

IEEE-UNED



**BOLETÍN
ELECTRÓNICO**

RAMA DE ESTUDIANTES IEEE-UNED

19-JUNIO-2006 (BOLETÍN Nº5)



basarascanutas

RAMA DE ESTUDIANTES IEEE-UNED
19-JUNIO-2006

COORDINADOR Y EDITOR:
Alejandro Díaz (adiazh@ieee.org)

REVISIÓN:
Manuel Castro
Eugenio López
Alejandro Díaz

DISEÑO PORTADA:
Ignacio García

AUTORES
Eugenio López, Sergio Martín, Juan M. Martín, Alejandro Díaz,
Pablo Gómez, José Carpio.

**EN COLABORACIÓN CON EL CAPÍTULO ESPAÑOL DEL
IEEE EDUCATION SOCIETY**
AGRADECIMIENTOS

“Agradecemos a nuestro Catedrático de Tecnología Electrónica y profesor consejero de la Rama, Manuel Castro, todo el tiempo y la dedicación que nos presta, así como, el habernos dado la posibilidad de colaborar con el Capítulo Español del IEEE Education Society para la elaboración del mismo. Agradecemos a todos los autores, destacando a nuestros profesores José Carpio y Juan M. Martín, y a aquellos que han colaborado para hacer posible este Boletín Electrónico”.



ÍNDICE

SUMARIO	4
INFORMACIÓN Y URLS.....	5
PROMOCIÓN DE LA DIRECTIVA PROPUESTA DE LA RAMA DE ESTUDIANTES IEEE-UNED PARA EL AÑO 2006	7
TECNOLOGÍA AJAX.....	8
GESTIÓN DE APLICACIONES BASADAS EN LOCALIZACIÓN MEDIANTE REDES WI-FI	13
INTEGRACIÓN DE CONTROL ADAPTATIVO PREDICTIVO EXPERTO VÍA OPC EN LOS MODERNOS SISTEMAS DE CONTROL	24
MODELOS DE GESTIÓN DE COSTES BASADO EN LAS ACTIVIDADES...	36
EL FUTURO DE LA INGENIERÍA ELÉCTRICA.....	40
INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	49
INFORMACIÓN GENERAL RESUMIDA	59

SUMARIO

Para comenzar el boletín electrónico nº 5, se presenta como en ediciones anteriores un primer apartado de **Información** general de la Rama y **URLs** de interés general propuestas por los miembros con comentarios.

Como primer artículo tenemos, **“Tecnología AJAX”**, escrito por nuestro compañero y presidente de la rama de estudiantes del IEEE, *Eugenio López*. En él, se puede profundizar sobre una tecnología que resultará de interés a aquellos que les apasione el mundo de Internet, y donde se mezclan diversas tecnologías informáticas para desarrollar aplicaciones más interactivas con el Desarrollo Web.

A continuación, *Sergio Martín Gutiérrez*, nos resume y explica las amplias posibilidades de la tecnología inalámbrica Wireless LAN para aplicaciones en un entorno universitario como sistemas de localización geográfica, a través del interesante artículo **“Gestión de Aplicaciones basadas en Localización mediante Redes WI-FI”**.

Tras ello, nuestro profesor y catedrático, *Juan M. Martín Sánchez* nos obsequia con el artículo **“Integración de Control Adaptativo Predictivo Experto vía OPC en los modernos Sistemas de Control”**, donde se describe la evolución en las técnicas de control desde el inicio de la automatización hasta nuestros días, y la existencia de un nuevo estándar para el control avanzado de procesos, de fácil utilización y de probada eficacia basado en la metodología de Control Adaptativo Predictivo Experto

En el siguiente artículo, escrito por Pablo Gómez **“Modelos de Gestión de Costes basado en las Actividades”**, se tratan las nuevas tendencias en los sistemas de producción de utilizar diversas herramientas de simulación dinámicos para estudiar posibles mejoras en la producción

Por otro lado, *José Carpio*, profesor y catedrático del Departamento de Ingeniería Eléctrica nos aporta un interesante artículo, **“El Futuro de la Ingeniería Eléctrica”**. En él, se habla de la importancia y las posibilidades de futuro de los Ingenieros Industriales especializados en el sector Eléctrico.

Por último, Alejandro Díaz, realiza un artículo sobre energía solar, concretamente sobre energía Solar Fotovoltaica, **“Introducción a la energía solar Fotovoltaica”**. Donde se habla de algunas de las ventajas de estos sistemas, sus principales componentes, y sus principales aplicaciones.

INFORMACIÓN Y URLS

En esta sección se pretende dar información general de la Rama y URLs de interés general propuestas por los miembros.

Tras finalizar el pasado curso con gran satisfacción por la consolidación de la rama de estudiantes de IEEE-UNED, entramos en el segundo semestre de este nuevo curso (2006-2007) con energías renovadas y la responsabilidad por parte de todos los miembros de mejorar el buen trabajo realizado durante el pasado año por toda la junta directiva de la rama. Intentando poco a poco de mejorar lo máximo posible todas las actividades ya consolidadas como son el boletín, y de iniciar otras como puedan ser seminarios, cursos, la plataforma aLF, etc. Eso sí intentando al igual que antes, que nuevos miembros se afilien y de esta forma ir creciendo en número y en actividades. La clave del éxito de la Rama de la UNED, al igual que el resto de Ramas de todo el mundo, es el voluntariado. Por tanto, agradecer a todas las personas que hacen esto posible, y que sin su ayuda no se hubiera podido llevar a cabo. Agradecer a todos los miembros que están en la Rama, que han decidido formar parte de ella y agradecer a todos los voluntarios que han colaborado en las actividades realizándolas y llevándolas a cabo, así como, a todos los autores de los artículos.

Parte de la idea de ofrecer una diversidad cultural diferente entre los estudiantes donde nosotros mismos somos los que dedicamos los esfuerzos voluntarios en pro del bien común en cuanto a conocimientos, contactos y la posibilidad de compartir actividades técnicas, científicas y tecnológicas.

La Rama se consigue consolidar inicialmente con 37 miembros en noviembre del año 2004.

La información general sobre sus actividades e información de cómo hacerse miembro la hemos colocado en la página Web: www.ieec.uned.es/IEEE dentro del enlace de la Rama de Estudiantes.

Las actividades principales que se pretenden realizar son: charlas, cursos, congresos, concursos, actividades educativas, visitas a empresas y organizaciones, interrelación cultural y multidisciplinar y cualquier actividad que quiera desarrollar cada uno de sus miembros.

Actualmente puede participar cualquier estudiante de las carreras de Ingeniería Informática y de Ingeniería Industrial de la UNED.

A continuación, se muestra un resumen de algunas de las actividades propuestas durante el primer semestre por la rama de estudiantes de la UNED del IEEE o en colaboración con otras ramas de estudiantes del IEEE.

- Conferencia “Pilas de combustible en vehículos eléctricos e híbridos. Otras aplicaciones” por el Dr. Kaushil Rajashekara, Fellow IEEE. IAS Distinguished. Lecturer. 19 junio 2006.
- Conferencia sobre ADEX con el Catedrático Juan Manuel, que hablará sobre la Empresa ADEX y el Control Adaptativo Predictivo Experto. 19 Junio 2006.



- Concurso internacional sobre el lema "Tesla - Neverending Story". Trabajos que promocionen o investiguen sobre el citado Físico (es su 150 cumpleaños).
- Jornadas Tecnológicas o de introducción a la ingeniería junto a otras 2 asociaciones: TIR (Taller de Informática y Redes) y ESIBoT (Asociación de Robótica). Escuela de Ingenieros (e Informática) de la Universidad de Sevilla. Mes de Marzo.
- Congreso mundial de Ramas de estudiantes del IEEE. SBC 2006. Agosto y septiembre 2006.

También se han recibido algunas URLs, que pueden ser de gran interés para los miembros, como pueden ser:

- <http://www.voltimum.es/index.jsp?universe=home>: Portal de instalación y material eléctrico, donde se pueden consultar los catálogos de los principales marcas y fabricantes del sector. Así mismo se pueden consultar normativas y reglamentaciones vigentes actualmente, y se puede tener información sobre seminarios y formación técnica. dentro del sector eléctrico.
- <http://www.asif.org/>: página Web del centro de información de la asociación de la industria Fotovoltaica, donde se pueden consultar diversos artículos y libros editados por ASIF e interesantes galerías sobre instalaciones y productos.
- <http://www.idae.es>: Página web del instituto para la diversificación y ahorro de la energía, desde el cual se puede acceder al "plan de Acción de Ahorro y Eficiencia" con el objetivo de propulsar el ahorro de energía primaria en un 8,5% durante el periodo del 2005-2007. Así como consultar el "Plan de Energías Renovables2005-2010", con el objetivo de conseguir abastecer el 12,1% de la energía primaria con energías renovables para el 2010, tras los compromisos internacionales de España con el "Protocolo Kioto"
- <http://www.unesa.es/>: Página oficial de UNESA, donde se aclaran conceptos sobre el sector eléctrico, la regulación en España y Europa y el funcionamiento en las centrales eléctricas, así como diversas publicaciones sobre la electricidad.
- http://www.es.prysmian.com/es_ES/cs/index.jhtml?_requestid=28942 : Página Web de Prysmian, nueva marca de la bien conocida Pirelli, Líder del Mercado y el referente en cuanto a innovación en las principales actividades de cables de Energía (Tanto de Alta Tensión y Baja Tensión) y Telecomunicaciones.

PROMOCIÓN DE LA DIRECTIVA PROPUESTA DE LA RAMA DE ESTUDIANTES IEEE-UNED PARA EL AÑO 2006



Eugenio López. Presidente de la Rama de Estudiantes del IEEE-UNED. Estudiante de Doctorado en el DIEEC. Ingeniero Industrial. elopez@ieec.uned.es



Ignacio García. Vicepresidente de la Rama de Estudiantes del IEEE-UNED. Estudiante de Ingeniería Industrial. nachogcg@hotmail.com



Elio Sancristobal. Secretario de la Rama de Estudiantes del IEEE-UNED. Estudiante de Doctorado en el DIEEC. Ingeniero Informático. esancr@yahoo.es



Javier García. Tesorero de la Rama de Estudiantes del IEEE-UNED. Estudiante de Ingeniería Industrial. garciajimenez@hotmail.com



Manuel Castro. Catedrático de Tecnología Electrónica. Profesor Consejero de la Rama de Estudiantes del IEEE-UNED. Miembro Señor del IEEE y actual presidente del capítulo Español de la IEEE Education Society recién creada en España. mcastro@ieec.uned.es



Alejandro Díaz. Coordinador del Boletín Electrónico de la Rama de Estudiantes del IEEE-UNED. Ingeniero Industrial por la UNED. adiazh@ieee.org

Durante el año 2006 el Comité de socios y bienvenida, esta siendo llevado por la totalidad de la junta directiva.



TECNOLOGÍA AJAX

Eugenio López Aldea
Ingeniero Industrial.
Presidente Rama IEEE-UNED
E-mail: elopez@ieec.uned.es

Introducción

A primera vista y para los que no se relacionan con el sector informático, AJAX puede sonar a nombre de producto limpia hogares. Sin embargo, AJAX es también una mezcla de Tecnologías que permiten hacer cosas sorprendentes cuando te conectas a Internet. De esta segunda aplicación es de la que hablaremos a continuación.

AJAX [1], significa Asynchronous JavaScript And XML (JavaScript y XML asincrónicos) es una mezcla de tecnologías informáticas para el desarrollo de aplicaciones más interactivas en relación con el Desarrollo Web.

Visión general

En las aplicaciones web tradicionales, los usuarios interactúan con los formularios de una forma interactiva. Sin embargo, la dinámica normal consiste en la respuesta de un servidor una vez que se solicita una consulta determinada, como si de un partido de ping – pong se tratara. Por ejemplo, el visitador de una página que desea buscar algo en Google (buscador por excelencia), pulsa una opción “buscar” y es en ese momento en el que se hace una consulta al servidor que proporcionará los resultados esperados. Por tanto, el servidor no se utilizará a menos que se realicen consultas al mismo cuando el usuario las solicita (Fig1). Esto impide la realización de cualquier actividad continua, como un juego o una aplicación.

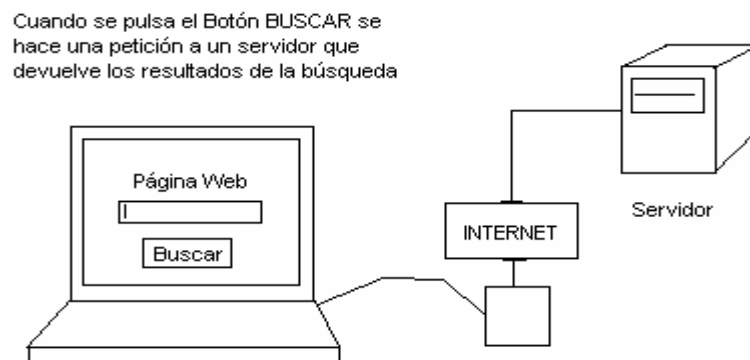


Figura 1. Petición a un Servidor de una búsqueda

Para sortear este inconveniente, varias empresas desarrollaron plataformas que se cargan dentro del navegador, como Macromedia Flash o Java, previa descarga de los plugin respectivos.

Con el modelo AJAX, se crea una capa intermedia entre el cliente y servidor tradicional permitiendo hacer aplicaciones sorprendentes en la Web cargando y renderizando una página. Mantenerse en esa página, mientras rutinas van al servidor buscando, de forma transparente al usuario, los datos que son usados para actualizar la página y sólo volviendo a renderizar la página y mostrando u ocultando porciones de la misma.

Ejemplos

Como ejemplo, si se desea realizar una búsqueda, la empresa Google permite que esta sea más interactiva en Google Suggest [2] (Fig 2)

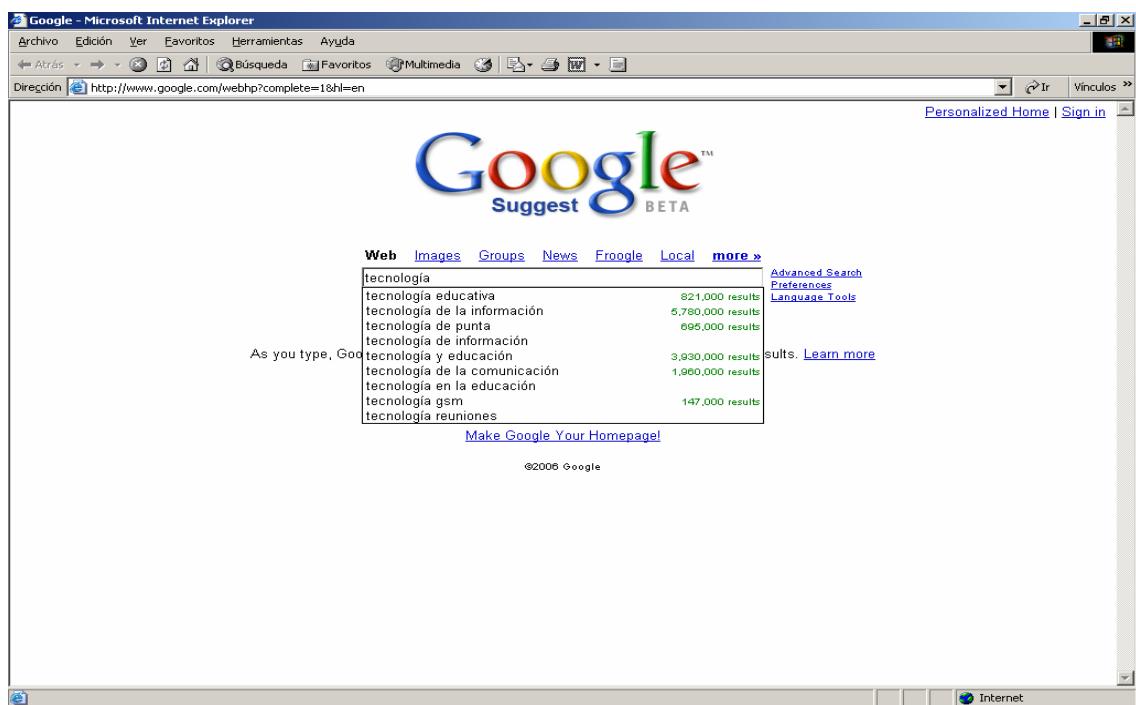


Figura 2. Página de Google Suggest.

En la página de Google Suggest, según escribes la palabra que deseas buscar, el buscador te ofrece sugerencias entorno a esa palabra. Se ha creado una capa intermedia entre el Servidor y el Cliente que permite ir haciendo consultas según se escribe la palabra y sin esperar a terminar de escribirla.

Otra aplicación interesante que ofrece esta Tecnología, es Google Map [3] (Fig 3). Según se arrastra el mapa, se realizan solicitudes al servidor del mapa de alrededor, para así no tener que cargar el mapa cada vez que se desee mover, dando la sensación de disponer de todo el mapa continuamente.

