructura y necesidades de la entidad usuaria de la red a diseñar.
2. Ubicación inicial de servidores, equipos de usuario de red, equipos de conmutación, y nodos de acceso.

## 5.2 Características de seguridad

La definición de características de seguridad de una red se estructura en tres bloques:

- Control de accesos. Lo fundamental en este punto será la definición de la red o redes perimetrales (DMZ o *screened subnet*) que se incorporan a la topología inicial. Además

han de establecerse otras cosas como puntos y condiciones de acceso autenticado a la red, nivel de aislamiento entre subredes, uso de enmascaramiento de direcciones IP, definición del uso de proxies y pasarelas para determinados servicios, o restricciones de control de accesos a los equipos de usuario y a servidores.

- Confidencialidad de las comunicaciones. Supone la definición del uso de criptografía en el tráfico interno y externo de la red, al margen de aquellos usos en aplicaciones específicas que ya vengan determinados en la descripción de necesidades. Esto suele llevar a la definición de aspectos como definición de VPNs o definición de componentes para gestión de claves (servidores de claves).
- Monitorización de red: definición de la necesidad (o no) de monitorizar la red por razones de seguridad. Con ello se definirá la necesidad de usar sistemas IDS, y se adoptarán las modificaciones necesarias en la topología.

### **5.3 Características de gestión**

En esta definición de características se ponen las bases de lo que será la gestión de la futura red, y, por ello, muchos aspectos de la misma, quedarán aquí definidos. No obstante, no debe pretenderse definir aquí, de manera exhaustiva, cuáles y cómo van a ser los procedimientos de gestión de la red. Aspectos típicos a definir son:

- Control de configuraciones, fundamentalmente si se hará por red o 'in situ'.
- Gestión de copias de seguridad. En función de las necesidades recogidas en la primera fase del diseño, habrá que establecer la necesidad o no de incorporar una red específica para copias de seguridad.
- Capacidad para monitorización de red con fines de gestión. Esta monitorización puede ser necesaria para la gestión del rendimiento de la red, la gestión del uso de la misma por parte de los usuarios, o para el seguimiento de la evolución de los flujos de tráfico.
- Capacidad de la red para la gestión de fallos (detección, aislamiento, diagnóstico y corrección de problemas).

### **5.4 Características de direccionamiento**

En este apartado se deben definir las bases para la gestión de direcciones en la red. Algunos aspectos que casi siempre hay que aclarar son:

- Uso de NAT, y, en caso afirmativo, con qué objetivos (seguridad, economía de direcciones públicas). También habrá que definir la estructura del servicio: qué servidores NAT se incluyen en la topología, y a quién darán servicio.
- Relación entre subredes físicas y espacios de direccionamiento.
- Uso de DHCP y, en caso afirmativo, definir la estructura del mismo: cuantos servidores habrá, a quien y cómo dará servicio cada uno de ellos (estático, dinámico), y dónde se ubicarán.
- Si se va a admitir/generar tráfico multidestino o no. En caso afirmativo habrá que definir el uso de IGMP: qué encaminadores lo soportarán.
- Uso de direcciones IPv6.

Además de las cuestiones referidas al direccionamiento IP, hay que definir el direccionamiento a nivel de transporte, es decir, la asignación de puertos a aplicaciones no estándar que vayan a usar la red, o incluso la reasignación de puertos a aplicaciones estándar (por ejemplo, por razones de seguridad). Más que definir exactamente sobre qué

puertos se ha de trabajar, de lo que se trata es de definir para qué aplicaciones hay que establecer esos puertos. Será en las fases de implantación y explotación de la red en la que se decidan los números concretos de puerto a usar.

## **6. Ingeniería de Detalle**

El resultado de la Ingeniería de Detalle es el proyecto de ejecución o proyecto de detalle. En él lo fundamental es el conjunto de especificaciones técnicas que definen exactamente cómo han de ser los componentes de la red a implantar y explotar. Acompañan a las especificaciones técnicas en el proyecto de ejecución un presupuesto detallado y un plan de implantación de red.

Para elaborar correctamente el proyecto de ejecución, el ingeniero proyectista deberá ser buen conocedor de las técnicas, equipos, y software disponibles en el mercado, y del precio aproximado de la adquisición, instalación y mantenimiento de todo ello. El punto de partida de la Ingeniería de Detalle (ver figura 2) es necesariamente la descripción de la red contenida en el Proyecto Básico. Sin embargo, también será necesario consultar el documento de necesidades fruto del análisis inicial. Otra fuente de información necesaria son los catálogos actualizados de productos de los proveedores: nos ponen al día de qué es lo que tenemos disponible en el mercado.

Un serio problema al que se enfrenta la Ingeniería Informática al abordar la elaboración del proyecto de detalle, es la rapidez con que las especificaciones técnicas y el presupuesto detallado pueden quedar desfasados. El ritmo al que evolucionan la tecnología y el mercado informáticos obligan a usar unos plazos muy reducidos para la elaboración de este proyecto de detalle y para su ejecución, algo que, en el caso de las contrataciones sometidas a concurso, puede ser incompatible con los imperativos legales o administrativos.

