

# Habilidades espaciales y competencias en Ingeniería Química

Antonio Valiente Barderas y Carlos Galdeano Bienzobas\*

## ABSTRACT (Spatial skills and competences in Chemical Engineering)

Spatial intelligence corresponds to one of the intelligences of the model proposed by Howard Gardner in multiple intelligences theory. The visio-spatial intelligence is considered as the ability to think and perceive the world in pictures. People who have this intelligence have a great capacity to think in three dimensions. This intelligence allows a person to perceive images, external and internal, recreate them, transform or modify them, and decode graphic information. Chemical engineering is a profession that is responsible for the planning, construction and operation of chemical and related plants. Chemical engineers must be competent in the use of space either in two or three dimensions, for this purpose they must develop the visio-spatial intelligence, because they must interpret and create planes, read and interpret data, design equipment and plants, understand the spatial connection between the different part of a process, etc. However, we found that our students do not possess the necessary skills to interpret and create drawings and models because in our Faculty of Chemistry no importance is given to the construction of models, equipment and prototypes. This is why the authors of this paper assign projects to four-student teams. The projects consist in designing an equipment that involves calculations and interpretation of graphics, drawings and models. The survey that students have answered indicates that as a result they have improved their visio-space skills.

**KEYWORDS:** chemical engineering, competences, visio-spatial skills

## Resumen

La ingeniería química es una profesión que se encarga de la planeación, construcción y operación de las plantas químicas y conexas. Los ingenieros químicos deben ser competentes en el manejo del espacio ya sea en dos o tres dimensiones, debiéndose así, desarrollar la inteligencia visio-espacial. Sin embargo, se ha encontrado que los estudiantes de los últimos semestres no poseen las habilidades necesarias para la interpretación y creación de planos y maquetas.

**Palabras clave:** Ingeniería química, competencias, habilidades visio-espaciales

## Introducción

En el contexto mundial actual de acelerado avance científico-tecnológico, libre mercado y economías globalizadas, los planes de estudio de las carreras de ingeniería han privilegiado el desarrollo de las competencias y la adopción de actitudes por encima de la pura asimilación de conocimientos, para formar profesionales calificados y dispuestos a asumir diversas actividades interdisciplinarias involucradas en la elaboración de bienes y servicios que faciliten la vida cotidiana.

Una persona competente se define como aquella que posee los atributos (conocimiento, valores, habilidades y actitudes) necesarios para el desempeño del trabajo de acuerdo con la norma apropiada.

Una competencia es la capacidad de responder a diferentes situaciones cotidianas o nuevas, e implica un saber hacer (habilidades), con saber (conocimiento), así como la valoración de las consecuencias de ese hacer (valores y actitudes).

El eje principal de la educación por competencias es el desenvolvimiento, entendido como "la expresión concreta de los recursos que pone en juego el individuo cuando lleva a cabo una actividad, y que pone el énfasis en el uso o manejo que el sujeto debe hacer de lo que sabe, no del conocimiento aislado, en condiciones en las que el desempeño sea relevante" (Malpica, 1996). Desde esta perspectiva, lo importante no es la posesión de determinados conocimientos, sino el uso que se haga de ellos. Este criterio obliga a las instituciones educativas a replantear lo que comúnmente han considerado como formación.

El concepto de competencia implica que los elementos del conocimiento tienen sentido solo en función de conjunto y de la capacidad que tiene el ser humano de integrar y movilizar sistemas de conocimientos, habilidades, hábitos,

\* Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Correo electrónico: faty\_avb@yahoo.com; cargalde@unam.mx

Fecha de recepción: 10 de enero de 2013.

Fecha de aceptación: 21 de julio de 2013.

actitudes y valores para la solución exitosa de aquellas actividades vinculadas a la satisfacción de sus necesidades cognitivas y profesionales (Galdeano y Valiente, 2009).

En efecto, aunque se pueden fragmentar sus componentes, éstos por separado no constituyen la competencia: ser competente implica el dominio de la totalidad de elementos y no solo de alguna de las partes. Un rasgo esencial de las competencias es la relación entre teoría y práctica; es decir, que los conocimientos teóricos se aborden en función de las condiciones concretas del trabajo o tarea solicitada y que se puedan identificar como soluciones originales (Tejada, 1999).

