

# Una actividad de acercamiento presencial y virtual a la Ingeniería Química

Francisco Jarabo

Francisco J. García

María C. Marrero

Dpto. de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica - Universidad de La Laguna  
38200 La Laguna (Tenerife) ESPAÑA

y

Nicolás Elortegui

Instituto de Enseñanza Secundaria “César Manrique”  
38010 Santa Cruz de Tenerife (Tenerife) ESPAÑA

## RESUMEN

Para fomentar el estudio de las titulaciones técnicas y científicas que permita generar un cambio de actitud de la población canaria a favor de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación, se lleva a cabo la actividad "Acércate a la Química".

En el marco del Plan Integrado Canario de I+D+I, se ha firmado un convenio de colaboración entre la Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias y la Universidad de La Laguna por el que, entre los días 8 y 25 de marzo de 2004, se pretende promocionar las titulaciones que se imparten en la Facultad de Química: Licenciado en Química e Ingeniero Químico.

Grupos de alumnos de 4º de la Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato permanecen en las dependencias de la Facultad de Química durante una jornada, no sólo conociendo sus instalaciones, sino también realizando algunos trabajos experimentales en sus laboratorios.

Se describe la experiencia que se ha diseñado especialmente para la ocasión en el Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica para acercar a los alumnos también a la Ingeniería Química. Asimismo se detalla la documentación generada aplicando las TIC en tres formatos y la realización presencial de la actividad.

**Palabras Claves:** Tecnologías de información y comunicaciones, e-learning, enseñanza virtual, aprendizaje por Internet, apoyo a la enseñanza presencial

## ANTECEDENTES INSTITUCIONALES

Las TIC están afectando profundamente a la sociedad actual y los retos que plantean a la educación son múltiples. Sobre todo, para que las innovaciones tecnológicas estén verdaderamente al servicio de la educación y demuestren su

relevancia en contextos de aprendizaje muy distintos. Desde la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior [1], la propia Unión Europea, en la iniciativa “e-Learning”, tiene como objetivo movilizar a las comunidades educativas y culturales y a los agentes económicos y sociales para lograr la transición de Europa hacia la sociedad del conocimiento [2].

Paralelamente, en España se aprueba en diciembre de 1999 la “Iniciativa del Gobierno para el Desarrollo de la Sociedad de la Información «Info XXI: La Sociedad de la Información para Todos»”. Esta iniciativa comprende un conjunto de metas estratégicas, cuya puesta en práctica requiere el planteamiento de acciones concretas, recogidas en un Plan de Acción, aprobado en enero de 2001 [3], que incluye un total de 318 acciones propuestas para su ejecución entre los años 2001 y 2003.

En nuestro ámbito regional, el Gobierno de Canarias establece en septiembre de 2000 un “Plan para el Desarrollo de la Sociedad de la Información en Canarias”, PDSIC, cuyo objetivo central es “hacer de Canarias una región plenamente integrada en la Sociedad de la Información sin fronteras ...” y los objetivos en educación pretenden “fomentar la incorporación del uso de las TIC en la actividad cotidiana de todos los procesos formativos, tratando de soslayar de esta incorporación la discrecionalidad de los actores del sistema, realizando la Administración una actividad compensatoria que haga llegar a todos la formación en tecnologías y el acceso a las mismas” [4]. Asimismo, en junio de 2002 el Gobierno de Canarias presenta el borrador de su “Plan Integrado Canario de I+D+I”, PIC [5], que tiene como principios estratégicos “... la mejora del bienestar social (...), la mejora de la competitividad de las empresas (...) y la generación, difusión y absorción de conocimiento científico y tecnológico ...”.

Es evidente que son innumerables las acciones que se están

emprendiendo para favorecer simultáneamente el acceso a los sistemas basados en las TIC y el desarrollo del proceso educativo en la sociedad de principios del siglo XXI.

### ANTECEDENTES INVESTIGADORES

Dentro de un programa de investigación llevado a cabo en los últimos años sobre el desarrollo de contenidos de asignaturas del área de Ingeniería Química y su integración con las TIC, ya se han obtenido resultados en diversos aspectos didácticos, referentes a fundamentos teóricos, esquemas, ejercicios, problemas y prácticas de laboratorio [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14]. Estos resultados se han aplicado como productos finales, que si bien son únicos en su aspecto conceptual, constituyendo “Manuales Docentes”, presentan varias facetas claramente diferenciadas: diseños orientados a la edición en papel, documentos electrónicos para su consulta en red o para su descarga e impresión y documentos electrónicos para su distribución en soporte de disco compacto (CD).

