

Análisis didáctico de la estadística y la calidad en los estudios de Ingeniería Industrial

Didactic Analysis of Statistical and Quality Courses in Industrial Engineering Schools

ELISABETH VILES

Licenciada en Matemáticas por la Universidad de Zaragoza y Doctora en Físicas por la Universidad de Navarra. Profesora de Estadística de TECNUN-Escuela de Ingenieros de la Universidad de Navarra.

Correo electrónico: eviles@tecnun.es

Clasificación del artículo: investigación

Fecha de recepción: 8 de abril de 2007

Fecha de aceptación: 9 de julio de 2007

Palabras clave: pensamiento estadístico, ingeniería industrial, mejora de la docencia, contenidos asignaturas de estadística y calidad.

Key words: statistical thinking, industrial engineering, teaching improvement, statistical and quality topics in engineers courses.

RESUMEN

A lo largo de los últimos veinte años, los estadísticos han hecho hincapié en que los ingenieros y los gerentes de las empresas necesitan un cambio de cultura; sin embargo, necesitan entender los beneficios de aplicar la probabilidad y la estadística, viendo cómo los métodos estadísticos se pueden aplicar en su propio trabajo. Ahora bien, este cambio de cultura no debe ser unilateral y para ello también debe haber un cambio en la manera de comunicar la filosofía, los

métodos y la estadística en general a los ingenieros. En este artículo se plantea la necesidad de incorporar como parte esencial en la formación básica en estadística y calidad de los ingenieros industriales, la importancia de medir y el proceso de muestreo y, una metodología de resolución de problemas. Este planteamiento surge después de analizar el contenido de los temarios en escuelas de ingeniería industrial españolas y europeas, a la vez que se ha contrastado con encuestas el uso y la necesidad de la estadística en la empresa.

ABSTRACT

During the last 20 years, it has been emphasized by professional of the Statistics that engineers, and general managers of companies need a change of culture; they need to understand the benefits obtained by using Probability and Statistics, appreciating how statistical methods can be applied to their own fields of work. Nevertheless, this change of culture must not be unilateral, and for that, there must also be a change on how to communicate the

philosophy, the methods, and the general Statistics to engineers. This paper proposes the necessity to incorporate basic statistics as an essential part of the education for industrial engineers; it also shows the importance of measuring and sampling processes, and a methodology for problems solving. This approach comes as a result of analysing the list of topics of schools of industrial engineering in Spain, and other European countries, and also by carrying out surveys to contrast the use and the necessity of Statistics in a company.

* * *

1. Introducción

El análisis didáctico de las asignaturas de estadística básica y calidad que aquí se propone surge, por una parte, como respuesta a una necesidad empresarial evidente y, por otra, debido al necesario replanteamiento de la docencia (contenidos, objetivos, metodología) en la universidad española de cara a cumplir con los criterios establecidos por la Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) para la homologación de las titulaciones (<http://www.unav.es/profesores/espacioeuropeo>).

La importancia de la teoría estadística en la ciencia, en general, es incuestionable. La variabilidad es un hecho básico de la naturaleza y se debe tratar como tal. El caso de la ingeniería no es distinto: la estadística se puede aplicar al diseño de nuevos productos y a su desarrollo, así como al control, a la optimización y a la mejora de la calidad de procesos de fabricación de bienes y servicios.

Pero además, hoy en día, el uso de la estadística en la industria y en los negocios está cobrando cada vez más relevancia, debido, entre otras cosas, al rápido desarrollo e influencia de las tecnologías de la información. Es más, la habilidad para entender y para trabajar con los datos y la estadística se torna ahora como un valor estratégico en un mundo globalizado en el cual los negocios han de crecer y mejorar de forma continua y rápida.

Sin embargo, existe una barrera indiscutible: muchos ingenieros no entienden la variabilidad. Por ejemplo,

quién no ha visto un proceso en el que el operario ajusta la máquina cada vez que la salida no da el valor justo requerido, sin distinguir entre causas comunes de variación y causas asignables. La consecuencia de esto es que la variación total de la respuesta se hace cada vez más grande y el proceso se convierte en algo incontrolable para el propio operario. Luego, los ingenieros y científicos en general, se podrían beneficiar considerablemente de la integración natural de los métodos estadísticos a su trabajo. Sin embargo, muchos de ellos sienten todavía reticencias hacia la estadística y no consiguen ver los beneficios que ésta les podría reportar. Éste es un viejo debate que se discute en los foros estadísticos desde hace tiempo [3, 6, 7] y que parece está todavía sin resolver.

Un estudio sobre el contenido de las materias relacionadas con la estadística y con la calidad en las escuelas de ingenieros industriales españolas refleja que la mayoría de ellas siguen un temario tradicional de corte matemático y poco práctico. El mismo estudio extendido a un grupo de escuelas europeas, denotan la misma tendencia. Por otro lado, encuestas recientes sobre el uso y la aplicación de la estadística en las empresas siguen reflejando escasa comprensión y utilización de la estadística en las mismas.