### **Tipos de competencias que deben tener los ingenieros químicos**

El modelo de competencias profesionales, entendidas como el conjunto de conocimientos y capacidades que permiten el ejercicio eficaz de la actividad profesional conforme a las exigencias de la producción y el empleo, reconoce tres niveles de las mismas (OCDE, 2005).

- *Básicas o clave*, que son las capacidades cognitivas, técnicas y metodológicas indispensables para el aprendizaje de una profesión, las cuales permiten el desarrollo personal de los individuos y su adaptación a un entorno laboral cambiante.
- *Genéricas o transversales*, que son los atributos que debe tener un graduado de nivel superior con independencia de su profesión, organizados en los subgrupos de competencias instrumentales, interpersonales y sistémicas.
- *Específicas*, que son la base del ejercicio particular y se encuentran divididas en los grupos de competencias académicas y profesionales (Galdeano, 2010, Wainmaier, 2005).

Para hablar de las competencias que debe tener un ingeniero químico deberemos, antes que todo, dar una definición de esa profesión y de sus profesionales:

La ingeniería química es la profesión en la que el conocimiento de las matemáticas, la química y otras ciencias naturales adquirido por el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con adecuado criterio para desarrollar métodos económicos para el aprovechamiento de materiales y energía en beneficio de la humanidad (Valiente, 1985).

Por otro lado, las universidades y los tecnológicos que imparten esta carrera muestran, a través del material impreso que entregan a los aspirantes, las cualidades y competencias que deben tener los egresados de las carreras. Por ejemplo, en el tríptico que la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (en la Ciudad de México) entrega a los alumnos aspirantes a la carrera (Facultad de Química, 2008) menciona que:

El ingeniero químico se encarga del diseño, la construcción, la operación, el control y la administración de plantas químicas que permiten la transformación física y /o química de

materias primas, y la obtención de productos y servicios útiles al hombre, de una manera económica.

Entre sus principales actividades se encuentran:

1. Desarrollo de proyectos.
2. Diseño de procesos químicos.
3. Diseño, cálculo y montaje de equipos.
4. Investigación de tecnologías de aplicación.
5. Manejo y control de la producción en la industria química.
6. Asesoramiento técnico en ventas.
7. Administración, plantación y desarrollo de industrias de proceso.

### **Las habilidades espaciales**

Entre las competencias intelectuales básicas están: percibir la realidad apreciando tamaños, direcciones y relaciones espaciales; reproducir mentalmente objetos que se han observado; reconocer el mismo objeto en diferentes circunstancias (la imagen queda tan fija que el individuo es capaz de identificarla, independientemente del lugar, posición o situación en que el objeto se encuentre); anticiparse a las consecuencias de cambios espaciales, y adelantarse e imaginar o suponer cómo puede variar un objeto que sufre algún tipo de cambio; describir coincidencias o similitudes entre objetos que lucen distintos; identificar aspectos comunes o diferentes en los objetos que se encuentran alrededor del individuo, y tener un sentido común de la dirección.

Una de las competencias que el ingeniero químico debe tener está relacionada con la llamada inteligencia visio-espacial, ya que los profesionales en esta materia deben interpretar y crear planos, leer e interpretar datos gráficos, diseñar equipos y plantas, entender la conexión espacial que hay entre los diferentes equipos de un proceso, etc.

La inteligencia espacial corresponde a una de las inteligencias del modelo propuesto por Howard Gardner en la teoría de las inteligencias múltiples.

La inteligencia visio-espacial es considerada como la habilidad de pensar y percibir el mundo en imágenes, se piensa en imágenes tridimensionales y se transforma la experiencia visual a través de la imaginación. Además, permite percibir imágenes externas e internas, recrearlas, transformarlas o modificarlas y decodificar información gráfica.

La inteligencia visual se relaciona con la capacidad que tiene el individuo frente a aspectos como color, línea, forma, figura y espacio, y la relación que existe entre ellos.

La inteligencia visio-espacial permite percibir imágenes externas e internas, recrearlas, transformarlas o modificarlas, recorrer el espacio o hacer que los objetos lo recorran y producir o decodificar información gráfica. Es, además, la capacidad que tiene una persona para procesar información en tres dimensiones. Finalmente, es la inteligencia más básica ya que procede de los mecanismos de orientación ancestrales.