En este contexto se encuadra el trabajo que se presenta, que está ubicado según un esquema conceptual muy concreto, como es la integración de las TIC en la educación, entrelazando los aspectos docentes preuniversitario y universitario y desarrollando contenidos en Ingeniería Química para transmitir, tanto en el ámbito presencial como en el espacio virtual.

### PLANTEAMIENTO DE LA ACTIVIDAD

En el marco del mencionado PIC, la Consejería de Educación, Cultura y Deportes de Gobierno de Canarias y la Universidad de La Laguna firman en marzo de 2004 un convenio de colaboración para fomentar el estudio de titulaciones técnicas y científicas que permita generar un cambio de actitud de la población canaria a favor de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación.

La primera actividad que se lleva a cabo es la denominada “Acércate a la Química”, consistente en la visita de alumnos de centros de Enseñanza Secundaria y Bachillerato, durante toda una jornada, a la Facultad de Química, donde se imparten las titulaciones de Licenciado en Química e Ingeniero Químico, con objeto de conocer sus instalaciones y, lo que se considera más relevante, para realizar algunos trabajos experimentales en sus laboratorios. Como la titulación de Ingeniero Químico es responsabilidad del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica, se constituyó un grupo de trabajo que diseñara especialmente para la ocasión una actividad que permitiese a los alumnos visitantes aproximarse de forma activa a algunos aspectos de la industria química. Los objetivos generales que se plantearon fueron los siguientes:

- Dar a conocer los aspectos específicos de la industria química.
- Introducir la Ingeniería Química como una forma de racionalizar el estudio de los problemas tecnológicos de la industria.
- Proporcionar una visión del tipo de trabajo que se lleva a cabo en un Departamento de Ingeniería Química.

Si bien se iban a desarrollar contenidos de Ingeniería Química, éstos habrían de ser adaptados a un nivel educativo preuniversitario, por lo que sería necesario mantener una elevada coherencia didáctica para poder transmitir adecuadamente los conceptos. Por ese motivo se incorporó al equipo un profesor de un centro de Enseñanza Secundaria, de probada experiencia didáctica y doctor en Química de la especialidad Industrial, con el que ya se había colaborado en trabajos anteriores [15], [16].

Asimismo, si bien la actividad sería presencial, con énfasis en la experimentación, sería necesario mantener un vínculo atemporal con la misma, debido a que sólo pocos alumnos podrían tener acceso directo a ella. Así pues, se afrontó el diseño de la actividad presencial sin olvidar los aspectos virtuales que permitiesen llegar a ella (al menos de forma indirecta) al resto de los alumnos del centro visitante, a los alumnos de otros centros y, en general a cualquier persona interesada en la misma que hubiese tenido conocimiento de su celebración. Es decir, se planteó la realización de la experiencia en el laboratorio y de la documentación adecuada para llevarla a cabo y para ser consultada en red. Ello podría permitir la deseable interacción entre el profesorado de Enseñanza Secundaria y el profesorado universitario, muy deficiente en la actualidad.

La experiencia de laboratorio sería supervisada por tres equipos de dos instructores, cada uno de los cuáles atendería en una jornada a cinco grupos de seis alumnos que, a intervalos de 30 minutos, irían rotando por la instalación experimental. Todos los instructores serían titulados superiores (Ingenieros Químicos o Licenciados en Química), algunos incluso habiendo realizado cursos de capacitación pedagógica.

### DISEÑO DE LA EXPERIENCIA

La principal dificultad didáctica del diseño estriba en el salto cualitativo y cuantitativo que supone para el alumnado de enseñanza preuniversitaria pasar del trabajo de laboratorio de química (discontinuo, con pequeños recipientes fácilmente manipulables y magnitudes químicas tradicionales) al trabajo en planta piloto (con flujos continuos, instalaciones de tamaño medio de manipulación delicada y magnitudes características de la ingeniería). Este salto debe ser facilitado por el procedimiento didáctico de relacionar lo que el alumno ya sabe con lo que se le va a presentar como novedad. Para ello, el equipo de profesores que diseñaron la actividad debieron establecer previamente un paralelismo entre los procedimientos del laboratorio de química y los de la ingeniería química, trabajo cuyo resultado se muestra en el enlace:

<http://www.quimica.ull.es/Jornadas04/IQ/Tabla2.htm>.