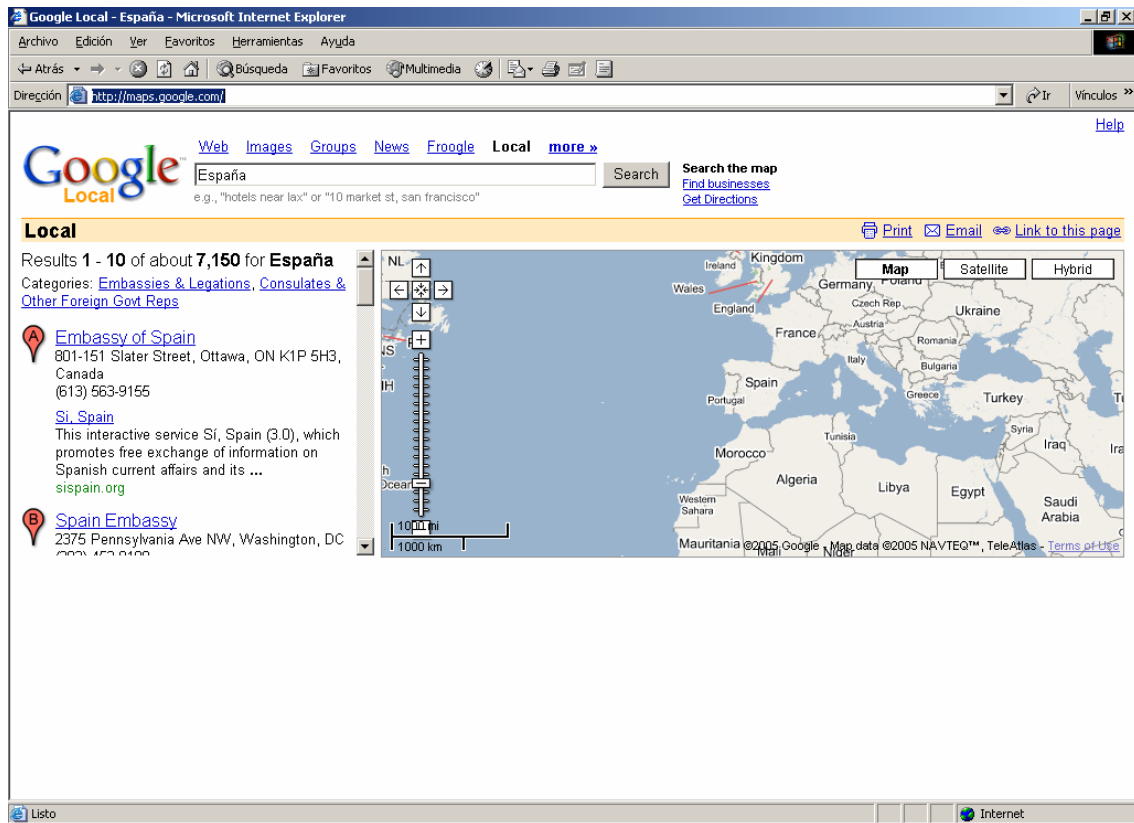
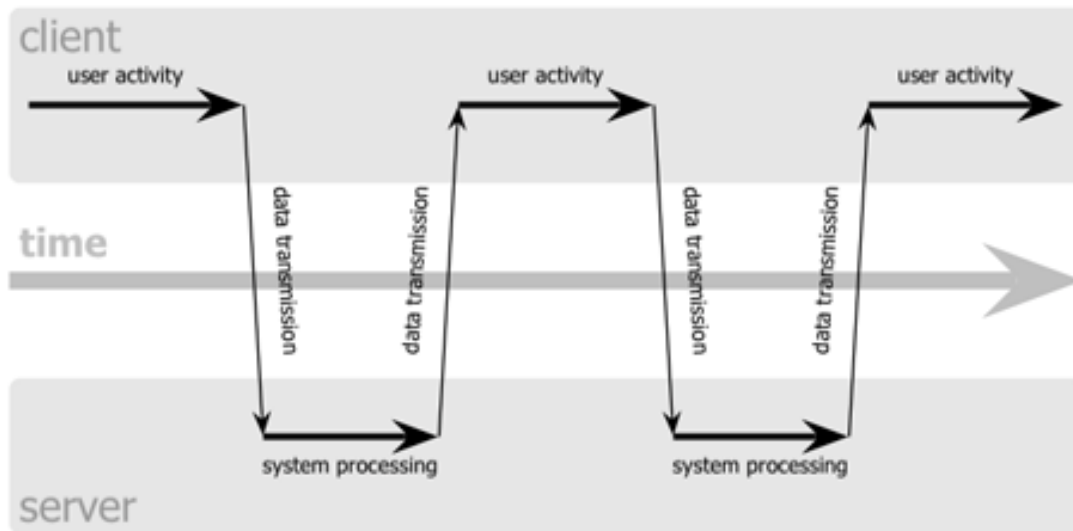


Figura 3. Aplicación de Google Map que utiliza AJAX.

En la Figura 4, se muestra un gráfico interpretativo sobre la forma de actuar de AJAX. En primer lugar se puede ver el tiempo que está procesando el cliente y el servidor de tal forma que el cliente procesa hasta que solicita al servidor algo y es entonces cuando comienza a trabajar el servidor devolviéndole al cliente la solicitud pedida (una página HTML, por ejemplo) En el segundo gráfico, se puede ver cómo funciona una aplicación con AJAX en donde se aprovecha más el tiempo pues continuamente se están haciendo peticiones al servidor, sin embargo el cliente dispone de dos capas en donde puede ir haciendo consultas antes de tener que ir al servidor ya que el servidor ya ha estado descargando en el cliente las peticiones más probables.

classic web application model (synchronous)



Ajax web application model (asynchronous)

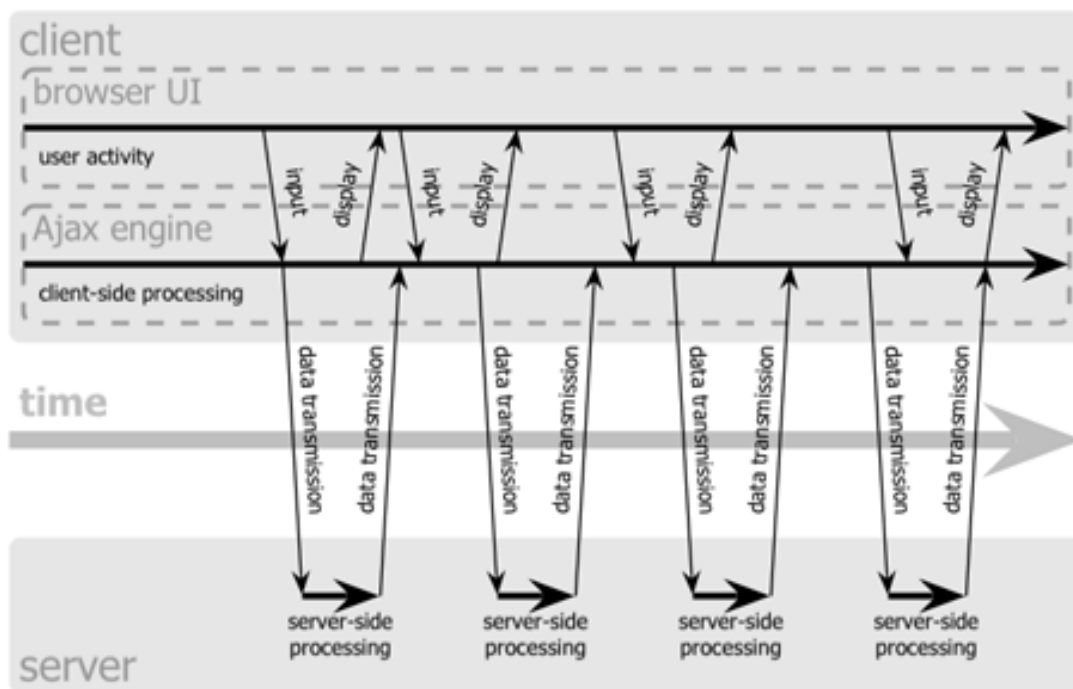


Figura 4. Comparación entre una aplicación Web Clásica y una aplicación AJAX [4] [5].

Conclusiones

La tecnología AJAX, presenta indudablemente un avance más en el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías ofreciendo alternativas y mejoras a las aplicaciones a través de Internet. En la actualidad ya se está planteando usar esta tecnología entre otras en aplicaciones de Sistemas de Gestión de Bases de Datos con arquitectura cliente – servidor en la que se necesita realizar búsquedas de muchos elementos, tratando de hacer más cómoda la tarea del usuario de la aplicación. Sin embargo, la repercusión en cuanto al área de e-learning puede ser también importante, ya que tal vez se pueda optar a realizar una aplicación multimedia online o parte de ésta, de forma que de la sensación de que la aplicación estuviera alojada en tu propio ordenador.

La implementación de esta tecnología tiene que ver con la estandarización de objeto XMLHttpRequest que permite hacer peticiones al servidor desde la página actual sin recargarla [6]. Para conocer cómo implementar esta tecnología en una aplicación consultar las referencias.

Referencias

- [1] <http://es.wikipedia.org/wiki/AJAX> Página Web de AJAX perteneciente a la enciclopedia Wikipedia.
- [2] <http://www.google.com/webhp?complete=1&hl=en> Página de Google Suggest en la que se utiliza tecnología AJAX para
- [3] <http://maps.google.com/> Ejemplo de Google map
- [4] <http://www.uberbin.net/archivos/internet/ajax-un-nuevo-acercamiento-a-aplicaciones-web.php> artículo sobre AJAX.
- [5] <http://www.adaptivepath.com/publications/essays/archives/000385.php> artículo anterior [4] original en inglés.
- [6] <http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/tutoriales.php?pagina=beginAjax> Tutorial de Java

GESTIÓN DE APLICACIONES BASADAS EN LOCALIZACIÓN MEDIANTE REDES WI-FI

Por Sergio Martín Gutiérrez

Ingeniero en Informática.

Miembro de IEEE-UNED

Email: smartin@ieec.uned.es

1. Introducción

En la actualidad, la mayoría de las Universidades han implantado redes inalámbricas que les permiten ofrecer acceso a la Web a sus alumnos y personal universitario desde cualquier lugar del campus universitario. Los servicios desarrollados dentro del proyecto “Sistema de Gestión de Aplicaciones basado en localización mediante redes wireless” permiten a estas Universidades personalizar la información ofrecida en función de la localización del usuario en el recinto universitario. De esta manera, cuando por ejemplo un alumno entre en un laboratorio podrá obtener de forma automática información sobre la práctica que se esté llevando a cabo en él; de igual manera podrá obtener información administrativa con sólo acercarse a la secretaria del centro docente o acceder a la presentación que se está llevando a cabo en una sala de conferencias.

Aunque el proyecto ha sido concebido y desarrollado en este entorno particular de la enseñanza universitaria, los desarrollos llevados a cabo tienen un gran potencial de explotación comercial al ser el rango de posibles aplicaciones muy elevado. Basta con pensar las aplicaciones del sistema en hospitales (un médico puede obtener el historial de un paciente en su PDA con sólo acercarse a la habitación en la que se encuentra), museos (los visitantes podrían ir accediendo en tiempo real a la información sobre las diferentes salas por la que pasean o incluso sobre un cierta obra de arte con sólo situarse frente a ella), seguridad en edificios (los vigilantes pueden conocer en todo momento donde se encuentran los usuarios que lleven dispositivos inalámbricos y que ruta han seguido), cascos urbanos (los ciudadanos podrán obtener información turística o administrativa según se encuentren en una dependencia particular del ayuntamiento o frente a un museo o una iglesia), centros de congresos, etc.

2. Objetivos

El objetivo principal del proyecto es estudiar las aplicaciones que, en el entorno universitario, tienen los sistemas de localización geográfica ofrecidos por la tecnología inalámbrica Wireless LAN. Aunque la instalación de redes sin cable en las universidades podría considerarse una actividad innovadora en sí misma, la unión de estas redes con sistemas que permitan la localización de los terminales del personal de la universidad y los alumnos en el campus

universitario ofrece nuevas posibilidades que deberán ser estudiadas y explotadas.

El sistema deberá, en primer lugar, proporcionar la infraestructura necesaria para dar acceso inalámbrico a la red. A continuación, deberá localizar al usuario dentro de las distintas áreas de servicio o tecnológicas que se definan en cada edificio (despachos, salas de conferencia, laboratorios, etc.) y, por último, deberá filtrar y proporcionar los servicios de información adecuados en función del perfil y del área en el que se encuentre el usuario.

De esta manera, un usuario, dotado con un ordenador portátil (o una agenda electrónica tipo PDA) recibirá directamente, al entrar en cualquiera de las instalaciones, la información pertinente obtenida desde los servicios de información de la Universidad. Así, por ejemplo, un usuario conectado por red inalámbrica a la Universidad, recibiría automáticamente al entrar en una sala de conferencias la documentación relacionada (transparencias de la presentación, documentación adicional, CV del ponente, etc.). De igual manera, un alumno recibiría automáticamente la información sobre una práctica de laboratorio con sólo acceder al lugar en el que éste se encuentra.

3. Descripción de la tecnología

En el diseño de la herramienta ha tenido gran importancia la construcción de una arquitectura abierta y modular que permitiera la integración en diversos entornos adaptándose a los requerimientos del mercado en cada momento. Para lograr el reto de construir un sistema de tales características se ha diseñado el sistema de modo que presenta tres módulos principales: la red inalámbrica, el sistema de localización y el gestor de aplicaciones, tal y como se puede observar en la figura 1.



Figura 1: Arquitectura lógica del sistema

3.1 Wireless LAN

Aunque la red inalámbrica suele ser considerada más como un recurso empleado por el sistema que como un componente, en nuestro caso particular presenta ciertas características que afectan al desarrollo del prototipo. En particular, la implantación del producto final requiere de un estudio previo del entorno y de las condiciones que podrían afectar a los servicios de localización y que permita definir el número de puntos de acceso a instalar y determinar su distribución óptima.

La infraestructura de red inalámbrica empleada en el proyecto se basa en una serie de puntos de acceso que siguen el estándar 802.11b del IEEE (Wi-Fi) que ofrece un ancho de banda de hasta 11 Mbps y es, actualmente, el más ampliamente difundido en España (y en Europa).

Según esta norma, las tramas IP transmitidas entre los terminales y los puntos de acceso deben contener información sobre la potencia de la señal para permitir realizar el proceso de “asociación”, es decir, elegir el punto de acceso al que debe conectarse el terminal en función de la potencia recibida y del ratio de error de paquetes que proporcione, siempre buscando los niveles óptimos. Así mismo, cuando dichos niveles se degradan o el cliente percibe que puede obtener mejores condiciones de señal y transmisión puede cambiar de punto de acceso. Es lo que se conoce como “reasociación”, un proceso típico en los desplazamientos de los usuarios a través de las distintas coberturas de varios puntos de acceso. Este proceso dinámico de asociación y reasociación permite a los administradores de redes establecer WLAN con muy amplia cobertura creando una serie de células 11b superpuestas a través de un edificio o área. Para ello, habrá que emplear reutilización de canal, evitando que los puntos de acceso sobre un canal DSSS se solapen con un canal utilizado por su punto de acceso vecino.

Además de la movilidad en la red que aportan estos dos procesos, ofrecen una ventaja añadida ya que es posible conocer en todo momento la potencia de la señal que recibe cada uno de los puntos de acceso que componen la red inalámbrica desde cada uno de los terminales conectados. Analizando la potencia de estas señales y realizando triangulaciones es posible determinar la situación relativa de un usuario respecto de los nodos de la red.

En un entorno ideal, estas triangulaciones deberían permitir localizar al emisor en su posición exacta. Sin embargo, la potencia que reciben los nodos de acceso de cada elemento de red no es constante y puede verse afectada por campos eléctricos (un microondas por ejemplo), físicos (tabiques de división de salas, despachos y zonas de paso que contienen materiales de aislamiento) o térmicos (afluencia de gente). Este hecho hace necesario medir la potencia y ruido de la señal entre los puntos de acceso de la red y las zonas de paso posibles con el fin de asegurar la máxima cobertura de red. Estas mediciones darán como resultado la colocación óptima de los puntos de acceso en la zona a cubrir por la red inalámbrica y servirán también para configurar y calibrar las redes neuronales que realizarán las triangulaciones de potencia.