Este tipo de inteligencia se encuentra en aquellas personas que poseen una gran capacidad para pensar en tres dimensiones. La manifiestan aquellos a quienes les gusta

imaginar, manipular objetos y crear arte, tales como: diseñadores, arquitectos, pilotos, marinos, escultores y pintores, que son individuos que se especializan en esta inteligencia. Asimismo, está presente en los alumnos que estudian mejor con gráficos, esquemas, cuadros, a los que les gusta hacer mapas conceptuales y mentales y que entienden muy bien los planos y croquis. Sin embargo, todos la podemos manifestar, haciendo escultura en barro, realizando pinturas en sus diversas técnicas, elaborando mapas mentales, maquetas y *collages*.

En resumen, la inteligencia visio-espacial permite competencias que mejoran la:

- Habilidad para pensar y percibir el mundo en forma de imágenes, apreciando tamaños, direcciones y relaciones espaciales.
- Habilidad para reproducir con la mente los objetos observados.
- Habilidad para crear diseños gráficos, pinturas, esculturas, planos, caricaturas y todo tipo de dibujos.
- Habilidad para anticiparse a las consecuencias de cambios espaciales y adelantarse e imaginar cómo puede variar un objeto que sufre algún tipo de cambio.

La inteligencia espacial, según Thurstone (1938), tendría tres componentes básicos:

- a) La habilidad para reconocer un objeto mirándolo desde ángulos distintos.
- b) La habilidad para imaginar el desplazamiento interno de las partes de alguna configuración.
- c) La habilidad para pensar las relaciones espaciales cuando el observador cambia de posición (Lajoie, 2003) y a su didáctica.

Algunas investigaciones (Yue, 2001; Saorín, Navarro y Martín, 2005; Koch, 2006) han explorado el efecto del uso de aplicaciones de diseño asistido por ordenador, hallando que no producen mejoras apreciables en las habilidades espaciales del alumno ni en el rendimiento académico, sino que, para poder mejorar la capacidad espacial, se necesita trabajar con las manos fabricando modelos en tres dimensiones.

Se cree que esta inteligencia se estimula mediante la lectura de mapas y la interpretación de gráficos, recorriendo laberintos, armando rompecabezas, imaginando cosas, visualizando, diseñando, dibujando, construyendo, creando. La mayoría de los estudios que se han elaborado a nivel universitario sobre las habilidades y competencias visio-espaciales de los profesionales han sido efectuados por arquitectos e ingenieros mecánicos y civiles.

### Problema planteado

La carrera de ingeniería Química se imparte en la Facultad de Química de la UNAM desde 1925. Dentro de esa institución se imparten las cátedras de Ingeniería de Fluidos, Ingeniería de Calor y Procesos de Separación. Estas materias forman lo

que los ingenieros químicos llamamos Operaciones Unitarias. Este tipo de operaciones son esencialmente operaciones físicas, tales como: el transporte de materiales, el calentamiento o enfriamiento de los mismos y la separación o formación de mezclas de sustancias, lo que incluye el estudio de los flujos de fluidos en tuberías, los intercambiadores de calor, calderas, condensadores, columnas de destilación, absorción, extracción, etc. Parte importante de esos estudios es el cálculo y el diseño de los equipos que se van a utilizar en las plantas químicas, petroquímicas, alimentarias y farmacéuticas, el cual prepara a los estudiantes para el desarrollo de proyectos, el diseño de procesos químicos, el diseño, cálculo y montaje de equipos, y el manejo y control de la producción que, como ya se indicó, forman parte de las principales actividades de estos profesionales.

Al contrario de lo que en las escuelas o facultades de Arquitectura e Ingeniería, en la Facultad de Química de la UNAM no se le da importancia a la construcción de maquetas, equipos y prototipos. La enseñanza, de las materias del área de Ingeniería química está encaminada al diseño y evaluación de los equipos que se emplean en las industrias químicas, petroquímica, farmacéutica y de alimentos. Para ello, los alumnos tienen que consultar información, leer gráficas, interpretarlas, hacer cálculos, planos y maquetas de los equipos, pero no construyen prototipos o plantas piloto en las que se pruebe sus cálculos conclusiones. Por ello, se ha encontrado que, a pesar de que esas materias se llevan cerca del término de la carrera, los alumnos tienen dificultades con la lectura e interpretación de planos, tablas, gráficas e isométricos. Asimismo, tienen dificultades para, a partir de sus resultados, crear planos y maquetas, y ya no digamos prototipos o plantas piloto. Lo anterior, a pesar de que la gran mayoría de ellos utilizan programas de computación para crear gráficos, planos y tablas con programas tales como Microsoft Power Point, Microsoft Excel, Mathcad, etc.