A partir de este punto de partida, fue necesario seleccionar un montaje experimental de nuestros laboratorios que permitiese a los alumnos preuniversitarios superar el obstáculo del “tamaño” que supone pasar del laboratorio de química a la planta piloto de ingeniería química sin quedar perplejos ante la novedad. El montaje que se seleccionara debería cumplir una serie de requisitos referentes a tamaño,

manipulación, toma de datos y tratamiento de los mismos que se reflejan en la primera columna de la tabla siguiente. El montaje que permite cubrir adecuadamente estos requisitos es una columna de relleno, dispositivo que permite realizar operaciones industriales de absorción de gases en líquidos, y que permite definir los siguientes objetivos específicos, que incluyen las condiciones que limitan el funcionamiento de la columna.

- Observar la forma de operación de una planta piloto.
- Determinar experimentalmente las condiciones de inundación de una columna de relleno.
- Determinar las características del relleno de la columna, tanto del lecho como de las partículas individuales.

Las características de la instalación que permiten su operación en las condiciones que se ajustan a los requisitos establecidos previamente para el montaje experimental se muestran en la segunda columna de la tabla.

Requisitos del montaje experimental	Características de la instalación seleccionada
Tamaño “planta piloto” (modelo a escala de proceso industrial)	Su tamaño es relativamente grande (unos 3 m de elevación de toda la instalación).
Manipulable por manos inexpertas sin riesgos para las personas ni para la propia instalación.	Puede operarse con aire (suministrado por un compresor) y agua (de la red), siendo las llaves de regulación de los respectivos caudales de fácil manejo y sin riesgos.
Adecuado para obtener medidas claras y sencillas, ejecutando el proceso en un tiempo corto (unos 20 minutos).	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mediante los rotámetros instalados pueden medirse los caudales correspondientes a una condición operativa claramente visible: la inundación de la columna.</li> <li>● Las características del relleno de la columna pueden determinarse mediante medidas con agua en lechos independientes de la columna.</li> <li>● Pueden realizarse fáciles medidas análogas para lechos de otro tipo de partículas, permitiendo la comparación posterior de propiedades.</li> </ul>

Capacidad para permitir manejar conceptos susceptibles de ser sometidos a un análisis posterior más profundo y amplio.	Todos los datos experimentales obtenidos han de ser tratados matemáticamente para obtener los resultados, lo que puede realizarse con posterioridad.
Posibilidad de cálculo de los resultados finales y resolución de cuestiones, ejercicios o problemas relativos a los mismos después de la visita.	Se sugieren experiencias adicionales relacionadas con el proceso estudiado para realizar en el centro de procedencia de los alumnos.

## DISEÑO DE LA DOCUMENTACIÓN

La base del diseño de la documentación adecuada para el desarrollo de la actividad es el manual “Ingeniería Química: Experiencia en una planta piloto”, cuya estructura didáctica es la siguiente:

- Introducción a la industria química y a la Ingeniería Química.
- Importancia del tamaño de las instalaciones (planta piloto).
- Descripción de la operación a realizar (absorción).
- Descripción de la columna de relleno a utilizar.
- Obtención de datos experimentales: condiciones de inundación y características del lecho.
- Cuestiones para la reflexión y el cálculo.
- Bibliografía.
- Apéndices.

Bajo el punto de vista de la aplicación de las TIC, el documento se ha conformado utilizando diferentes formatos:

**Formato papel**, reproducido por fotocopia o impresión electrónica, en forma de cuaderno de doce páginas, que se le entrega a cada uno de los alumnos antes de comenzar la actividad presencial; en el propio cuaderno pueden ser anotados los datos experimentales y ser realizados posteriormente los cálculos. Con objeto de dar acceso público posterior a una copia de este documento, se ha transformado a formato electrónico PDF y se ha ubicado en la página web de la Facultad de Química para su descarga y posterior almacenamiento o reproducción.