Por ejemplo, en el prototipo instalado en las instalaciones del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED (Madrid) se ha definido una red local

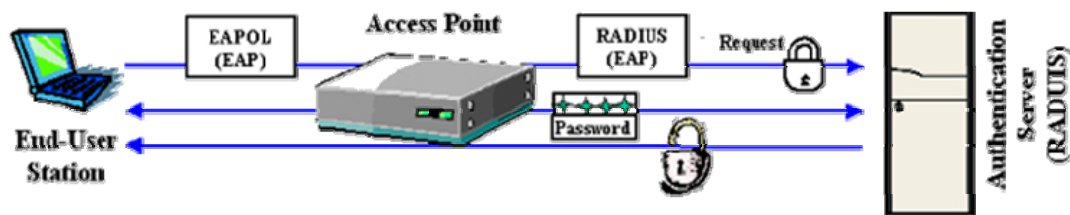


Figura 3: Esquema de Seguridad del sistema: Cifrado de datos y Autenticación de usuarios.

3.2 Sistema de localización geográfica mediante wireless Lan

Uno de los servicios más innovadores para entornos WLAN es aquél que ofrece información de localización geográfica del terminal del usuario. Este servicio está basado en un motor de posicionamiento (Positioning Engine) capaz de localizar clientes inalámbricos, portátiles, agendas electrónicas y otros dispositivos que cumplan el estándar 802.11b, con una cierta precisión (los sistemas más avanzados tiene en la actualidad un margen de error de 1m, suficientemente pequeño para el tipo de aplicaciones que planteamos).

Básicamente, estos servicios ofrecen las coordenadas (X,Y,Z) de cada uno de los terminales inalámbricos conectados a la red. A partir de ellas, es posible determinar en qué zona o dependencia del edificio se encuentran dichos terminales. Con estos datos se determinará qué información debe ser ofrecida a cada terminal, así como realizar el seguimiento de los clientes inalámbricos.

Los sistemas más avanzados utilizan un algoritmo de cálculo de posiciones basado en unos modelos “cutting-edge” matemáticos y teorías de probabilidad, ofreciendo un resultado más robusto, con mayores prestaciones y proporcionando unas coordenadas más precisas que, por ejemplo, los algoritmos de triangulación u otros métodos de propagación. El sistema es además escalable, es decir, si se requiere una precisión mayor, bastará simplemente con añadir nuevos puntos de acceso a la red Wi-Fi.

Para obtener la información sobre la posición de un elemento de red a partir de las potencias emitidas es necesario obtener dichas potencias en tres o más puntos de acceso para poder determinar sus posiciones relativas mediante triangulación. Como ya hemos comentado las potencias recibidas no son constantes ya que pueden verse alteradas por la influencia de diferentes campos. Esta problemática se ha resuelto con la utilización de un software comercial de la casa Ekahau fruto de más de diez años de estudios de investigación realizados por un grupo especial de la Universidad de Helsinki (Finlandia).

Este sistema ofrece un conjunto de redes neuronales capaces de realizar las triangulaciones necesarias y ajustar los resultados, en cierta medida, a las condiciones medioambientales que se presenten. Estas redes neuronales requieren de una calibración previa realizada siguiendo un patrón de posicionamiento en el que se definen los puntos geográficos más significativos de una dependencia física para los que se registran las potencias recibidas en todos los puntos de acceso instalados en la red desde un terminal móvil genérico.

Normalmente, estos servicios ofrecen un software al que se accede mediante un interfaz API JAVA e incorporan una aplicación de Calibración y una de Gestión que permite analizar la precisión de la localización, mostrando la cobertura de la red y los dispositivos inalámbricos rastreados.

El sistema requiere de una calibración previa para, primeramente crear un nuevo patrón de posicionamiento. Una vez creado, se calibra, moviéndose alrededor del área de localización y tomando muestras de referencias del nivel de señal en cada punto (SRI). Una vez calibrado podemos visualizar los vectores de error cuadrático medio de posicionamiento, áreas de cobertura, y niveles de señal para optimizar la red para la transferencia de datos y localización.

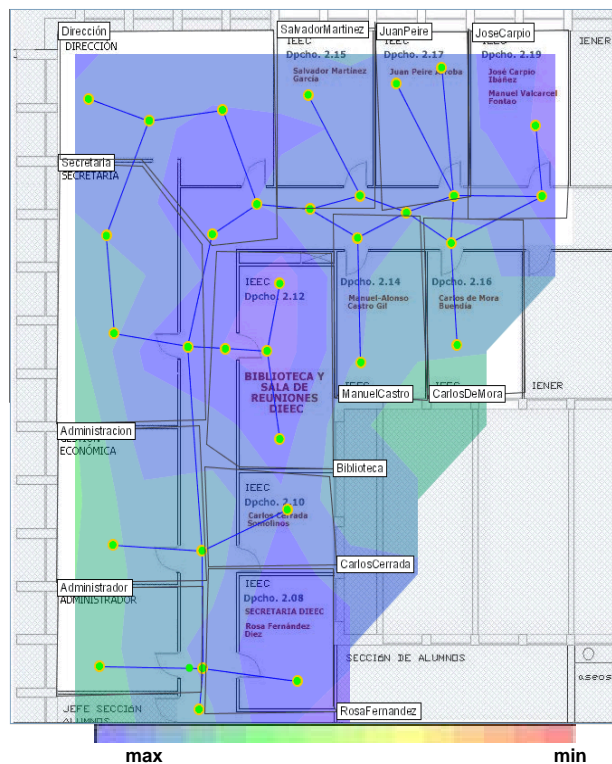


Figura 4: Mapa de cobertura con los puntos y caminos seguidos para realizar la calibración de la herramienta.

Una vez creado el patrón, la calibración se realiza tomando muestras de referencias del nivel de señal en cada punto (SRI) que son almacenadas en el módulo de posicionamiento (Ekahau Positioning Engine).

El Ekahau SDK proporciona en tiempo real las posiciones de cada dispositivo dentro del área de cobertura que son recogidas por el Gestor de Localización para su posterior filtrado (descartar posiciones 'no probables' o con un margen de error grande, etc.), tratamiento y envío al Gestor de Aplicaciones quién se encargará de, a partir de la posición del usuario, enviarle la información más adecuada adaptada, en formato y contenido, a las características de su terminal (una PDA, un ordenador portátil, un "Tablet PC", etc.).

Sin embargo, las pruebas realizadas también han mostrado ciertos inconvenientes como vibraciones de la posición ofrecida (por ejemplo, cuando el terminal se encuentra cerca de la frontera de dos o más zonas se detectan pequeños desplazamientos periódicos en la posición) o fluctuaciones esporádicas de importancia (de varios metros) de dicha posición cuando se alteran de manera significativa las condiciones (por ejemplo, cuando un gran número de personas entra simultáneamente en una sala vacía).

3.3 Gestor de aplicaciones

El último módulo necesario para el correcto funcionamiento de la herramienta es el gestor de aplicaciones, el cual provee las aplicaciones que se cargarán en la estación móvil del usuario y que, por tanto, le ofrecerán información personalizada en función de su localización geográfica (posición en el edificio o más en general en el campus). El Gestor de Aplicaciones se comunica por un lado con el navegador del terminal móvil y por otro con el sistema de localización. Esta información es ofrecida a través del navegador de Internet del terminal del usuario. Básicamente, la aplicación de la que dispondrá el usuario en su terminal se conectará al sistema de Gestión de Conocimiento de la universidad y seleccionará en él aquellas secciones relacionadas con su situación en el campus universitario, ofreciendo así la información de una forma personalizada en tiempo real. Por ejemplo, se ofrecerá:

- Información administrativa (matriculación, plazos y procedimientos) cuando se acceda a la secretaría del centro universitario.
- Información sobre las ponencias cuando se acceda a cada una de las salas de conferencias.
- Prácticas que se realizan en cada uno de los laboratorios.
- Documentación sobre los cursos en cada una de las aulas.
- Elementos multimedia como videos y audios.

El Gestor de Aplicaciones ha sido desarrollado íntegramente en Java sobre tecnología XML. A él se podrá acceder desde cualquier navegador comercial de Internet. Esta tecnología proporciona la definición de una “capa” estándar por encima de aplicaciones dispares en diferentes entornos, para conseguir su interacción.

4. Experimentación

La carrera por dotar de mayores infraestructuras tecnológicas a las Universidades es un tema de gran importancia en la actualidad, es por ello que se decidió la implantación final del sistema en la primera planta del departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED, situado en la Ciudad Universitaria de Madrid (España) como parte de su plan de innovación tecnológica. Además de dicho departamento también se ha cubierto la zona de Dirección, Secretaría, Gestión Económica, Administración de la Escuela y Salón de Grados.

De esta manera se dotó de infraestructura inalámbrica posibilitando que tanto alumnos como profesores tuvieran acceso libre a Internet desde cualquier lugar de la planta, o incluso desde los jardines próximos al edificio.

El sistema se adaptó a las necesidades de la UNED, definiendo una serie de áreas lógicas escogidas estratégicamente dentro de la zona de despachos del departamento, de tal manera que cada despacho fuera un área lógica. El fin de tal distribución de áreas es proporcionar a los alumnos información relacionada con cada profesor o cada servicio ofrecido en la planta cubierta, por ejemplo, información de tutorías, teléfono, descripción de actividades realizadas, proyectos en los que trabaja, etc.

El siguiente paso dentro de la implantación del sistema en la UNED fue la creación de las aplicaciones asociadas a cada profesor o servicio, es decir, a cada área lógica. En este caso se optó por desarrollar también aplicaciones tipo web. En la figura 5 se muestran algunas de las aplicaciones web creadas.

Además de estas fichas se crearon fichas interactivas para las áreas lógicas de dirección y jardines, ofreciendo audio y video en tiempo real al entrar en dichas áreas. Como valor añadido, en el área lógica de Jardines se ofrece la posibilidad de acceder a Internet mediante un enlace a Google.

También se crearon aplicaciones de búsqueda dentro del catálogo de la biblioteca del departamento, permitiendo buscar por revistas o libros. En la figura 5 se puede ver la apariencia de dicha aplicación. Otra de las aplicaciones creadas fue una de tipo institucional, ofreciendo un video descriptivo de la UNED a la entrada del despacho del director de la escuela. Dicho video se ofrecía sin interacción ninguna por parte del usuario, y dependiendo del terminal que usara el usuario (portátil o PDA) se ofrecía un video de un tamaño o de otro.

Una vez que el usuario se ha identificado se localiza al usuario dentro del área cubierta y se le muestra la aplicación asociada a dicho mapa. En la siguiente figura se muestra el mapa con las distintas áreas definidas en la zona central, así como la localización del usuario dentro del mapa. Si el usuario no está dentro del área de cobertura en el lado derecho de la pantalla se mostrará un mensaje diciendo que se espere unos momentos, ya que no es posible mostrar la aplicación asociada al área, de lo contrario, aparecerá la aplicación asociada al área en el que se encuentre el usuario. En el lateral izquierdo

superior tenemos el menú que nos permite salir de la aplicación, ver la ayuda o ir a la página de administración de la aplicación.

Además de la localización el sistema posee un Menú General, desde el cual se tiene acceso a todos los servicios que ofrece la herramienta: Información General, Información de la Aplicación, Localización de Dispositivos y Gestión de la Aplicación, desde donde se puede obtener toda la información de cualquier usuario dentro del área de cobertura, realizar rastreos de caminos, gestión de actividades, así como la personalización total de la aplicación (cambiar colores, imágenes, idiomas, etc.).

5. Novedad tecnológica

Las posibles aplicaciones derivadas de la localización de usuarios dentro del área global de cobertura de una red están siendo ampliamente estudiadas al ofrecer un gran número de ventajas en cuanto a la mejora del rendimiento de la red y a la comodidad que supone, para los usuarios, el acceso a información actualizada e incluso personalizada en función de sus coordenadas geográficas. Entre los servicios basados en localización geográfica que podrían ofrecerse podemos citar los servicios de seguridad (emergencia, asistencia en carretera, vigilancia forestal, etc.), servicios de búsqueda (vehículos, personas), encaminamiento de llamadas al centro más cercano (envíos de comida, servicios de asistencia técnica, etc.) o servicios de información personalizada (páginas amarillas, información turística, publicidad localizada, etc.).

Sin embargo, el terreno del desarrollo de servicios basados en localización con tecnología de red inalámbrica WLAN está aún sin explorar. Existen herramientas comerciales que proporcionan las coordenadas de un individuo equipado con una tarjeta inalámbrica dentro de un recinto cubierto por varios puntos de acceso. No obstante, no existen aplicaciones directamente relacionadas con el uso de estas coordenadas para la gestión de la red, o para la obtención de información personalizada, entre otras.

El empleo de un Gestor de Aplicaciones en función de la localización del usuario aplicado a campus universitarios resulta también muy novedoso. De esta forma, un usuario que, por ejemplo, se encuentre en la sala de conferencias de la universidad, tendrá acceso directo a la información relativa al contenido del evento. Por otro lado, ese mismo usuario al entrar en un laboratorio, tendrá acceso directo a los contenidos de la práctica que se esté llevando a cabo. En consecuencia, se ofrece a los usuarios la flexibilidad de tener distintos perfiles y permisos según donde estén ubicados. Al tener definidas zonas para usuarios y servicios concretos se asegura la integridad del sistema, dado que el acceso al mismo estará controlado en cada momento.

Por último, destacar que el potencial de este tipo de arquitecturas basadas en localización es enorme. Al margen de las aplicaciones de gestión de servicios desarrolladas en el entorno universitario de la UNED, se abren nuevas posibilidades como las que aquí se citan, algunas de las cuales ya se han mencionado:

- Hospitales: por ejemplo, un médico o enfermero podría moverse por distintas salas o habitaciones con su PDA, y acceder directamente a las historias clínicas de los pacientes que deben ser atendidos en la sala o que estén ingresados en la habitación a la que acaba de entrar.
- Museos: por ejemplo, un visitante equipado con su portátil o su PDA que se encuentre en la sala 62ª del museo del Prado, podría obtener la información de “La Trinidad” y de su autor, el Greco, automáticamente por el hecho de encontrarse en dicha sala.
- Instituciones públicas: por ejemplo, los políticos en el Senado podrían acceder directamente a un listado de enlaces y a documentos relacionados con la nueva ley que se esté debatiendo, etc.
- Industria: se podría acceder directamente a las especificaciones y manuales de uso de la maquinaria de una instalación, etc.
- Recintos feriales: se facilitaría la información detallada del pabellón o stand que se esté visitando, el envío de publicidad e incluso noticias en tiempo real, por ejemplo, el anuncio de una charla en determinado pabellón, etc.
- Logística: se optimizarían las labores de seguimiento de inventariado de stocks, etc.

6. Conclusiones

El desarrollo de proyectos relacionados con estas tecnologías mantienen a la UNED en la vanguardia tecnológica, sirviendo de punta de flecha para la llegada de estos sistemas a otras áreas de la sociedad, como pueden ser el ámbito sanitario, museos, vigilancia de edificios, información turística en las ciudades, centros de congresos, centros de atención al cliente, y todos aquellos ámbitos en los que se precisa una personalización de la atención al usuario.

No obstante, para que los gestores de aplicaciones basados en localización mediante redes inalámbricas lleguen a sectores comerciales parece necesaria una mejora en la precisión de la localización, así como una mayor robustez a la hora de soportar perturbaciones externas. Algunas de las tecnologías que se podría emplear como sustitutivo de las redes wi-fi 802.11b podrían ser redes bluetooth, infrarrojos, redes inalámbricas WAVELAN DE AT&T que actúan en la banda de 902-928 Mhz o redes HyperLan que pueden actuar en la frecuencia de banda de 5 GHz. De esta manera, al cambiar la banda de frecuencia en la que se trabaja se podría evitar que la red sufriera variaciones de potencia en función de los entornos ambientales, tales como el número de personas alrededor.

Referencias bibliográficas

- [1] Martín, S.; Castro, M.; Peire, J. y otros (2005). Experiencias e introducción de dispositivos móviles en la Enseñanza a Distancia. Simposio sobre Computación Ubicua e Inteligencia Artificial Ambiental UCAmI'05. Granada, España.
- [2] Martín, S., Castro, M. y otros (2005). Development and implementation of an application manager using location by wireless LAN. eChallenges 2005, Ljubljana Slovenia.
- [3] Rivilla, I., Castro, M. y otros (2004). Development and implementation of a collaborative environment for education. eAdoption and the Knowledge Economy – Issues, Applications, Case Studies. Editores: Cunningham, P y Cunningham, M. Ed. IOS Press, Amsterdam Holanda.
- [4] Gimeno, J. M. (2004). Computación Ubicua [en línea]. Disponible en: http://www.laflecha.net/canales/ciencia/articulos/computacion_ubicua. [Consulta 2006, 03 de Mayo]
- [5] Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control [en línea]. Disponible en: <http://www.ieec.uned.es/>. [Consulta 2006, 03 de Mayo]
- [6] Universidad Nacional de Educación a Distancia [en línea]. Disponible en: <http://www.uned.es/>. [Consulta 2006, 03 de Mayo]
- [7] Ekahau Positioning Engine [en línea]. Disponible en: <http://www.ekahau.com/?id=4500>. [Consulta 2006, 03 de Mayo]

INTEGRACIÓN DE CONTROL ADAPTATIVO PREDICTIVO EXPERTO VÍA OPC EN LOS MODERNOS SISTEMAS DE CONTROL

Juan M. Martín Sánchez

Catedrático de Ingeniería de Sistemas y Automática –
UNED/E.T.S.I. Industriales
C/ Juan del Rosal 12, 28040 Madrid, Tel: +34913986488,
Email: juanms@ieec.uned.es

Resumen

Este artículo describe la evolución en las técnicas de control desde el inicio de la automatización hasta nuestros días, poniendo de relieve como los denominados controladores PID fueron el estándar de control del pasado siglo y todavía lo siguen siendo en los albores del nuevo. Sin embargo, esta sorprendente permanencia convive ya con un potencial nuevo estándar para el control avanzado de procesos, de fácil utilización y de probada eficacia, tanto en la estabilidad como en la precisión del control que proporciona. La metodología en la que el nuevo estándar está basado es la de Control Adaptativo Predictivo Experto. Este artículo describe la nueva metodología, basada en más de tres décadas de investigación y desarrollo, y la integración vía OPC de la misma en los sistemas de control industrial actualmente en el mercado.