### Soluciones y recomendaciones

En los últimos semestres, y en las asignaturas de Ingeniería de Calor y Procesos de Separación, se han asignado proyectos a grupos de cuatro alumnos. El proyecto consiste en que tienen que calcular el equipo o los equipos señalados en el proyecto; adicionalmente, deben elaborar planos y maquetas representativas. Los autores también han insistido durante sus clases en la importancia de elaborar gráficas a mano e interpretarlas nuevamente. Se ha constatado que los alumnos manejan programas para hacer dibujos y gráficas, pero presentan dificultad para hacerlas a mano y desde luego, para poner en tercera dimensión, después de hacer sus cálculos, el producto de sus operaciones. Al parecer, la dificultad para imaginar el equipo en tercera dimensión parte del hecho de que desconocen los equipos, aunque los han visto en libros o en imágenes de internet, por lo que se ha optado por llevarlos al Laboratorio de Ingeniería Química Unitarias y mostrarles los equipos y las entrañas de los mismos. Otra parte del entrenamiento ha consistido en visitar plantas industriales; al principio los estudiantes entran en

pánico al observar el tamaño de los equipos y la complejidad de las líneas, pero posteriormente se dan cuenta de que hay un orden y una lógica detrás del arreglo de los equipos.

Durante los cursos, los alumnos han realizado varios proyectos, entre los que podemos mencionar: el diseño de un intercambiador de calor de coraza y tubos o el diseño de una columna de destilación. En estos proyectos necesitan llevar a cabo cálculos, interpretar planos y gráficas, realizar prácticas en los laboratorios, además de las visitas a industrias. Por lo anterior, la capacidad visio-espacial de los alumnos mejoró notablemente, lo que se demuestra con la calidad de los últimos proyectos entregados. En general, como se desprende de la encuesta efectuada, y de la cual se presenta un ejemplo como apéndice de este escrito, el alumno está motivado y satisfecho con el trabajo efectuado en los proyectos y manifiestan que ha mejorado su comprensión sobre el funcionamiento de los equipos después haber hecho los cálculos y su visualización.

### Conclusiones

La inteligencia visio-espacial es una de las tantas capacidades que tiene el cerebro humano y la que va desarrollándose a medida que el individuo crece. En algunas profesiones y oficios esta capacidad es más relevante que en otras. La Ingeniería Química es una profesión que requiere que los profesionales que la ejerzan tengan bien desarrolladas este tipo de habilidades y competencias visio-espaciales, ya que requieren de la interpretación de planos, gráficas y maquetas, además de que las plantas químicas son factorías en las que los equipos necesitan orientarse en el espacio para el mejor aprovechamiento de las áreas de construcción y minimizar las dimensiones de tuberías servicios y proyectar las áreas de seguridad. Sin embargo, cuando se analizaron los programas de enseñanza se observa que no se pone énfasis en el desarrollo de esas competencias y se limita a los alumnos a concentrarse en el predominio de las inteligencias lingüística y matemática y el uso indiscriminado de la computadora, dando mínima importancia a las otras posibilidades del conocimiento. Es cierto que no todos los profesionales van a dedicarse al diseño, operación o construcción de plantas,

pero las habilidades espaciales les servirán para todos los momentos de sus vidas. Por ello, se recomienda que en las áreas de ingeniería, y en especial la química, se impulse además el desarrollo de las habilidades visio-espaciales, lo cual se logra mediante ejercicios, tareas y proyectos apropiados.