Ante el nuevo reto de replantear las asignaturas, de acuerdo con los requisitos del EEES, se deberá hacer empleando una metodología docente que sirva para alcanzar no sólo unos objetivos de aprendizaje de conocimientos, sino también de ac-

titudes y habilidades. Actitud y habilidad en ver la variabilidad de todo lo que les rodea, en formularse hipótesis sobre lo que está ocurriendo, teniendo en cuenta su variabilidad, en saber cómo y qué datos recoger para confirmar o rechazar dichas hipótesis, en diseñar y analizar experimentos, en modelar matemáticamente las respuestas, en interpretar y comunicar los resultados obtenidos y en predecir, si es posible.

Por lo tanto, en este artículo se comienza analizando los contenidos habituales de las asignaturas de estadística y calidad en las escuelas de ingenieros industriales españolas y europeas. De acuerdo con los objetivos establecidos para estas asignaturas, se detectan lagunas en el contenido de los temarios más frecuentes. Es por esto que en este texto se propone la incorporación de dos temas –recogida de datos y concepto de pensamiento estadístico– en la enseñanza básica de las asignaturas de estadística o calidad, justificando la importancia que en la formación de los ingenieros industriales puede tener estos temas.

En el apartado 2 se aporta información sobre las evidencias disponibles acerca de los contenidos y las materias relacionadas con la estadística que actualmente se imparten en las escuelas de ingenieros industriales españolas y algunas europeas. Asimismo, se resumirán los resultados más importantes obtenidos a través de encuestas realizadas a empresas industriales sobre la necesidad y el uso de la estadística. Establecido el estado de la cuestión, en relación con la enseñanza de la estadística en las escuelas de ingeniería industrial, en el apartado 3 se presentarán dos temas que se consideran fundamentales como parte del temario básico de las asignaturas de estadística o calidad ofrecida a los ingenieros industriales.

2. Trabajo de campo

2.1. Acerca de los temarios

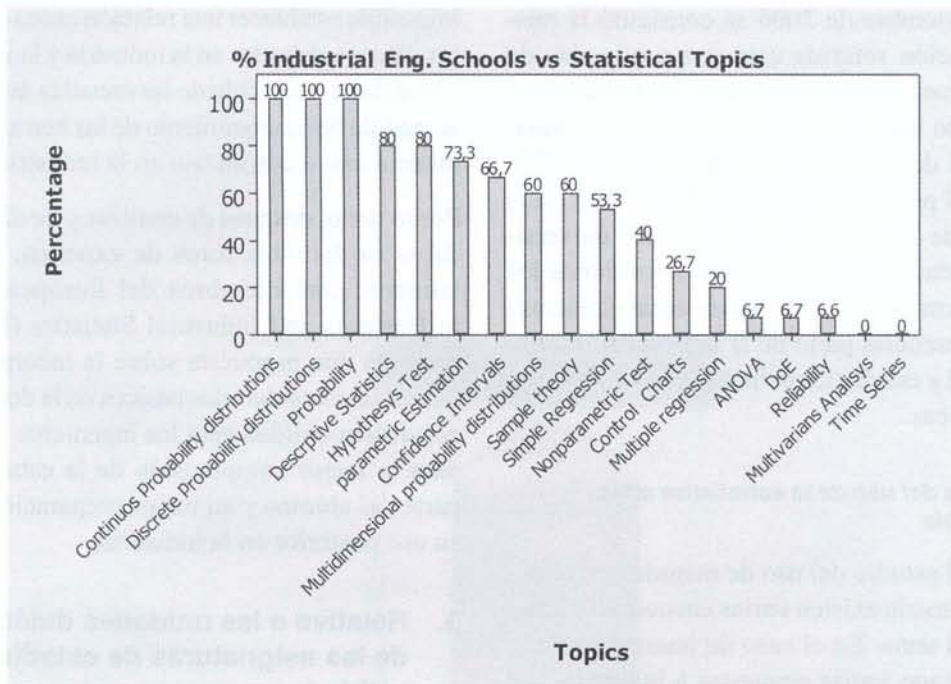
Para disponer información sobre qué métodos, qué herramientas o qué probabilidad se enseña en las

escuelas de ingenieros industriales españolas, se procedió a buscar la información disponible en las páginas Web de todas estas escuelas, a fin de buscar asignaturas relacionadas con la estadística y la calidad. En relación con esta última, se encontraron muchas escuelas en las que también se aprovecha esta asignatura para formar a los alumnos sobre técnicas estadísticas de calidad. Esta información se recogió durante noviembre de 2005.