1. Introducción

Durante las tres últimas décadas la implementación de sistemas de control industrial ha evolucionado de la tecnología analógica a la digital. El énfasis en el uso de esta última se ha llevado a un punto en el que muchos de los avances ofertados en los modernos sistemas de control en términos de disponibilidad de memoria, velocidad de cálculo, integración en red, inteligencia distribuida y otros, son mucho más de lo necesario para llevar a cabo la optimización en el control de procesos.

Sin embargo, allí donde la competencia entre los suministradores de sistemas de control ha impuesto cambios, algo ha permanecido invariable. La herramienta estándar para el control de procesos continúa siendo el controlador PID. Esta metodología elemental, que controla las variables del

proceso reaccionando al error por medio de simples ecuaciones matemáticas, parece burlarse del progreso tecnológico.

Aquellos no expertos en control de procesos podrían pensar que los controladores PID son capaces de resolver todos los problemas de control. Pero, lejos de ello, aunque son útiles en muchos casos, en muchos otros su rendimiento es pobre o inadecuado, y en cualquier caso tienen que ser ajustados por experimentados operadores en una labor que requiere su tiempo.

Diferentes técnicas de control han intentado en la práctica industrial superar el rendimiento del PID, suscitando grandes expectativas en el mercado debido a la necesidad existente de una mejor solución en el control de procesos. Estas técnicas son bien conocidas y pueden clasificarse básicamente en sistemas expertos, técnicas de control predictivo sin adaptación y sistemas de control adaptativo predictivo. Ninguna de estas técnicas ha sido capaz de pasar a ser el nuevo estándar en control de procesos que la industria requiere debido básicamente a las siguientes razones:

1. Los sistemas expertos están basados en reglas que imitan al operador humano en el control del proceso [1], quien de hecho es el auténtico experto. Así pues estos sistemas son por naturaleza sistemas “ad hoc”, difíciles de mantener debido al número de reglas. Su rendimiento es limitado por el rendimiento mismo del operador y su principal ventaja es la robustez frente a condiciones de operación inciertas.
2. El control predictivo, introducido en 1976 en una patente aceptada y publicada en los E.E. U.U. [2], fue un avance teórico fundamental en control de procesos. Sin embargo, las técnicas de control predictivo sin adaptación presentes en el mercado, conocidas como *Model Based Predictive Control* o *Multivariable Predictive Control* [3], requieren múltiples ensayos y conocimiento especializado para construir el modelo predictivo que requiere la acción de control. Por otra parte, una vez en operación, cuando la dinámica del proceso varía su rendimiento se deteriora.
3. El control adaptativo predictivo (AP) apareció de forma natural como una solución teóricamente capaz de aproximarse mejor a la inherente naturaleza dinámica del proceso [4]. Numerosas referencias mostraron su excelente rendimiento bajo condiciones normales de operación, pero también su falta de robustez en condiciones de operación cuando la relación causa-efecto del proceso no es modelizable. Otra desventaja importante del control

adaptativo predictivo fue la de ser introducida como una solución ligada a un hardware para su aplicación, lo que dificultó enormemente su penetración en el mercado.

Así pues, después de más de tres décadas y a pesar de las necesidades presentes y del interés extraordinario por disponer de un nuevo estándar para el control industrial, el controlador PID ha cambiado de siglo ocupando esa posición de privilegio. No obstante, en este artículo se presentan los conceptos básicos de una nueva solución metodológica, conocida como control adaptativo predictivo experto ADEX, que superando las limitaciones de las propuestas previas puede de hecho convertirse en un nuevo estándar de control industrial.

2. Control Adaptativo Predictivo Experto ADEX

2.1. Dominios ADEX

La metodología ADEX, introducida en una solicitud de patente PCT [5], combina el control adaptativo predictivo con el control experto, con el fin de ofrecer una solución de control completa, mediante la definición de dominios de operación para ambos en una estructura de control integrada.

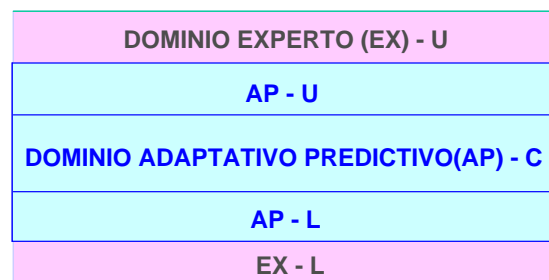


Fig. 1. - Dominios AP y EX en el rango de variación de la salida del proceso

Así pues, la metodología ADEX permite definir dominios AP y expertos (EX) en el rango de operación de la variable bajo control. La Figura 1 muestra un ejemplo en el que se han definido tres dominios AP, uno situado en la parte central (AP-C) del rango de variación de la variable, otro en la parte superior (AP-S) al central y otro en la parte inferior (AP-I), y dos dominios expertos, uno

en la parte superior del rango de variación (EX-S) y otro en la parte inferior (EX-I).

Los dominios adaptativos predictivos (AP) son aquellos en los que la relación dinámica causa-efecto, entre las variables de entrada y salida (E/S) del proceso, puede ser identificada por medio de un sistema adaptativo. En estos dominios se aplicará control AP y la operación del proceso podrá ser generalmente optimizada. Como hemos visto en el ejemplo anterior, pueden definirse diferentes dominios AP y en cada uno de ellos puede definirse una forma distinta de aplicar control AP, que será la que más convenga en cada caso.

Los dominios expertos son dominios de operación donde el control manual puede proporcionar un control más robusto y eficiente que el control AP. Esto puede suceder cuando una relación causa-efecto entre las variables de E/S no existe o no puede derivarse en tiempo real o cuando adquirir dicho conocimiento llevaría cierto tiempo y no resultaría en una mejora sustancial sobre el control manual. Estos dominios de operación se sitúan habitualmente en los límites del rango de operación normal de las variables del proceso.

La experiencia del operador es utilizada en los dominios expertos para derivar las reglas que imitan la inteligencia del control manual. El control ADEX aplicado en los dominios expertos se diseña con el fin de conducir las variables del proceso hacia los dominios AP, donde se aplica el control AP.

2.2 Diagrama de bloques y descripción funcional

El diagrama de bloques de ADEX se presenta en la Figura 2 y, como puede observarse, es equivalente al del control AP, pero con un Bloque Experto añadido en la parte superior. Este bloque experto, a partir de la información que recibe de las variables del proceso, es capaz de determinar y modificar la operación del bloque de control, el bloque conductor y el mecanismo de adaptación tal y como se describe a continuación:

- **Bloque de control.**- Dependiendo de si el dominio de operación en el que se encuentra la variable de salida del proceso es AP o EX, el bloque experto determina la aplicación de control AP o control experto. En el primer

caso, el bloque de control actuará como modelo predictivo, dentro del esquema propio del control AP, y calculará el control predictivo a aplicar al proceso. Si debe aplicarse control experto, el bloque de control actuará como un sistema por reglas que, imitando la actuación del operador humano, aplicará control experto al proceso.

Esta función del bloque experto sobre el bloque conductor evitará la aplicación de control AP cuando no es procedente y el deterioro que este tipo de aplicación conllevaría, y permitirá en estos casos una actuación de control razonable como la que llevaría a cabo el operador humano del proceso. Esta función del bloque experto por sí misma confiere al controlador ADEX una gran robustez y fiabilidad industrial.

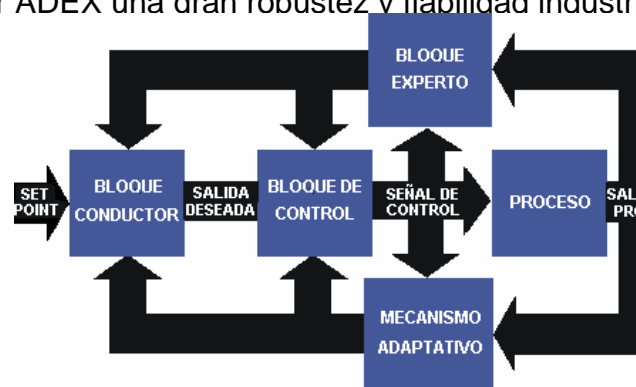


Fig. 2. - Diagrama de bloques del control Adaptativo Predictivo Experto

- **Bloque conductor.**- En su interacción con el bloque conductor, el bloque experto puede determinar para cada dominio AP el criterio de rendimiento para la generación de la trayectoria deseada. Así pues, a título de ejemplo, puede determinar la velocidad de cambio o pendiente de la trayectoria deseada en su acercamiento a la consigna. Si el dominio está alejado de la consigna puede desearse una gran velocidad de cambio, pero si el dominio contiene la consigna, entonces podríamos desear una velocidad de cambio menor, para que la consigna se alcance suavemente y sin oscilaciones.
- **Mecanismo de adaptación.**- Por último, en su interacción con el mecanismo de adaptación, el bloque experto puede determinar: (a) cuando es conveniente adaptar o para la adaptación de los parámetros del modelo AP, dependiendo de las condiciones de operación, y (b) la reinicialización de los parámetros del modelo AP al variar el dominio de operación.

Por una parte, al introducir criterios para adaptar o para la adaptación dependiendo de las condiciones de operación, el bloque experto vuelve al mecanismo de adaptación más robusto, evitando posibles deterioros de la identificación paramétrica en el modelo predictivo.

Por otra parte y a título de ejemplo, si conocemos en forma aproximada cambios importantes de la dinámica del proceso en diferentes dominios de operación, siendo un ejemplo típico de estas circunstancias los procesos de tipo pH, el bloque experto puede ayudar sensiblemente al mecanismo de adaptación al reinicializar los parámetros del modelo AP cuando la salida del proceso cambia de uno a otro de estos dominios.

En definitiva, el funcionamiento del bloque experto permite hacer uso del conocimiento previo del que disponemos sobre el proceso y utilizarlo, por medio de la aplicación de reglas, tanto en la aplicación del control experto como en la aplicación del control adaptativo predictivo de ADEX. Es decir, la concepción ADEX supera pues a la del control AP previo en que la nueva metodología permite al controlador utilizar ventajosamente el conocimiento del proceso para aplicar el control apropiado, con el criterio apropiado, en los diferentes dominios de operación, adaptando y reinicializando los parámetros del modelo AP cuando es conveniente.

2.3. Ejemplo conceptual de aplicación

En esta sección queremos presentar un ejemplo conceptual sencillo de aplicación de ADEX con ayuda de la Figura 3.

La Figura 3 presenta el inicio de la señal de control calefactora en un proceso de climatización y su evolución, así como la evolución de la temperatura hasta alcanzar la consigna de 22 °C, después de una noche en la que no se gasta energía calefactora, es decir, en la que la señal de control es cero. El rango de variación de la temperatura, desde su valor inicial de 10 °C, se divide en un dominio experto y un dominio AP.

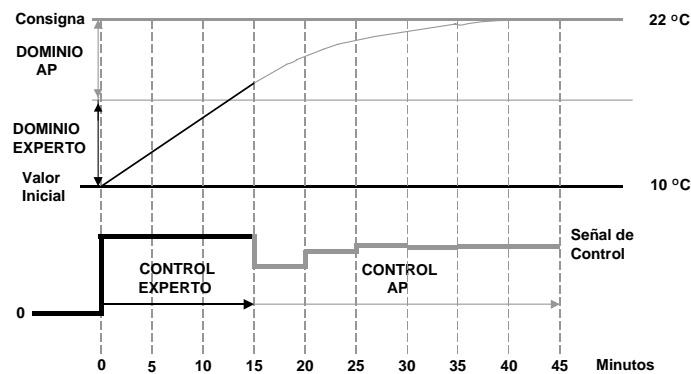


Fig. 3. Ejemplo conceptual de aplicación de ADEX

Como puede observarse, el dominio experto se define en una zona alejada de la consigna y donde la precisión del control no es crítica. Por su parte, el dominio AP se definirá alrededor de la consigna donde la precisión del control es importante.

Una vez iniciada la operación del controlador ADEX, como puede observarse en la Figura 3, mientras la variable de temperatura permanece en el dominio experto, se aplicará control experto, imitando la operación del operador humano; pero cuando la variable entra en el dominio AP, a partir del minuto 15, se iniciará la aplicación de control adaptativo predictivo para guiar la trayectoria de la temperatura de forma suave y sin oscilaciones hacia la consigna.

3. Integración de Controladores ADEX en el Sistema de Control Local

La aplicación de la tecnología ADEX se lleva a cabo a través de la instalación sencilla de una Plataforma software de Control y Optimización, denominada ADEX COP (acrónimo de “ADEX Control and Optimization Platform”), en cualquier ordenador del SCADA asociado al sistema local de control del proceso, siempre que dicho SCADA disponga de un servidor OPC o de cualquier otro estándar de comunicaciones equivalente. La Figura 4 muestra la estructura software de ADEX COP en su versión 1.5. Como puede observarse dicha estructura incluye:

- Un programa Ejecutor, diseñado para ejecutar como un servicio Windows NT el código de los controladores ADEX.

- Una librería dinámica DLL, que gestiona en tiempo real la actualización de la base de datos utilizada por el programa ejecutor y el envío de acciones de control al sistema local.
- Un programa de Configuración, que permite la definición, configuración, monitorización y la activación de ciertos modos internos de operación de los controladores ADEX.

A través de esta estructura ADEX COP 1.5 permite al sistema de control local integrar controladores ADEX en su lógica de control, la cual puede determinar:

- El tratamiento que las variables de salida del proceso reciben antes de ser utilizadas por los controladores ADEX.
- El tratamiento que las señales de salida de los controladores ADEX reciben antes de ser aplicadas al proceso.
- La búsqueda de los puntos de operación que optimizan la operación del proceso, lo que es posible gracias al control preciso y a la estabilidad proporcionada por los controladores ADEX.

La integración de controladores ADEX y de lógica de control en el sistema local esta representada gráficamente en la Figura 2. El diseño adecuado de esta lógica de control, teniendo cuenta las capacidades de los controladores ADEX, permite definir paquetes o productos de software avanzado e control y optimización que, ejecutados en el sistema local, son capaces de:

- Conseguir un control robusto y preciso de las variables críticas del proceso en todo su rango de operación, teniendo en cuenta sus interacciones.

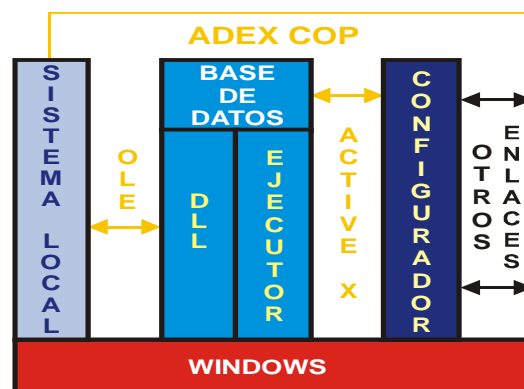


Fig. 4. - Estructura Software de ADEX COP 1.5

- Buscar automáticamente las consignas de operación óptimas, guiando al mismo tiempo las variables del proceso hacia las mismas.
- Responder óptimamente a las perturbaciones cualesquiera que sean las condiciones de operación.

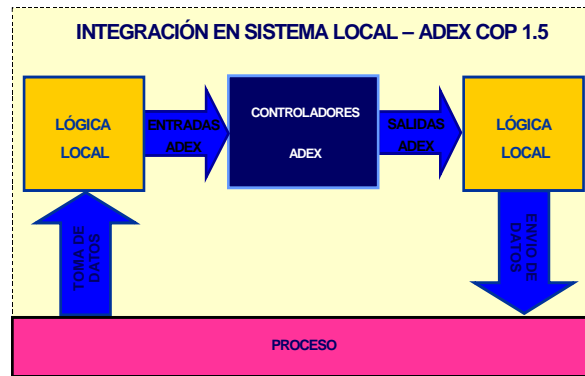


Fig. 5. - Integración de los Controladores ADEX en la Lógica del Sistema Local

Nos referiremos a dichos paquetes o productos de software avanzado de control y optimización, cuando son diseñados para una aplicación genérica a un cierto tipo o clase de procesos industriales, como Productos de Optimización (PROP).