### Bibliografía

- Galdeano, C. y Valiente, A. Competencias profesionales, *Educación Química*, **21**(1), 28-32, 2010.
- Galdeano, C. y Valiente, A. La enseñanza por competencias, *Educación Química*, **20**(3), 369-372, 2009.
- Facultad de Química. Tríptico de la carrera de Ingeniería Química. México, UNAM, 2008.
- Koch, D., *The effects of solid modeling and visualization in technical problem solving* (pp. 1-95). Blacksburg, Virginia: Virginia Polytechnic Institute, 2006.
- Lajoie, S. P., Individual Differences in Spatial Ability: Developing Technologies to Increase Strategy Awareness and Skills, *Educational Psychologist*, **38**(2), 115-125, 2003.
- Malpica, M., *El punto de vista pedagógico en la formación por competencias*. México: CONALEP, 1996.
- OCDE, *Definition and Selection of Key Competencies. Executive summary* 2005. <http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf>, consultada el 1 de febrero 2014.
- Saorín, J., Navarro, R., Martín, N. *Efecto de los programas de las asignaturas de expresión gráfica en el desarrollo de la visión y habilidades espaciales de los alumnos de carreras técnicas en la Universidad de la Laguna*. XVII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Sevilla, 2005.
- Tejada, J., *Acerca de las competencias profesionales*. Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona, 1999.
- Thurstone, L.L. *Primary mental abilities. Psychometric Monographs*, 1. Chicago: University of Chicago Press. 1938.
- Valiente, A. y Stivalet, P., *El ingeniero químico ¿Qué hace?*. México, Alhambra, 1985.
- Wainmaier, C., Viera, L., Roncaglia, D., Ramírez, S., Rembado, F. y Porro S., Competencias a promover en graduados universitarios de carreras científico tecnológicas: La visión de los docentes, *Educación Química*, **17**(2), 150-157, 2005.

# ENCUESTA

Encuesta aplicada a 98 alumnos, de ellos 31 son mujeres, 34 alumnos son de la carrera de Ingeniería de calor y el resto de la carrera de Ingeniería de Procesos.

1. En la escala del 1 al 10 ¿Cuál es la calificación que le da al curso?  
Promedio **9.53**
2. En la escala del 1 al 10 ¿Qué tanto de sus expectativas llenó el curso?  
Promedio **9.25**
3. En la escala del 1 al 10 califique la utilidad del libro empleado.  
Promedio **9.4**
4. En la escala del 1 al 10 califique la claridad y utilidad de los ejemplos presentados en el curso.  
Promedio **9.6**
5. En la escala del 1 al 10 ¿cómo calificaría la utilidad de los proyectos presentados en el curso?  
Promedio **9.6**
6. Califique a su juicio la importancia de presentar planos.  
Promedio **9.3**
7. Califique a su juicio la importancia de presentar maquetas.  
Promedio **9.1**
8. ¿Qué tuvo que aprender al hacer maquetas?
  - a) Usar manos y herramientas **15**
  - b) Dimensionar **23**
  - c) Ver espacialmente **12**
  - d) Seleccionar materiales **25**
  - e) Entender cómo funcionan los equipos y las partes que lo constituyen **31**
  - f) Tener paciencia **5**
  - g) Trabajar en equipo **15**
  - h) Interpretar planos **5**
  - i) Imaginación, creatividad **13**
9. ¿Por qué consideras que es necesario aprender a hacer e interpretar planos?
  - a) Porque son una ayuda para la construcción **18**
  - b) Para comunicarse en forma ingenieril **26**
  - c) Para poder visualizar el diseño **21**
  - d) Porque muestra en forma clara las dimensiones y arreglo del equipo **20**
  - e) Por su importancia en la industria **22**
10. En la escala del 1 al 10 califique la ayuda que recibió de sus compañeros durante la elaboración de los proyectos.  
Promedio **9.2**
11. En la escala del 1 al 10 califique la importancia del material audiovisual para la comprensión de este curso.  
Promedio **8.7**
12. Escriba el nombre de los programas de cómputo que ha empleado para elaborar gráficas.  
Excel **65**  
Mathcad **19**  
Matlab **9**  
Polymath **4**  
Mathematica **3**  
Maple **2**  
Autocad **2**
13. Escriba el nombre de los programas de cómputo que ha empleado para elaborar planos.  
AutoCAD **42**  
Visio **7**  
Paint **14**  
Excel, Word **9**  
SketchUp **4**  
Ninguno **13**
14. Escriba el nombre de los programas de cómputo que ha empleado para elaborar maquetas.  
AutoCAD **7**  
Excel **3**  
Ninguno **51**
15. ¿Qué programas de cómputo le han sido más útiles?  
Mathcad **30**  
Excel **50**  
AutoCAD **13**  
Matlab **5**
16. ¿Qué mejoras sugiere para la impartición del curso?  
Uso de simuladores y programas de cálculo **20**  
Ninguna **11**  
Más tiempo para exámenes **8**  
Más variación **6**  
Clases más dinámicas **5**  
Menor velocidad en la resolución de ejemplos **5**  
Más material audiovisual **4**