**Formato presentación** (de MS PowerPoint), elaborado por los instructores que trabajan directamente con los alumnos, para que puedan realizar una introducción a la actividad en la propia instalación con ayuda de un ordenador portátil y un proyector. Esta presentación (que no excede de diez minutos) está encaminada a plantear los conceptos imprescindibles para llevar a cabo la experiencia de forma coherente y es utilizada por los instructores en la actividad presencial.

**Formato “web”**, con una estructura de navegación basada en índices e incorporando fotografías en color y otros elementos gráficos que complementan el texto, principalmente el apartado dedicado a los apéndices. Estos elemen-

tos no se han incorporado al formato en papel para ahorrar espacio y debido a su estructura hipertextual, difícilmente aplicable fuera del entorno virtual. El documento web también contiene enlaces a la página de la Facultad de Química, en cuyo servidor se ubica:

<http://www.quimica.ull.es/Jornadas04/Jornadas04.htm>

### REALIZACIÓN PRESENCIAL

El grupo de seis alumnos visitantes era recibido por la pareja de instructores que, en primer lugar, llevaba a cabo alrededor de la propia instalación experimental una introducción a la actividad con ayuda de la presentación multimedia. Una vez definidos los objetivos del trabajo, los alumnos pasaban a regular las válvulas de aire y agua de la columna hasta lograr visualmente su inundación, tomando como datos experimentales las indicaciones de los correspondientes medidores de caudal (rotámetros).

Posteriormente trabajaban con unas probetas conteniendo los rellenos y otras conteniendo agua, midiendo el volumen ocupado por el relleno y el volumen de agua que se podía verter sobre aquél hasta cubrirlo totalmente. Estos datos les permitirían calcular más tarde la porosidad del lecho y, conocido el número de partículas contenido en él, el diámetro equivalente de éstas. Estas medidas eran anotadas para el relleno contenido en la columna y para otros dos rellenos, con fines comparativos.

Finalmente les era mostrada una colección de diferentes tipos de rellenos industriales.

### CONCLUSIONES

Hace sólo unos días que ha finalizado la actividad “Acércate a la Química” (25 de marzo de 2004). El aspecto presencial ha sido muy favorablemente acogido en todos los ámbitos académicos implicados. No obstante, aún no es posible valorar la incidencia que pueda tener la difusión de la actividad en el entorno virtual pero, en cualquier caso, puede considerarse un primer paso muy importante para seguir abundando en favorecer el acceso a los sistemas basados en las TIC y el desarrollo del proceso educativo.

### RECONOCIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a los instructores que aplicaron este diseño a la práctica del laboratorio, utilizando todos sus recursos didácticos (LQ: Licenciado en Química; IQ: Ingeniero Químico): D. Raimundo Javier Arvelo Rosales (LQ), D. José Feliciano Gutiérrez González (IQ), D. Antonio Hernández Domínguez (LQ), Dña. Natalia Otero Calviño (IQ), Dña. Nuria Regalado Rodríguez (IQ) y D. Javier Rodríguez Gómez (IQ), así como a D. Francisco Arocha Hernández y Dña. María Dolores del Castillo Rodríguez, personal laboral del Departamento.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] UNESCO; “Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: Visión y acción”, Conferencia Mundial sobre la Educación Superior, París, 5-9 octubre, 1998.  
<http://www.unesco.org/education/educprog/wche/dec>