4. Aplicación de Productos de Optimización ADEX en Paralelo con el Sistema de Control Local

De acuerdo con la sección anterior, la versión 1.5 de ADEX COP permite definir productos de optimización PROP asociados al sistema de control local en el que han desarrollados. Sin embargo, estos productos no serán en general reutilizables directamente en otros sistemas. Adicionalmente, la implantación de un PROP, desarrollado con la versión 1.5, implica la modificación de la lógica preexistente en el sistema de control local, lo cual suele ser poco deseable.

La versión 2.0 de ADEX COP ha sido desarrollada para poder aplicar controladores ADEX y productos de optimización basados en los mismos, actuando en paralelo con el sistema de control local y, prácticamente, sin necesidad de modificar la lógica de este último. ADEX COP permite desarrollar

y aplicar productos de optimización PROP utilizando el esquema representado en la Figura 6.

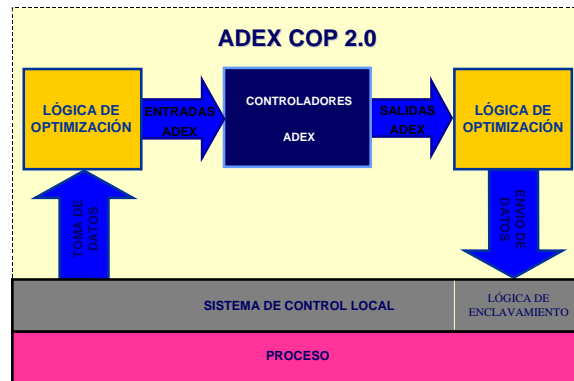


Fig. 6. - Desarrollo y Aplicación de PROP utilizando ADEX COP 2.0

De hecho, la versión 2.0 de ADEX COP incorporará la capacidad de desarrollar lógica de control y optimización, en la que deben de insertarse los controladores ADEX, dentro de su propia estructura software. En consecuencia, para desarrollar o aplicar un PROP, ADEX COP 2.0 necesitará únicamente:

- La adquisición de las variables pertinentes a la optimización, que obtendrá vía OPC desde el sistema de control local.
- A partir de dichas variables, podrá elaborar Esquemas de Control y Optimización (ECO) capaces de calcular las variables de control que deberán ser aplicadas al proceso, sin necesidad de haber modificado la lógica de control del sistema de control local.
- Finalmente, enviará vía OPC las variables de control calculadas al sistema de control local, el cual habrá sido preparado para enviar estas señales de control al proceso y para, en caso de que la comunicación OPC fallará, aplicar una lógica de enclavamiento que imponga las señales de control generadas por el mismo.

De esta forma los PROP desarrollados con esta plataforma, ADEX COP 2.0, tienen la generalidad de poder ser aplicados independiente del sistema local existente y la modificación requerida en este último (descrita en el punto c) anterior) es realmente menor y su implantación prácticamente trivial. Estas características de los PROP desarrollados con la versión 2.0 de ADEX COP

facilita en gran medida, no solo su aplicación, sino también su desarrollo, comercialización, mantenimiento y asistencia técnica.

5. Validación Industrial de la Tecnología ADEX

La evaluación de la tecnología ADEX en un proceso industrial de considerable complejidad fue facilitada por el Canal de Isabel II, al realizar este un proyecto de carácter estratégico de implantación de tecnologías avanzadas en sus Estaciones Depuradoras, en el que se consideraba el control de procesos críticos. De esta forma, el Canal de Isabel II decidió llevar a cabo la implantación de un sistema ADEX como proyecto piloto en la fase biológica de su Estación de Aguas Residuales (E.D.A.R) "Casaquemada" en San Fernando de Henares.

El proceso de depuración biológica elegido presenta importantes dificultades de control debido a su naturaleza dinámica multivariable con importantes interacciones, no lineal y variable con el tiempo, y debido asimismo al hecho de que esta sometido a considerables perturbaciones aleatorias y discontinuas.

El éxito de este proyecto de validación de la tecnología ADEX fue objeto de un certificado, expedido por el Canal de Isabel II, del que citamos las siguientes frases:

"Que, a pesar del carácter extremadamente complejo y variable del proceso en cuestión y de las perturbaciones que sobre él actúan, el sistema ADEX ha estabilizado definitivamente la operación del mismo, eliminando las oscilaciones, continuas y muy significativas, de la presión en el conducto principal de aire, y del oxígeno en las distintas balsas, típicas de la operación de este tipo de procesos. El nuevo sistema varía las consignas de presión para adaptar, y minimizar, la energía consumida a los cambios que se producen en el proceso y permitir su operación óptima, con la consiguiente mejora en la calidad del agua tratada."

6. Conclusiones

ADEX COP resuelve los importantes problemas de control, cuya solución ha sido esperada y demandada por largo tiempo, y es simple en su aplicación y no requiere un conocimiento especial, ni procedimientos complicados. Además de haber demostrado excelente rendimiento en su aplicación a los problemas críticos del control industrial, es compatible con cualquier sistema de control

industrial actualmente en el mercado. Estas características de ADEX COP posicionan a este producto como un estándar potencial para el control avanzado de procesos industriales. El nuevo estándar puede liberar de las subordinaciones que conlleva la dependencia actual de los controladores PID, particularmente en las variables críticas del proceso, donde el ajuste de los mismos es con frecuencia tedioso y necesita de personal especializado, la estabilidad y la precisión no son satisfactorias, el cambio en las condiciones de operación deteriora dicho ajuste y, en muchos casos, es preferible no utilizar el controlador PID y que sea el operador quien controle manualmente el proceso.

Al no requerir ajuste, por ser adaptativo, el rendimiento del nuevo estándar no se deteriora, ni frente a cambios de las condiciones de operación ni cambios en la dinámica del proceso, y es capaz de garantizar en todo momento la robustez, la estabilidad y el control preciso de las variables críticas del proceso. Gracias a estas capacidades, la utilización de ADEX COP debe conllevar una optimización en la operación del proceso, que puede traducirse, en general, en ahorro de energía y de otros recursos, aumento de la calidad en los productos fabricados, disminuyendo el volumen de rechazos, una mayor seguridad y estabilidad en la operación de los procesos y en el alargamiento de vida de los mismos.

Bibliografía

- [1] Hiroka, K., "Industrial Applications of Fuzzy Technology", Springer Verlag, 1993.
- [2] Martín Sánchez, J.M., 'Adaptive Predictive Control System', Patente en E.E.U.U. No. 4,197,576, 1976.
- [3] Clarke, D.W., Editor, 'Advances in Model Based Predictive Control', *Oxford University Press, Oxford, Reino Unido, 1944.*
- [4] Martín Sánchez, J.M. and J. Rodellar, 'Adaptive Predictive Control: From the Concepts to Plant Optimization', Prentice Hall, 1996.
- [5] Martín Sánchez, J.M., 'Adaptive Predictive Expert Control System', Solicitud de Patente Internacional No. PCT/IB00/01368, publicada por la World Intellectual Property Organization, 4 de enero de 1991.

Enlaces de interés

<http://www.ieec.uned>.



MODELOS DE GESTIÓN DE COSTES BASADO EN LAS ACTIVIDADES

Pablo Gómez Mendoza
Ingeniero Industrial.UNED.
E-mail: pgomezmen@hotmail.com

Si se retrocediera con la vista hasta principios de siglo XX, se podría apreciar que el mercado actual ha cambiado, ahora es mucho más dinámico, existe un mayor número de competidores, se trabaja con márgenes más ajustados. Por lo tanto, los sistemas de producción han tenido que adaptarse al nuevo escenario económico.

Para mejorar la producción se están utilizando nuevas herramientas, que permiten a la empresa alcanzar sus objetivos más eficazmente.

Entre las nuevas herramientas utilizadas en producción, se encuentra la utilización de simuladores dinámicos en las empresas que permiten diseñar escenarios virtuales del sistema en los que variando diferentes parámetros se puede observar cómo se comporta el modelo y por tanto, prever los pros y los contras de dicho sistema.



Fig. 1: Tecnología RFID

Otra novedad en producción son los dispositivos RFID, que suponen un gran paso para el control de la producción, y que seguramente cambiarán nuestra forma de vida. Éstos son la evolución de los códigos de barra, presentando la ventaja de poder utilizarse en aquellos lugares donde los códigos de barra se deterioran o son de difícil lectura. Además, son mucho más seguros ante la piratería.

Pero el objeto de este artículo, no sólo va dirigido a las nuevas tecnologías utilizadas en los sistemas de producción, sino a la integración de otras herramientas que han aparecido recientemente, y que permiten gestionar mejor la empresa, proporcionando la información necesaria para que los directivos tomen las decisiones más adecuadas. Estos nuevos sistemas de gestión deben de tener los siguientes atributos:

- **COSTES INDIRECTOS:** Cada día los costes indirectos adquieren mayor peso dentro de los gastos de una empresa. Por esta razón, los nuevos sistemas de gestión tienen en cuenta costes indirectos tan importantes como la satisfacción del cliente, plazos de entrega, calidad, etc.
- **BÚSQUEDA DEL VALOR AÑADIDO:** Es importante para la gestión de la empresa que haya siempre una mejora continua para alcanzar la excelencia empresarial. Para ello, se debe localizar aquellas actividades que proporcionan un valor añadido al producto que sea apreciado bien por el cliente final o bien por los clientes intermedios.
- **UTILIZACIÓN DE INDICADORES:** No hay que olvidar que la persona que mejor conoce su trabajo es aquella que lo está desempeñando. Por lo que nunca hay que olvidar el potencial humano que tienen las empresas. Por lo tanto, para mejorar constantemente los sistemas de gestión, tendrá que proporcionar indicadores entendibles no sólo para los contables, sino también han de ser comprendidos por los demás empleados, de manera que les permita mejorar su actividad incesantemente.
- **BRECHMARKING:** Es importante que las nuevas herramientas de gestión proporcionen indicadores que permitan compararse con otras empresas del sector.
- **SIMULACIÓN:** La nueva gestión debe poder emular diferentes escenarios, que faciliten a los directivos contemplar las posibles consecuencias de una decisión antes de llevarla a cabo.

Los modelos de costes basados en las actividades, son una herramienta que mejora la toma de decisiones y se adapta perfectamente a las exigencias del mercado del siglo XXI, siempre y cuando contengan las características anteriormente citadas.

Tradicionalmente, y aún hoy, los costes de un producto consistían en un reparto homogéneo de los gastos directos e indirectos entre los diferentes productos. Así, el precio de un producto se calculaba de la siguiente manera:

$$\text{Coste}(\text{€}) = \text{Coste}(\text{€}) / \text{min} * \text{Tiem}po.Pr oducción(\text{min})$$

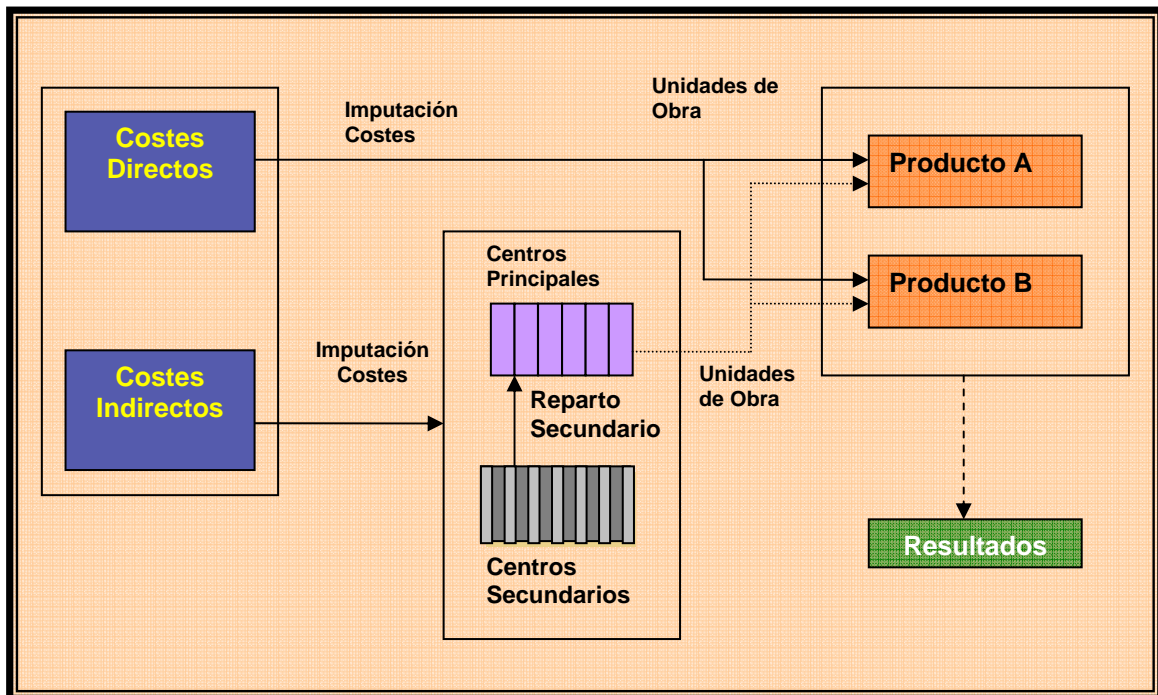


Fig. 2: Esquemas de costes en productos

Hasta principios de la década de los ochenta, el coste (€/min) fue un parámetro estándar, rígido y característico de cada empresa, independientemente de los recursos que se consumiera para fabricar un artículo. Diversos autores como Cooper, Kaplan, E. Golddrat han defendido que este sistema de contabilidad presenta inconvenientes para los sistemas de producción actuales, proponiendo un nuevo sistema de costes basado en las actividades, ABC (*Activity Base Costing*). Estos sistemas tuvieron un gran éxito en las primeras empresas estadounidense, dedicadas a los sectores ferroviarios y metalúrgicos, que se acogieron a estos modelos.

Implantar un sistema ABC en una empresa es caro, por ello en el año 1997 Hicks adaptó los modelos ABC a las pymes llamándolos ABC. Estos sistemas se centraban en la rigurosidad más que en la precisión, permitiendo acercar esta nueva manera de gestionar la empresa a las pymes.

Los modelos ABC son herramientas que realizan un mejor reparto de costes, proporcionando costes (€/min) variables, dependiendo de las actividades de donde procedan los productos y de los recursos que ellas consuman.

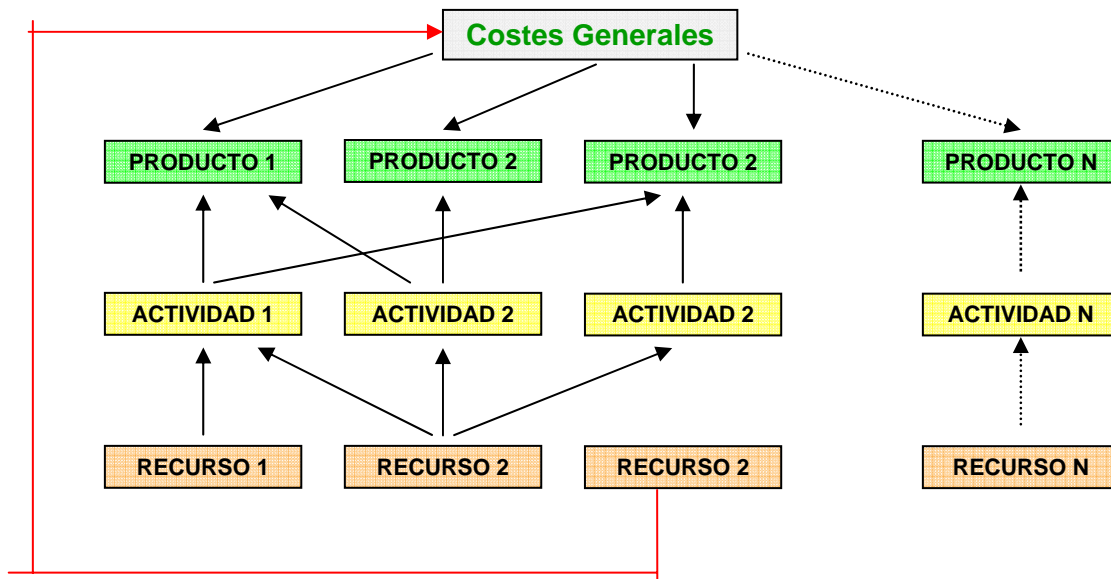


Fig. 3: Reparto de coste utilizando modelo ABC

Gracias al mayor control de costes, y a los indicadores que proporciona los modelos ABC, se permite mejorar la productividad y la calidad, la adaptabilidad y flexibilidad del sistema y la emulación de diferentes escenarios virtuales. Por ello, los convierte en una herramienta muy potente para la toma de decisiones, a las cuales están sujetos los directivos diariamente.