### **6.1 Especificaciones técnicas**

No se puede establecer de manera categórica cual va a ser el conjunto de especificaciones técnicas que aparezcan en el proyecto, pues depende bastante de cómo sea el diseño. Un criterio apropiado para hacer ese desglose es agrupar los equipos por lotes de compra, de manera que se puedan asignar distintas partes de la memoria a distintos proveedores sin encontrarnos con problemas de incompatibilidades. Una propuesta de estructuración general de las especificaciones técnicas es la siguiente:

- Especificación de los equipos de usuario.
- Especificación de servidores de aplicaciones de red.
- Especificación de los equipos y soft para gestión y seguridad de la red.
- Especificación de las redes internas. Supone la especificación de los equipos de conmutación e interconexión de redes, puntos de acceso inalámbricos, y, en general, equipamiento para SCE (Sistema de Cableado Estructurado).
- Especificación de las conexiones externas. Supone la especificación de:
  - Las líneas a contratar, definiendo los parámetros QoS (Calidad de Servicio) a exigir a los proveedores,
  - Los encaminadores a usar conectados a esas líneas, definiendo sus características hard y soft (sistema operativo, aplicaciones, protocolos de encaminamiento a usar, si procede, y soft para seguridad y gestión). Una alternativa organizativa de la memoria es incluir la especificación de estos equipos en la especificación de equipos para gestión y seguridad de la red.



## 6.2 Plan de implantación

El plan de implantación de la red (o ejecución del proyecto), consta de tres partes:

- Plan de despliegue de la red.
- Plan de formación de administradores, técnicos y usuarios.
- Plan de migración de servicios de red y usuarios.

Esta tercera parte del plan de implantación únicamente será necesaria en el caso, bastante habitual, de que la red diseñada venga a sustituir a una red preexistente.

Sobre el plan de despliegue, su objetivo es garantizar que la construcción de la red se hace de manera ordenada y controlada, garantizando que el resultado final cumplirá las especificaciones para las que ha sido diseñada. Típicamente, un plan de despliegue contendrá los siguientes pasos:

1. Obtención de direcciones IP públicas y registro de nombres DNS.
2. Despliegue del cableado e infraestructuras de red (canalizaciones, armarios, puntos de acceso cableados y no cableados ...).
3. Testeo y certificación del cableado.
4. Elaboración del mapa de direcciones y nombres.
5. Instalación, configuración y prueba de encaminadores. Nótese que esta labor es distinta del despliegue físico de la red, y que es imposible llevarla a cabo sin la elaboración del mapa de direcciones y nombres.
6. Despliegue de servidores y servicios.
7. Testeo y certificación de servidores y servicios.
8. Despliegue de equipos de usuario.
9. Testeo y certificación de equipos de usuario.

El plan de despliegue debería incluir un calendario de implantación que detalle la duración estimada de cada una de estas tareas y la relación temporal entre ellas.

## 7. Conclusiones

Este artículo abre camino en un área de la Ingeniería de Proyectos poco transitada como es la de proyectos de red informática. En él se establece una guía o referencia de lo que debe ser un proyecto de este tipo en su parte documental, los pasos que se deben dar, y los documentos que se deben generar. Las conclusiones a las que se llegan tras analizar el trabajo desarrollado son las siguientes:

1. Se hace una aportación en un terreno donde la falta de metodologías redundaba en unos deficientes resultados.
2. La metodología propuesta supone la integración de los proyectos de red informática en la misma dinámica de proyectos del resto de las ingenierías.
3. Se define lo que debe contener un proyecto de red informática, y las tareas a acometer para crearlo, pero no se entra a determinar las técnicas a usar para cada paso a dar en el desarrollo del proyecto. Esto dota a la metodología de la suficiente flexibilidad para adaptarse a los progresos que se vayan produciendo en las distintas áreas que se trabajan en el desarrollo del proyecto.
4. Para mejorar la utilidad y el valor de esta metodología como herramienta para futuros y actuales profesionales, es preciso un desarrollo con más profundidad y detalle de algunos de los aspectos y tareas expuestos en este artículo.

## Referencias

- Alvarez S., Bejarano J., Alvarez E., Carrasco P., "El proyecto telemático", *COIT*, 2001
- Bertsekas D., Gallager R., "Data Networks", 2<sup>nd</sup> ed., *Prentice-Hall*, 1991
- Casanovas et al., "Libro Blanco Título de Grado en Ingeniería Informática", ANECA, 2004.
- Cedefop, "Directrices para el desarrollo curricular. Nuevos currículos de TIC para el siglo XXI: el diseño de la educación del mañana". *Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas*, 2001.
- Consejo de Universidades, Acuerdo del 3/3/2009.
- McCabe J. D., "Practical Computer Network Analysis and Design". *Morgan Kaufmann Publishers*, 1998.
- Openheimer P., "Top-Down Network Design", 2<sup>nd</sup> Ed. *Cisco Press*, May 2004.
- Project Management Institute (PMI), "A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 4th edition", 2008.
- Ross, K.W. "Multiservice Loss Models for Broadband Telecommunication Networks". *Springer*, 1995.
- Shackelford et al., "Computing Curricula 2005", *ACM, IEEE*, 2005.
- Spohn D.L., "Data Network Design", 2<sup>nd</sup> Ed. *McGraw Hill*, 1997.
- UNE 157001, "Criterios generales para la elaboración de proyectos", AENOR, 2002.
- UNE 157801, "Criterios generales para la elaboración de proyectos de sistemas de información", AENOR, 2007.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado con financiación recibida del Departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco [SAIOTEK S-PE07UN30,S-PE08UN79], la Universidad del País Vasco/EuskalHerriko Unibertsitatea [GIU08/27] y del Departamento de Innovación y Sociedad del Conocimiento Diputación Foral de Gipuzkoa [OF-94/2008].

**Correspondencia** (Para más información contacte con):

José M<sup>a</sup> Rivadeneyra

Facultad de Informática

Campus de Ibaeta s/n 20018 Donostia-San Sebastián

Phone: +34 943 018039

Fax: + 34 943 015590

E-mail: jm.rivadeneyra<arroba>[ehu.es](mailto:jm.rivadeneyra@ehu.es)