- [2] Comisión Europea; “Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo: Plan de acción eLearning. Concebir la educación del futuro”, COM (2001) 172 final, de 28/03, 2001.  
[http://www.europa.eu.int/eur-lex/es/com/cnc/2001/com2001\\_0172es01.pdf](http://www.europa.eu.int/eur-lex/es/com/cnc/2001/com2001_0172es01.pdf); Octubre 2003]
- [3] C.I.S.I.; “Acuerdo de 16 de enero de 2001 de la Comisión Interministerial de la Sociedad de la Información y de las Nuevas Tecnologías por el que se aprueba el Plan de Acción de la Iniciativa del Gobierno para el Desarrollo de la Sociedad de la Información Info XXI: «La Sociedad de la Información para Todos»”, 2001.  
[http://www.infoxxi.es/stre\\_d.htm](http://www.infoxxi.es/stre_d.htm); Enero 2002]
- [4] Gobierno de Canarias; “Plan para el Desarrollo de la Sociedad de la Información en Canarias (PDSIC)”, 2000.  
<http://www.gobcan.es/dgcom/pdsic.pdf>; Octubre 2003]
- [5] Gobierno de Canarias; “Plan Canario de I+D+I (PIC) Volumen II: Objetivos y estructura”, 2002.  
<http://www.educa.rcanaria.es/udg/uni/documentos/PICVolumenIIPRESENTACION.doc>; Octubre 2003]
- [6] Díaz, M.C., Jarabo, F., García, F.J. y Marrero, M.C.; “Nuevo material didáctico para prácticas de «Química Técnica»”, XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, La Laguna, 11-13 septiembre, 2002.  
<http://fjarabo.quimica.ull.es/congreso>; Marzo 2004]
- [7] Jarabo, F.; “Introducción a la programación. Manual docente”, ARTE Comunicación Visual, S.L., Santa Cruz de Tenerife, 2000.  
<http://fjarabo.quimica.ull.es/IAP/IAP.htm>; Marzo 2004]
- [8] Jarabo, F.; “Cinética química aplicada. Manual docente”, ARTE Comunicación Visual, S.L., Santa Cruz de Tenerife, 2000.  
<http://fjarabo.quimica.ull.es/CQA/CQA.htm>; Marzo 2004]
- [9] Jarabo, F.; “Investigación en recursos didácticos: Las tecnologías de la información y las comunicaciones”, XIX Encuentro de Jóvenes Investigadores, Salamanca, 2003.  
<http://fjarabo.quimica.ull.es/congreso>; Marzo 2004]
- [10] Jarabo, F. y García, F.J.; “Desarrollo de contenidos y material didáctico para Ingeniería Química en el ámbito de las TIC”, XXIX Reunión Bienal de la R.S.E.Q., Madrid, 2003.  
<http://fjarabo.quimica.ull.es/congreso>; Marzo 2004]
- [11] Jarabo, F. y F.J. García; “Entorno «web» para el desarrollo de conceptos de Ingeniería Química”, I Jornadas Canarias sobre las TIC en la Docencia Universitaria, La Laguna - Las Palmas de Gran Canaria, 2003.  
<http://fjarabo.quimica.ull.es/congreso>; Marzo 2004]
- [12] Jarabo, F., García, F.J., Díaz, M.C. y Marrero, M.C.; “Prácticas de laboratorio en Ingeniería Química”,

2002.

[<http://fjarabo.quimica.ull.es/Practics/Practics.htm>;  
Marzo 2004]

- [13] Marrero, M.C., Jarabo, F., García, F.J. y Díaz, M.C.; “Aplicación de las TIC a prácticas de «Operaciones Básicas en Industrias Alimentarias»”, XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, La Laguna, 11-13 septiembre, 2002.

[<http://fjarabo.quimica.ull.es/congreso>; Marzo 2004]

- [14] Marrero, M.C., Díaz, M.C., García, F.J. y Jarabo, F.; “Ingeniería Química: Manuales de laboratorio como recursos en red”, I Jornadas Canarias sobre las TIC en la Docencia Universitaria, La Laguna - Las Palmas de Gran Canaria, 2003.

[<http://fjarabo.quimica.ull.es/congreso>; Marzo 2004]

- [15] Elortegui, N., Fernández, J. y Jarabo, F.; “Energías renovables. Experiencias prácticas”, Consejería de Educación (Gobierno de Canarias) / C.C.P.C., Santa Cruz de Tenerife, 1989.

[[http://nti.educa.rcanaria.es/blas\\_cabrera/PER/Renovabl.htm](http://nti.educa.rcanaria.es/blas_cabrera/PER/Renovabl.htm); Marzo 2004]

- [16] Jarabo, F., Elortegui, N., Santana, J. y Bosch, J.M.; “Ordenadores personales y redes globales”, Instituto de Investigaciones Científicas y Ecológicas, Salamanca, 1999.

[[http://www.cje.org/inice/Pcinet/Pci\\_home.htm](http://www.cje.org/inice/Pcinet/Pci_home.htm); Marzo 2004]