Bibliografía

- [1] Boletín de septiembre de 2005 de ASINTEC
- [2] Conferencia "Smart and Technical Textiles", 29 de septiembre de 2005: Workshop.
- [3] Ángel Tejada, Rosario Pérez Morote, "Contabilidad de Costes".
- [4] R.S. Kaplan y R.Cooper, "Coste & Efecto"
- [5] Boham, William, "El poder oculto de la producción".
- [6] Douglas T.Hicks, "El sistema de costes basado en las actividades (ABC)".
- [7] Jorge Pampín Bueno, "Evaluación de programas de mantenimiento productivo total mediante un modelo de ABC".
- [8] Pilar Tirado Valencia, "Gestión de costes y mejora continua",
- [9] Joan Amat y Oriol Amat, "La Contabilidad de Gestión Actual: Nuevos Desarrollos".
- [10] Lluís Cuatrecasas Arbós, "Organización de la producción y dirección de operaciones"

EL FUTURO DE LA INGENIERÍA ELÉCTRICA

José Carpio Ibáñez

Catedrático de Ingeniería Eléctrica–
DIEEC – UNED. E.T.S.I. Industriales

Email: jcarpio@ieec.uned.es

¿Merece la pena ser Ingeniero? ¿Y ser Ingeniero Industrial? Y entre sus especialidades ¿merece la pena estudiar Ingeniería Eléctrica? El objetivo de este artículo¹ es responder a estas tres preguntas y, aunque sea anticipar las conclusiones a las que vamos a llegar, la respuesta a las tres es sí, sí que merece la pena.

La Ingeniería Industrial

La Ingeniería, en general, y la Ingeniería Industrial, en particular, son titulaciones que tienen una demanda y un reconocimiento social incuestionable. Así, tal y como señala [1], a la vista de la lista de las carreras con una mayor demanda de recién titulados sin experiencia entre 2000 y 2004 (figura 1), las Ingenierías Técnicas Industriales se han situado en ese periodo en las dos primeras posiciones y la Ingeniería Industrial superior se ha movido entre la sexta y octava plaza. En esa lista tan sólo aparecen otras dos titulaciones técnicas cuya presencia, a diferencia de las anteriores, puede calificarse de coyuntural como son la Ingeniería Técnica en Informática, ya claramente en retroceso después del *boom* de los años noventa, y la Arquitectura Técnica, aupada sin duda por el empuje del sector de la construcción que se vive actualmente en nuestro país. De esta estadística se puede concluir que los estudios de Ingeniería Industrial, tanto técnica como superior, ofrecen una garantía de salida laboral a sus titulados.

Titulación / curso	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04
Ingeniería Técnica Industrial	2º	1º	1º	2º
Admón. y Dirección de Empresas	6º	2º	3º	3º
Economía	5º	3º	4º	5º
Arquitectura Técnica	9º	4º	2º	1º
CC. Empresariales	10º	5º	5º	4º
Ingeniería Industrial	8º	6º	7º	7º
Ingeniería Técnica Informática	1º	7º	-	-
Derecho	-	-	6º	6º

Figura 1. Demanda de titulados sin experiencia

¹ Resumen de la conferencia que con el mismo título el autor impartió en la Escuela Superior de Ingeniería de Cádiz (Universidad de Cádiz) el día 10 de marzo de 2006.

La Ingeniería Eléctrica

Una de las especialidades más característica y propia de la Ingeniería Industrial es la Ingeniería Eléctrica. Históricamente aparece en el último cuarto del siglo XIX, entre 1882 y 1891 (con la aparición y el uso de máquinas eléctricas y el desarrollo de los sistemas eléctricos en corriente alterna), y lo hace como consecuencia de la aplicación tecnológica de los estudios físicos que sobre la electricidad y el electromagnetismo se llevaron a cabo a lo largo de ese siglo. Posteriormente ya en el siglo XX, del tronco común que era la Ingeniería Eléctrica, aparece la Tecnología Electrónica en la década de los años treinta y en los sesenta la Automática y el Control.

Entonces ¿qué se entiende por Ingeniería Eléctrica? En España y bajo esa denominación se engloba toda la tecnología relacionada con la generación, el transporte, la distribución y el consumo de energía eléctrica, así como el análisis y la operación del sistema físico que sustenta esas actividades que es el sistema eléctrico. Con este marco, y ya con una visión universitaria de la formación del Ingeniero Eléctrico, se aceptan como propios y como la base de la Ingeniería Eléctrica tres bloques fundamentales que son la Teoría de Circuitos, las Máquinas Eléctricas y los Sistemas Eléctricos de Potencia. Esta idea se puede visualizar como una silla de tres patas, tal y como se representa en la figura 2.

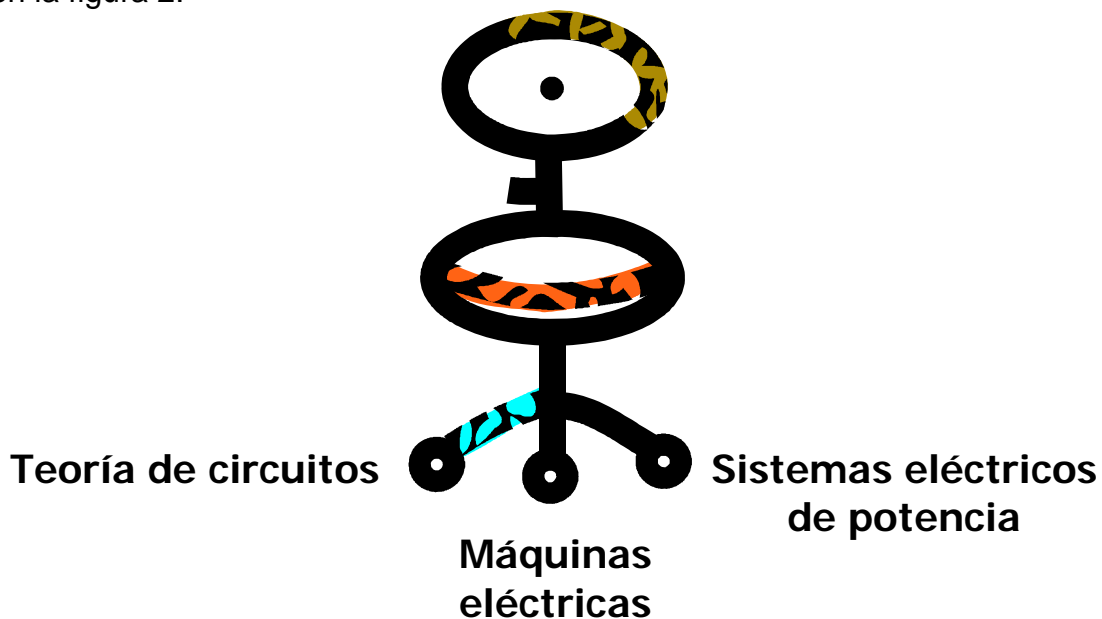


Figura 2. El Ingeniero Eléctrico en España (*Power Engineer*).

Con esa definición, la Ingeniería Eléctrica es percibida por la sociedad como un tipo de tecnología “anticuada” en la que ya “todo está inventado” y que, por lo tanto ofrece, pocas “noticias tecnológicas”. Sin embargo, esta percepción no parece que se corresponda del todo con la realidad laboral.

Para explicar esta aparente contradicción tomemos al alumno de la UNED. Se trata del mejor exponente de la realidad: en general es una persona de 27 a 35 años, con una formación profesional (alumnos de primer ciclo) o técnica de grado medio (alumnos de segundo ciclo) que aun es joven y tiene inquietud y necesidad de formación (por lo que acude a la Universidad para ello) con el objetivo principal de mejorar su situación laboral (ya que trabaja y por lo tanto no puede acudir a una universidad presencial). Es decir, el alumno medio de la UNED tiene la gran virtud de conjugar la ilusión por el estudio con el conocimiento del mundo laboral real.

Si se toman los datos de los alumnos matriculados en la titulación de Ingeniero Industrial del plan 2001 de la UNED (plan nuevo de cinco años en dos ciclos) correspondientes al curso actual 2005/06, se observan dos hechos muy curiosos recogidos en la figura 3:

- En el tercer curso (que es el último curso del primer ciclo en el que ya están definidas las distintas especialidades que se pueden cursar), la Ingeniería Eléctrica y la Electrónica Industrial ocupan las dos últimas posiciones por el número de alumnos matriculados, con un 8,3% y un 6% respectivamente.
- En el cuarto curso (que es el primer curso del segundo ciclo), se observa un gran incremento del número de alumnos matriculados (muchos Ingenieros Técnicos que acceden directamente a ese segundo ciclo) y, sobre todo, el cambio radical en las preferencias de los alumnos ya que esa dos especialidades pasan a ocupar el primer y el tercer lugar en alumnos matriculados, con el 26,8% y el 15,3% respectivamente.

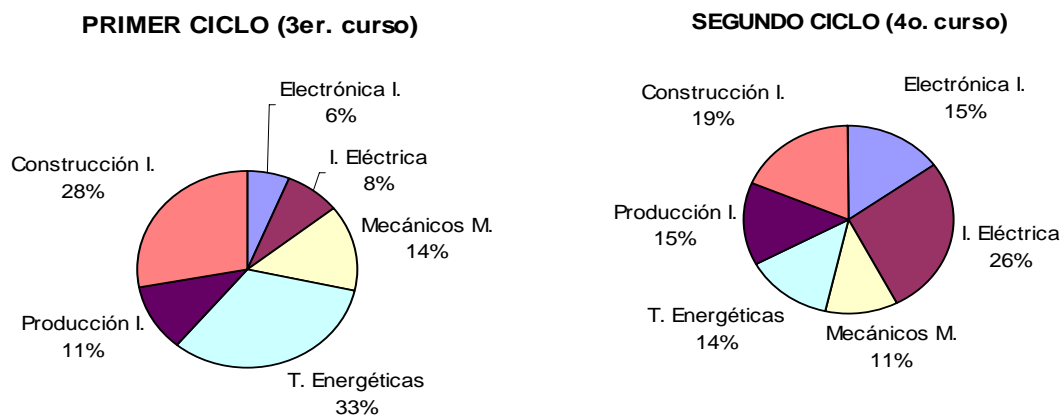


Figura 3. Alumnos matriculados en Ingeniería Industrial, plan nuevo, en la UNED en el curso 2005/06.

El análisis de estos datos permite concluir que el alumno de la UNED es un claro representante de la realidad en la que se mueve la Ingeniería Eléctrica (incluyendo por extensión a la Tecnología Electrónica): así, el alumno de primer ciclo representa al alumno más joven que elige la especialidad como una

opción personal, por la percepción que tiene de ella más que por su conocimiento real y que, por lo tanto, confirma esa idea de que los estudios relacionados con la electricidad parecen que tratan de algo anticuado y poco atractivo; sin embargo, el alumno de segundo ciclo es un alumno con experiencia laboral, que conoce la demanda del mercado y que por tanto elige la especialidad como promoción en su trabajo actual o para cambiar a otro mejor y que, por lo tanto, es consciente de la demanda existente y de la vigencia de esas dos especialidades.

El ámbito de conocimiento y trabajo que en nuestro país tradicionalmente se ha asignado al Ingeniero Eléctrico, expresado al inicio de este apartado, corresponde con el *Power Engineer* anglosajón. Allí también ocurre prácticamente lo mismo que se ha explicado sobre el Ingeniero Eléctrico en España. Así, en [2] se pone de manifiesto la escasa relevancia social del *Power Engineer* en los EE.UU. (tienen los salarios medios más bajos del grupo de ingenieros de todas las demás disciplinas relacionadas con la electricidad, y el menor porcentaje de ingenieros norteamericanos nativos contratados) y la continua disminución del número de alumnos matriculados en las universidades norteamericanas en los programas de *power engineering*. Después de analizar la situación en aquel país, resume los motivos que la justifican en los siguientes puntos generales:

1. Desregulación: la introducción de la competencia en el Sector Eléctrico ha dado lugar a nuevas necesidades como las TICs, el comercio electrónico y la gestión empresarial.
2. Es un sector final que consume lo que producen otras disciplinas eléctricas.
3. La formación es muy clásica, está poco actualizada y se plantea a medio plazo.
4. El *Power Engineer* tiene capacidad de asumir responsabilidades técnicas, pero no responsabilidades económicas y comerciales.
5. Existe un cierto rechazo por la percepción de que es un trabajo que está “contra el medio ambiente”.

Para resolver esta situación, el mismo artículo propone que desde la Universidad se actúe en dos líneas:

1. Ofrecer programas de formación más cercanos a la industria (incluyendo nuevas áreas como simulación, economía y empresa, medioambiente, etc.) y más flexibles.
2. Realizar una investigación interdisciplinaria, mediante la combinación de la electricidad (entendida como la *power engineering*) con la mecánica, la electrónica y la electrónica de potencia, el control, la EMC, con otros tipos de energías y procesos, la alta tensión, la superconductividad, etc.

Pero además de esa labor que debe realizar la Universidad, también es imprescindible una implicación personal del Ingeniero en su formación (que debe ser continua en el tiempo) y en la búsqueda de mejores condiciones profesionales (que no deben confundirse con mejores condiciones

económicas). Esta necesidad de una labor individual, que es particular y que debemos realizar cada uno de nosotros, se recoge en [4] y se puede resumir en la idea “hay que mirar al futuro, pero hay que hacerlo sabiendo hacia dónde se mira y cómo se mira”, se explica en los siguientes cuatro consejos:

1. Una formación continúa en nuestra área y en otras afines (por ejemplo a través de otras titulaciones, cursos, congresos y la iniciativa personal).
2. Estar informado y al día (por ejemplo mediante las publicaciones periódicas de sociedades profesionales).
3. No tener miedo al cambio (pero siempre sabiendo hacia dónde se va).
4. Haz lo que te gusta (expresado, con una mentalidad muy norteamericana, como *follow your interest, don't follow the dollar*).

Cómo debería ser el Ingeniero Eléctrico

Una vez vista la situación de lo que entendemos por Ingeniero Eléctrico en España (y que corresponde al *Power Engineer*), las razones que le han llevado a esta situación y lo que se puede hacer para mejorarla, tanto desde la Universidad como por la implicación personal de cada uno, es claro este apartado ¿cómo debería ser el Ingeniero Eléctrico? O, al menos, cómo creo yo que debería ser.

Claramente el Ingeniero Eléctrico en nuestro país debe incorporar y asumir como propias, como parte de su “definición”, al menos otras dos disciplinas como son la Electrónica (principalmente la Electrónica de Potencia) y el Control. Esta nueva definición es tan obvia que ya está asumida y aceptada en otros países y es la que corresponde al *Electrical Engineer* anglosajón. Utilizando el símil de una silla, debemos pasar de la de la figura 2 a la silla de cuatro patas de la figura 4.

Esta definición de lo que debe ser el Ingeniero Eléctrico debe ser asumida e incorporada por la Universidad en sus futuros planes de estudio de la titulación y por cada uno de nosotros a la hora de planificar nuestro futuro y formación continua personal en las disciplinas que son de su competencia más próxima, tal y como se ha recogido en los párrafos anteriores. Desde la asunción por estos dos agentes, esta visión del Ingeniero Eléctrico terminará llegando a la sociedad.

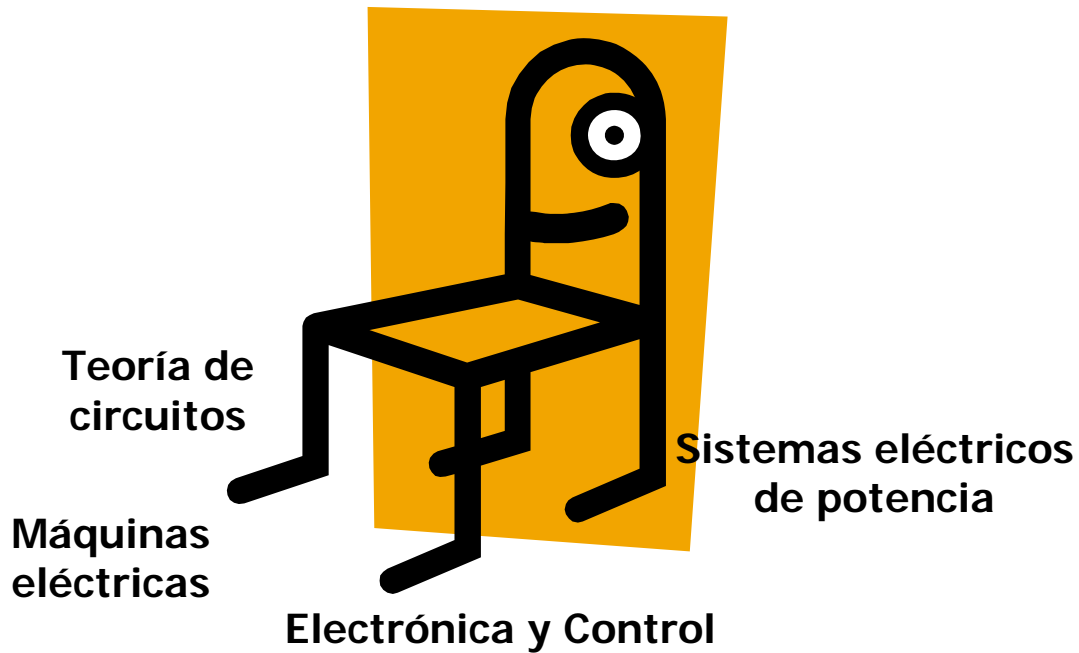


Figura 4. Lo que debe ser el Ingeniero Eléctrico en España (*Electrical Engineer*).

Como ejemplo de esta propuesta, el IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) cita las seis tecnologías que considera emergentes para los próximos años [3]. Estas son:

- Gestión de derechos digitales.
- Tecnologías de “display”.
- Biométrica (identificación de los individuos por sus características físicas).
- Economía del hidrógeno y combustibles alternativos.
- Electrónica orgánica (materiales electrónicos basados en el carbono).
- Internet y comunicaciones inalámbricas (Wi-Fi).

De ellas, la cuarta tiene una clara implicación en lo que actualmente se conoce como desarrollo sostenible y es un buen ejemplo de la investigación interdisciplinaria que se proponía en el apartado anterior como una de las líneas que se han de seguir para mejorar el reconocimiento y el futuro a corto plazo de la Ingeniería Eléctrica. Como ejemplo, la figura 5 nos muestra una propuesta de un sistema para la producción de hidrógeno mediante energías renovables (energía eólica en este caso) para ser utilizado en pilas de combustible en vehículos eléctricos [5]. Como se puede observar en esa propuesta, en esta tecnología emergente, se necesitan ingenieros que además de los conocimientos clásicos del *Power Engineer* (motores eléctricos y generación de energía eléctrica de origen eólico), posea sólidos conocimientos de electrónica de potencia (para el hidrolizador, la conexión a la red eléctrica y el accionamiento del motor eléctrico del vehículo) y de control (del motor del vehículo y de los distintos subsistemas de la instalación), es decir, esta tecnología emergente necesita claramente de Ingenieros Eléctricos, se necesitan *Electrical Engineers*.

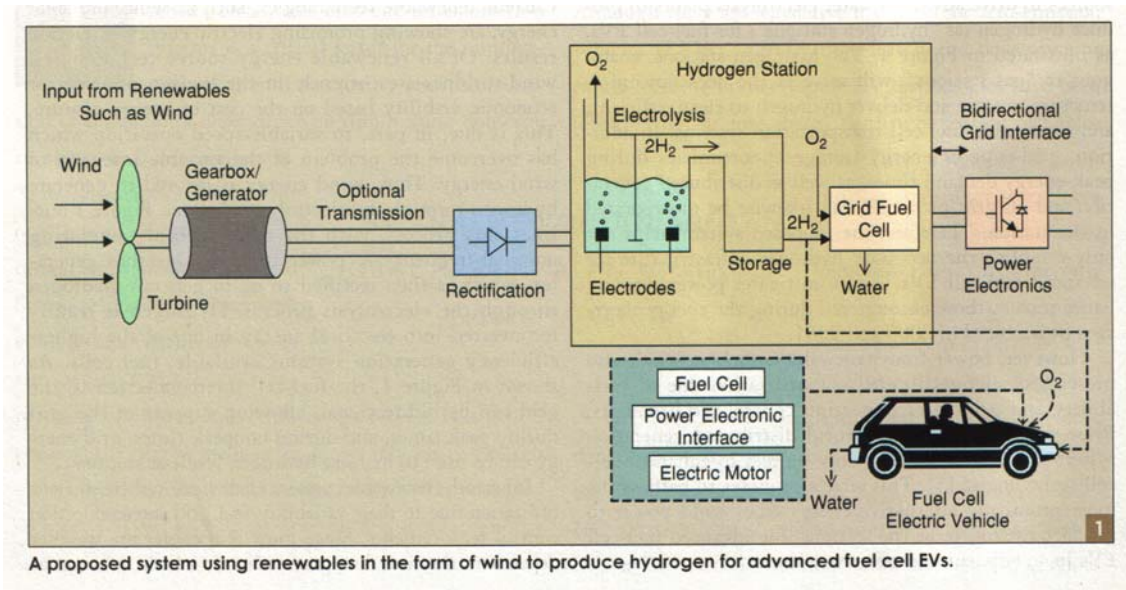


Figura 5. Ejemplo del campo de trabajo e investigación del Ingeniero Eléctrico dentro de una tecnología emergente como es la economía del hidrógeno.

Y Bolonia ... ¿qué?

En 1999 en la ciudad italiana de Bolonia se definió el Espacio Europeo de Educación Superior, más conocido como EEES, como una respuesta a la demanda y necesidad de adecuar la universidad a la industria y a la realidad social y política de la Unión Europea. El objetivo con el que se creó el EEES era el de facilitar la movilidad de estudiantes y de titulados, al uniformizar las titulaciones, los contenidos y la carga docente. Este objetivo se explicaba gráficamente con la idea de “empezar la carrera en Cádiz, continuarla en Roma y finalizarla en París”. La estructura universitaria de todos los países de la UE debían transformarse hacía ese objetivo común con el horizonte de que fuese una realidad en el año 2010.

La buena idea germinal y el entusiasmo que despertó Bolonia se ha ido diluyendo poco a poco en las particularidades de cada país (incluso el escaso apoyo al proyecto de Constitución Europea puede que haya contribuido a ello). En España la aplicación de Bolonia se ha plasmado en los decretos de grado y postgrado y en el catálogo de nuevas titulaciones (aun no cerrado) que modifican sustancialmente la Universidad tal y como la conocemos hasta ahora.

Esa idea de uniformizar las titulaciones y los contenidos en toda Europa, se ha perdido. En algunos países como España seguimos adelante y la reforma del catálogo de titulaciones parece ya imparable (se pretende que quede definitivamente cerrado en septiembre de 2006), aunque se haya hecho mirando más a lo que hay y a los intereses corporativos, que a esa pretendida uniformidad y a las necesidades reales de la sociedad. En otros países como

Francia y Alemania, por el contrario, la idea de Bolonia ha quedado aparcada, en el congelador, hasta nuevo aviso.

¿Para qué nos ha servido Bolonia? Muchos opinamos que Bolonia ha servido, tristemente, para nada, para removerlo todo y que finalmente quede como estaba... o, al menos, casi como estaba ya que una titulación con un claro reconocimiento social, una constatada demanda laboral y más de 150 años de historia como es la Ingeniería Industrial va a desaparecer troceada en algunas de sus especialidades; así, de ella nace el título de Ingeniero Eléctrico. Y al final, si algo nos puede aportar Bolonia es la posibilidad de definir el Ingeniero Eléctrico de acuerdo a la visión más amplia del *Electrical Engineer* explicada en este artículo, que definitivamente supere al actual y tradicional *Power Engineer*. Personalmente espero que sea así y que no perdamos una vez más la posibilidad de ponernos al día

Conclusiones

Para finalizar este artículo, y siguiendo la estructura tradicional, llegamos a las conclusiones que, dada su naturaleza, necesariamente son unas conclusiones totalmente personales y, por lo tanto, discutibles, con las que se puede estar de acuerdo o no.

En primer lugar, respondiendo a la pregunta que da título a este artículo, pienso que la Ingeniería, en general, y sobre todo la Ingeniería Industrial, en particular, tienen hoy demanda, futuro y que merecen la pena como una elección de estudio y de trabajo. Esto es claro, los datos, el reconocimiento social y la demanda laboral lo corroboran.

En cuanto a la Ingeniería Eléctrica, la respuesta es igualmente afirmativa, es una titulación con presente y con futuro, pero a la que le falta abrirse a la realidad y ser reconocida su labor por la sociedad. Para ello es necesaria una adecuación a las necesidades que demanda la sociedad por parte de la Universidad y por los propios Ingenieros Eléctricos, pasando de la definición tradicional del *Power Engineer* a la más amplia y actual del *Electrical Engineer*.

En cuanto a Bolonia, la idea inicial era buena aunque finalmente se haya perdido en las distintas aplicaciones y ritmos nacionales (... ¿y, quizás, también autonómicos?). En España, debería haber servido entre otras cosas para reconducir el caos existente de titulaciones y lo que se ha conseguido es, curiosamente, acabar con una titulación que funcionaba bien como es el Ingeniero Industrial.

Y dentro de esta situación la única luz que se vislumbra y que nos afecta, de manera particular, es la aparición del Ingeniero Eléctrico. Que se defina con amplitud de miras y sentido de la realidad y de futuro, como el aceptado internacionalmente *Electrical Engineer*, es la única esperanza que tengo en que todo esto, finalmente, sirva para algo. El tiempo dirá.

Referencias

- [1] Arcega, F. "El nuevo Ingeniero Eléctrico: situación actual y perspectivas ante el reto de Bolonia". Universidad de Zaragoza, Abril 2005.
- [2] Chowdhury, B.H. "Power education at the crossroads". IEEE Spectrum, Octubre 2000.
- [3] IEEE. <http://www.ieee.org/portal/site/emergingtech/>.
- [4] Selinger, C. "Learning where the jobs are". IEEE Spectrum, Febrero 2006.
- [5] Von Jouanne, A. et al. "Gone with the wind". IEEE Industry Applications Magazine, Julio/Agosto 2005.

INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Alejandro Díaz Hortelano

Ingeniero Industrial.

Coordinador boletín electrónico rama IEEE-UNED.

E-mail: adiash@ieee.org

Hoy por hoy, la mayor parte de la energía primaria consumida proviene de recursos fósiles, y a pesar de las ayudas gubernamentales existentes, todavía resulta costosa la generación de energía eléctrica a partir de energías renovables (Solar Fotovoltaica) comparada con la obtenida por fuentes tradicionales (Centrales Eléctricas, Centrales Nucleares, Centrales Hidroeléctricas, etc.). Su principal aplicación se da en las instalaciones aisladas, alejadas de la red eléctrica, y poco a poco, aumenta el número de instalaciones conectadas a red, y en menor medida, las Centrales Solares Fotovoltaicas a gran escala. Por tanto, se puede decir, que su éxito dependerá fundamentalmente, de su capacidad para reducir costes de fabricación, distribución, instalación y mantenimiento, así como de su madurez tecnológica.

1. SISTEMAS DE ENERGÍAS RENOVABLES

Ya desde los inicios de la existencia del hombre, se han venido utilizando las energías renovables en forma de biomasa, viento, agua y sol. Pero con el paso del tiempo y la aparición de los recursos energéticos fósiles, y sus eficientes y baratos métodos, se impulsó la generación, de forma masiva, de energía procedente de recursos fósiles.

Actualmente, las energías renovables se están estableciendo como un método alternativo a los convencionales métodos de obtención de energía, haciéndose cada vez más fuertes, gracias entre otras causas al apoyo gubernamental, al agotamiento de recursos fósiles, y al incremento de la sensibilidad de los ciudadanos con el medio ambiente y su importante contribución con éste al hacer uso de este tipo de energía.

Durante los últimos años, el consumo de la electricidad en España ha crecido considerablemente, y esto unido a la falta de nuevas inversiones en generación, ha echo que el margen de reserva de capacidad del sistema eléctrico español haya bajado pronunciadamente.

Según diversas previsiones, en los próximos años el aumento de la población mundial aumentará de forma más lenta que el consumo energético global. Por lo cual, se debe meditar como satisfacer las crecientes necesidades energéticas, a través de sistemas de producción eléctricos que satisfagan la calidad y fiabilidad del suministro, la competitividad económica, y el respeto medioambiental.

Debido a las escasas tasas de reserva de las principales fuentes energéticas, como pueden ser el petróleo, el gas natural, y el carbón, se debe replantear la necesidad de búsqueda de nuevas fuentes energéticas alternativas. Sin olvidar, intentar nivelar el gran desequilibrio, existente entre los países más y menos desarrollados, en el consumo de energía mundial, donde tan solo el 25% de la población consume el 75% de la energía consumida en todo el mundo.



Fig 1.: Sistemas de energía eólica y solar

Las energías renovables, a pesar de las dificultades que limitan su expansión, ofrecen una serie de ventajas que las convierte en una opción de futuro, como pueden ser:

- Las energías renovables pueden ayudar a reducir la dependencia de fuentes energéticas importadas del exterior, mejorando la balanza comercial y aumentando la seguridad del suministro.
- El carácter modular de las energías renovables permite su extensión o reducción según se requiera.
- Las posibilidades de negocio en los países en vías de desarrollo donde se están implantando energías renovables son muy grandes para las empresas europeas.
- Por motivos medioambientales, las fuentes renovables suelen tener una gran acogida entre la opinión pública.
- Las energías renovables, son energías descentralizadas, que pueden ser captadas y utilizadas en todo el territorio. Siendo posible dotar con energía, zonas poco pobladas, donde resultaría prácticamente imposible poder disponer de energía mediante métodos convencionales, debido principalmente a la escasa viabilidad económica de dichas instalaciones.

- Disminución en el coste de mantenimiento de las instalaciones.

Para impulsar la producción a partir de fuentes renovables, parece claro que son necesarios programas de ayuda por parte de las diferentes Administraciones, a través de primas y financiaciones ventajosas. Actualmente en España, existe el “Plan de las Energías Renovables 2005-2010”, creada con el propósito de fomentar el uso de las energías renovables y alcanzar los objetivos planteados en el “Protocolo Kyoto”. Dentro de las energías renovables, algunos tipos como la energía eólica han experimentado un despegue espectacular en los últimos años. Pero lamentablemente, otros como la energía solar, no se han desarrollado del mismo modo, como se puede observar en la figura 2. Incluso a pesar del característico clima soleado existente en España, éste posee menor número de instalaciones solares que otros países como Alemania. La energía solar fotovoltaica, aún, debe esperar a dar un salto tecnológico, y así solucionar el problema de costes, que entre otros limita su expansión.

Algunos analistas consideran que dentro de 50 años, las principales fuentes de energía serán el hidrógeno, el viento y el sol, pasando los combustibles fósiles tradicionales a un segundo plano. En la actualidad, éstos últimos proporcionan el 90% de la energía consumida en todo el mundo, correspondiendo el 41% al petróleo. El carbón, fuente energética sucia pero decisiva en la revolución industrial del siglo XIX, todavía posee un importante papel, aunque con tendencia a decaer. El gas natural, más limpio que los anteriores, gana terreno rápidamente. Y la energía hidroeléctrica tradicional ve limitada su expansión por las grandes necesidades de terreno y agua que conlleva. La energía nuclear puede verse sometida a un nuevo empuje, pero los altos costes de inversión inicial, la seguridad y los residuos radiactivos frenan su utilización masiva. El hidrogeno, por otro lado, puede ayudar a paliar uno de los principales inconvenientes del desarrollo en gran escala de las energías renovables, facilitando el almacenamiento y transporte de la fuente energética, y prescindiendo de las baterías o acumuladores, poco viables en instalaciones a gran escala.

2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La cantidad de energía procedente del sol se estima alrededor de $1,49 \times 10^8$ Kwh., cantidad mucho mayor que la consumida a nivel mundial durante un año. Ésta se trata de una energía limpia, que no contamine ni cueste dinero, y que se obtiene a partir de un recurso inagotable, el sol. Pero su problema radica en cómo convertirla, de forma eficiente, en energía aprovechable. Actualmente, la tecnología se encamina a la conversión térmica y eléctrica en la cual nos centraremos en este artículo.

La conversión directa en energía eléctrica se produce en las células solares, y se basa en el efecto fotovoltaico. Todo sistema fotovoltaico esta formado por el conjunto de componentes necesarios para suministrar energía eléctrica a una instalación a partir de energía térmica procedente del sol. Existiendo en todo sistema fotovoltaico, un componente básico, la célula fotovoltaica. Cuando juntamos varias de estas células, formamos el

denominado módulo fotovoltaico. La potencia de un módulo varía dentro de un amplio intervalo entre 10 y 300 W aproximadamente. Pero en muchas aplicaciones, se requieren potencias mayores, por lo que se hace necesario agrupar varios módulos.

Producción con energías renovables en 2004 (1)			
	Potencia (MW)	Producción (GWh)	Producción en términos de Energía Primaria (ktep)
Generación de electricidad			
Hidráulica (> 50 MW) (2)	13.521	23.673	1.863
Hidráulica (Entre 10 y 50 MW)	2.897	5.097	438
Hidráulica (< 10 MW)	1.749	4.729	407
Biomasa	344	2.193	680
R.S.U.	189	1.223	395
Eólica	8.155	15.056	1.295
Solar fotovoltaica	37	57	5
Biogás	141	825	267
Solar termoeléctrica	-	-	-
TOTAL ÁREAS ELÉCTRICAS	27.032	52.852	5.350
Usos térmicos			
	m ² Solar t. baja temp.		(ktep)
Biomasa			3.487
Biogás			28
Solar térmica de baja temperatura	700.805		51
Geotermia			8
TOTAL ÁREAS TÉRMICAS			3.574
Biocarburantes (Transporte)			
TOTAL BIOCARBURANTES			228
TOTAL ENERGÍAS RENOVABLES			9.152
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA (ktep)			141.567
Energías Renovables/Energía Primaria (%)			6,5%

Fig. 2: Resumen de la producción con energías renovables en el 2004 [4]

La instalación típica, es aquella que requiere electricidad durante todo el día, por lo que se hace indispensable disponer de un acumulador o batería para el almacenamiento de la energía. Por otro lado, otras instalaciones que requieren corriente alterna, necesitan de un inversor o regulador, que convierte la corriente continua generada en los módulos en corriente alterna. Además, toda instalación debe disponer de las protecciones necesarias para preservar la seguridad de los seres humanos y el resto de los bienes, y de los conductores eléctricos dimensionados de forma adecuada.

3. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Las instalaciones fotovoltaicas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Instalaciones aisladas

- Instalaciones conectadas a la red eléctrica

3.1 INSTALACIONES AISLADAS

Durante décadas, la aplicación típica de la energía fotovoltaica ha sido la de permitir disponer de energía eléctrica en instalaciones situadas en lugares remotos, donde se hacía difícil o prácticamente imposible utilizar otros generadores o fuentes energéticas. Las instalaciones aisladas, se suelen utilizar en aquellas ocasiones donde se requieren poca carga, y se suelen situar cerca del mismo lugar de la instalación. Algunos ejemplos típicos pueden ser, las aplicaciones agrícolas (bombeo de agua, sistemas de riego, etc.), la electrificación de viviendas sin suministro eléctrico, la depuración de aguas, la iluminación pública de calles y monumentos, etc.

Estos sistemas suelen incorporar baterías, elementos con la capacidad de acumular la energía que se obtiene durante el día, y de esta forma poder hacer uso de ella por la noche o durante épocas del año poco soleadas. Además, es habitual utilizar un controlador o regulador, y si la instalación requiere que los receptores se alimenten con corriente alterna se necesita un inversor que transforme la corriente continua generada en el sistema fotovoltaico en corriente alterna. En estas aplicaciones, la instalación se debe dimensionar adecuadamente para poder abastecer de energía eléctrica a la totalidad de la carga en los meses menos soleados. En determinadas ocasiones, la instalación se puede complementar con un suministro complementario, como pueda ser un grupo electrógeno, y así asegurar el suministro eléctrico en todo momento.

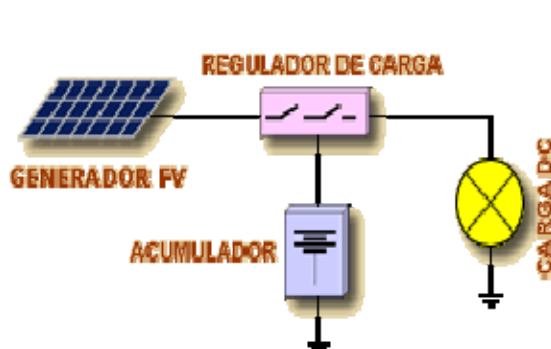


Fig. 3: Sistema Solar Fotovoltaico aislado para alimentación en corriente continua.

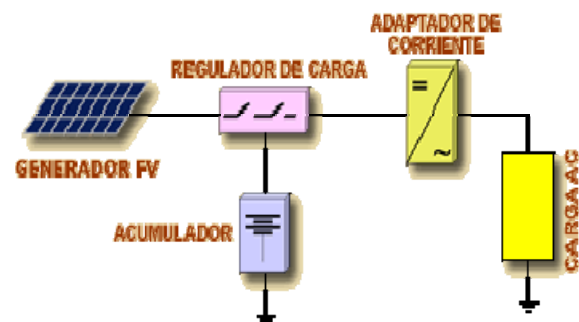


Fig. 4: Sistema Solar Fotovoltaico aislado para alimentación en corriente alterna

3.2 INSTALACIONES CONECTADAS A RED

Durante la década de los 80, dos compañías eléctricas norteamericanas instalaron en California las dos primeras centrales fotovoltaicas con paneles de silicio cristalino con seguimiento en dos ejes y potencias de 1 MWp y 7MWp. Desde entonces el número de instalaciones fotovoltaicas ha ido en aumento, con el objetivo de inyectar en la red la electricidad e investigar nuevas tecnologías y equipos.

Su principal ventaja es la simplicidad del diseño, sin necesidad de incluir baterías; componente sumamente complejo y costoso en la instalación, y que resulta poco viable en centrales de este tipo, ya que para unos pocos MWp serían necesarios baterías de gran tamaño.

Debido a razones técnicas (componentes electrónicos de potencia del inversor) y económicas (extensión del terreno y coste de la instalación), la potencia de este tipo de centrales fotovoltaicas es del orden de unos pocos MWp. Además, éstas no suelen disponer de capacidad de regulación, y toda la energía generada se inyecta en la red eléctrica. En España un ejemplo de este tipo de central esta en Toledo, en la central fotovoltaica de Toledo-PV, donde se genera 1 MWp conectado directamente a red a 15kV.

Las instalaciones conectadas a la red eléctrica, a diferencia de las anteriores, poseen un suministro eléctrico procedente de una compañía suministradora, y la energía generada del sistema fotovoltaico o parte de ella, se vende a la compañía a un precio establecido por normativa, y al menos cuatro veces mayor que la energía comprada a la compañía. Todo esto, suele facilitar la amortización de la inversión realizada en un máximo de 20 años. Por tanto, en estas instalaciones fotovoltaicas, el dimensionado no debe ser diseñado para alimentar toda la carga, ya que los receptores se alimentan desde una red eléctrica convencional.

Así que estos sistemas son sistemas más sencillos de instalar, más baratos al no necesitar ni regulador ni baterías, y con un mantenimiento más sencillo y económico que las aisladas.

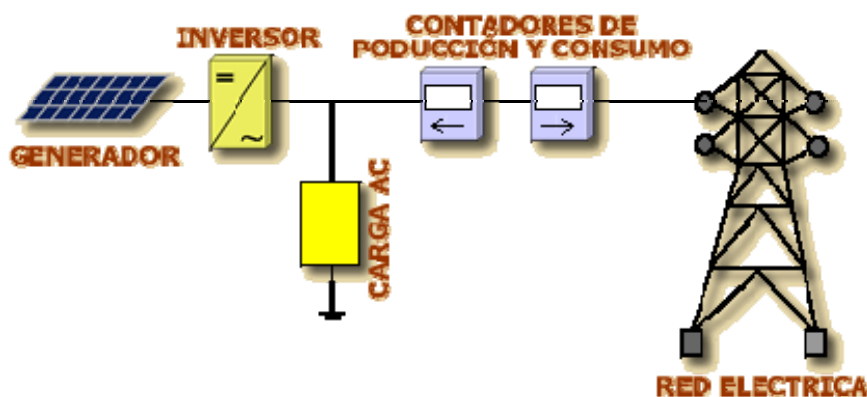


Fig. 4: Sistema Solar Fotovoltaico aislado para alimentación en corriente alterna

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica ofrecen la posibilidad de generar cantidades significativas de electricidad no contaminante de alto valor comercial, creciendo masivamente el mercado mundial de este tipo de tecnología en tres líneas principales:

- Instalaciones fotovoltaicas para el sector doméstico (1-5 kWp)
- Integración fotovoltaica en edificios comerciales o industriales (10-250 kWp)
- Plantas fotovoltaicas centralizadas (100-5.000 kWp)

Sus aplicaciones principales son: las centrales fotovoltaicas donde toda la energía producida se inyecta a la red eléctrica, y los sistemas integrados en edificios donde toda o gran parte de la energía generada se inyecta en la red.

Su éxito a largo plazo radica en la reducción de costes, incluyendo los módulos, inversores, estructuras de soporte, cableado, protecciones y mano de obra. Y por tanto, por ahora, la principal barrera a la extensión de sistemas fotovoltaicos conectados a la red es el precio. Aunque también existen otros tipos de motivaciones como pueden ser la sensibilización medioambiental o la salud humana. Pero las dificultades en la conexión de la instalación a la red, variando los requisitos de uno países a otros, e incluso la existencia de vacíos legales al respecto, no facilitan su despegue.

4. COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Una instalación solar fotovoltaica consta o puede constar de los siguientes componentes:

- Subsistema de captación de energía
- Subsistema de acumulación de energía eléctrica
- Subsistema de regulación
- Subsistema de adaptación del suministro eléctrico
- Subsistema de transporte de energía eléctrica
- Subsistema de control, medida y protección.

4.1 SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN

El subsistema de captación esta formado por un conjunto de módulos o paneles fotovoltaicos, que captan la energía procedente del sol y la transforman en energía eléctrica de corriente continua. En su diseño se debe considerar el tipo de estructura, la cual puede ser fija o móvil, sin seguimiento solar, y con seguimiento solar en uno o dos ejes.

Un modulo o célula fotovoltaica no suministra la energía suficiente para alimentar las cargas de una instalación. Por lo tanto, las células se agrupan en serie o paralelo formando los paneles fotovoltaicos, con el fin de obtener una tensión y corriente determinada

La cubierta superior es de un vidrio templado especial, resistente a los impactos y con una superficie exterior lisa para no retener la suciedad. La

cubierta inferior, suele ser opaca de material sintético, y su función es protegerla de agentes externos (humedad).

Entre ambas cubiertas se encuentra el material encapsulante, compuesto por siliconas, polivinilo o etil-vinil-acetileno, el cual debe ser transparente a la radiación solar y no absorber la humedad.



Fig. 6: Sistema fotovoltaico (3 paneles). ETSII de la UNED

4.2 SUBSISTEMA DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En instalaciones no conectadas a redes, se suele necesitar un sistema de almacenamiento que cubra la demanda energética en épocas de poca o nada soleadas. El componente usado más habitual, en estos casos, es el empleo de acumuladores electroquímicos o baterías.

Desde el punto de vista de la fiabilidad de la instalación, las baterías son de gran importancia para asegurar el buen funcionamiento de las instalaciones, por lo que hay prestarles especial atención.

Una batería consiste en dos o más elementos, pilas o celdas, conectados en serie o paralelo, los cuales convierten la energía química en energía eléctrica mediante dos electrodos de distinto material.

4.3 SUBSISTEMA DE REGULACIÓN

El regulador realiza la función del control de estado de carga de la batería, evitando tanto la descarga por debajo del mínimo (con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería), como la sobrecarga por encima de la carga nominal. Siendo éstos fenómenos altamente perjudiciales para la vida de las baterías. Este componente, se encarga de regular el flujo de

electricidad desde los módulos fotovoltaicos hasta las baterías, y desde las baterías hasta los receptores.

El regulador tiene como función fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. Si una vez que se ha alcanzado la carga máxima, se intenta seguir introduciendo energía, se inicia en la batería procesos de gasificación (hidrólisis del agua en hidrógeno y oxígeno) o de calentamiento, que pueden llegar a ser peligroso y, en cualquier caso, acortaría sensiblemente la vida de la misma.

Los dos parámetros eléctricos que definen un regulador son su tensión nominal y la intensidad máxima que es capaz de disipar.

4.4 SUBSISTEMA DE ADAPTACIÓN DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO

Son elementos que adaptan la energía generada en el panel fotovoltaico o por las baterías a las condiciones requeridas en los receptores de la instalación. Sus principales elementos utilizados son:

- Convertidores de tensión Continua a Continua
- Inversores o onduladores

Los convertidores de tensión CC realizan la misma función que los transformadores en tensión alterna, modificar la tensión el valor de la tensión para hacerlos compatibles con la tensión de trabajo de los receptores.

Los inversores se utilizan para alimentar cargas de corriente alterna o para inyectar corriente directamente a red, que transforman la tensión y corriente continua en alterna. Las potencias nominales abarcan desde los 50 W hasta los 5 kW, aunque existen en el mercado potencias muchos mayores.

4.4 SUBSISTEMA DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El transporte de la energía eléctrica en el sistema fotovoltaico se realiza a través de canalizaciones o líneas eléctricas, a partir de conductores de sección circular de diferentes secciones, con diferentes modos de instalación y diferentes tipos de cable (RZ1-K, ES0750, etc.)

El tipo de cable debe especificar de que material esta compuesto (Cu o Al), si es rígido o flexible, unipolar o multiconductor, el tipo de aislamiento (PVC, etileno-propileno, polietileno reticulado, etc.).

El modo de instalación puede ser mediante una línea aérea, subterránea o interior. Y si el conductor se canalizará bajo tubo, en el interior de canales prefabricados de obra, bandejas, etc.

Finalmente la sección de los conductores debe ser establecida mediante la aplicación de los siguientes criterios.

- La intensidad máxima admisible en régimen permanente.
- Máxima caída de tensión admisible

-Intensidad máxima admisible por los conductores en caso de cortocircuito

4.5 SUBSISTEMA DE CONTROL, MEDIDA Y PROTECCIÓN.

Las funciones que deben realizar los dispositivos de control dependen de la complejidad y requerimientos de la instalación fotovoltaica, como puede ser el seguimiento solar de los módulos, supervisión del nivel de carga de las baterías, lectura de parámetros característicos de la instalación.

En instalaciones conectadas a red se hace indispensable la medida de la energía eléctrica producida y la consumida, tanto monofásica, como trifásica. Para ello, se utilizan contadores de energía activa kWh, y en algunos casos energía reactiva KVA-h.

También, toda instalación fotovoltaica debe incorporar dispositivos y sistemas de protección para asegurar su funcionamiento de una forma segura para las personas y los bienes. Algunas protecciones típicas son: la protección contra sobrecargas y cortocircuitos mediante interruptores automáticos y/o fusibles; la protección contra contactos directos e indirectos, mediante instalaciones de puesta a tierra de las masas, y la instalación de interruptores diferenciales; y protección contra sobre tensiones mediante la instalación de pararrayos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Castro y otros. "Monografías Técnicas de energía Renovables. Energía Solar Térmica".Ed. Progensa, 2000.
- [2] M Ibáñez Plana y otros. "Tecnología Solar".Ediciones Mundi-Prensa, 2005.
- [3] A. Colmenar, M.Castro. "Biblioteca de las Energía Renovables". DIIEC, UNED 2006.
- [4] IDAE "Resumen Plan de Energía Renovables 2005-2010", Agosto 2005.
- [5] Greenpeace. "Guía Solar. Como disponer de energía solar fotovoltaica conectada a red. Agosto, 2003.
- [6] L. Rodríguez. "Curso de energía Solar Fotovoltaica". Grupo IDEA. <http://solar.ujaen.es/cursolar.HTM>

INFORMACIÓN GENERAL RESUMIDA

La Rama de Estudiantes creada en la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) tiene por objetivo principal **la difusión de la ciencia y la tecnología**.

Se consolidó inicialmente con 37 miembros en noviembre del año 2004.

La información general sobre sus actividades e información de cómo hacerse miembro se puede ver en la página Web:

[http:// www.ieec.uned.es/IEEE/](http://www.ieec.uned.es/IEEE/)

dentro del enlace de la Rama de Estudiantes.

Las actividades principales que las Ramas de España realizan son: charlas, cursos, congresos, concursos, actividades educativas, visitas a empresas y organizaciones, interrelación cultural y multidisciplinar y cualquier actividad que quiera desarrollar cada uno de sus miembros.

Actualmente puede participar cualquier estudiante de las carreras de Informática y de Industriales de la UNED. Para conocer más información sobre el IEEE, las Ramas de España y sus posibilidades se recomienda leer los primeros artículos de éste Boletín y visitar la página Web para ver los boletines previos. De todas formas cualquier información o consulta puede dirigirse a Eugenio López:

elopez@ieec.uned.es.

Esperamos que os haya gustado a todos éste quinto Boletín y agradecer una vez más a todos los autores el haber participado en el mismo haciéndolo posible.

UN SALUDO

Eugenio López

Presidente de la Rama de Estudiantes IEEE-UNED





**Hazte socio
De la Rama de Estudiantes
del IEEE en la UNED**

Web IEEE-UNED

<http://www.ieec.uned.es/IEEE/>

Charlas, conferencias,
cursos, visitas, empresa,
Boletín Electrónico, etc.



**RAMA DE ESTUDIANTES IEEE-UNED
19-JUNIO-2006 (BOLETIN Nº5)**