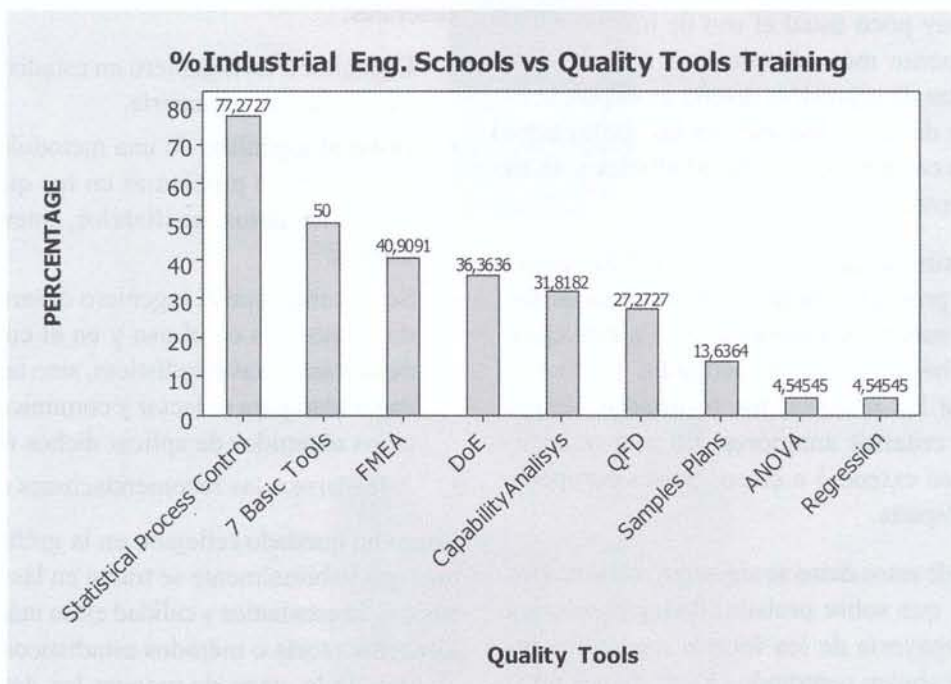
Aun siendo consciente de que a veces lo que el profesor logra dar en un curso no se ajusta perfectamente a la información disponible en la Web de la asignatura, esta información sirve de referencia para conocer los temarios de estas asignaturas, los cuales si bien no son exactamente los dados, sí son o han sido los planteados. Las gráficas 1 y 2 contienen la información relativa al porcentaje de escuelas de ingenieros industriales españolas que incluyen dicho tema en su docencia, en las cuales aproximadamente el 50% de los ingenieros formados reciben no más de 60 y 75 horas obligatorias sobre estadística y calidad [11].

Como se puede ver en las gráficas 1 y 2, el temario descrito es bastante tradicional, algo también lógico si se tiene en cuenta la escasa formación estadística que traen los alumnos cuando llegan a la universidad [2]. Sin embargo, es necesario mencionar que estos alumnos no verán más estadística que la descrita en estos temarios, por tanto, también se puede concluir que no se ha encontrado en dichas páginas Web referencia alguna sobre el pensamiento estadístico o el método científico o uso de la estadística como método de resolución de problemas.

Además, en general, las escuelas de ingenieros industriales españolas no hacen hincapié en la importancia de cómo tomar datos ni proponen actividades que contemplen esta etapa. Estas técnicas solamente se incluyen en las escuelas que promocionan más el uso de la estadística incluyendo más asignaturas optativas o de libre elección en sus propuestas. Pero, esto sólo ocurre en menos del 20% de las escuelas.



Gráfica 1. Lista de temas de cursos obligatorios de estadística en Escuelas de Ingenieros Industriales españolas
Fuente: propia



Gráfica 2. Lista de herramientas estadísticas de calidad que se enseñan en Escuelas de Ingenieros Industriales españolas
Fuente: propia

Durante noviembre de 2006 se consiguió la misma información referida esta vez a escuelas de ingenieros mecánicos europeas. Se utilizó como base de datos las escuelas con las que la Tecnun-Universidad de Navarra intercambia alumnos en el marco del programa ERASMUS. En este caso, se dispone de la información de quince universidades europeas de once países distintos donde los temarios son muy parecidos al caso español, incluso en algunas escuelas parte de la información sobre probabilidad y estadística se incluye en los módulos de matemáticas.

2.1. *Acerca del uso de la estadística en la industria*

En cuanto al estudio del uso de métodos estadísticos en la industria existen varias encuestas relacionadas con el tema. En el caso de nuestro entorno, se han realizado varias encuestas a industrias del País Vasco [9, 11] en las cuales se revelaba que el uso regular de las herramientas básicas investigadas (herramientas básicas de Ishikawa, gráficos sencillos) no llega al 50% en la mayoría de los casos. Es muy poco usual el uso de herramientas estadísticamente más complejas o sofisticadas, como técnicas de regresión, diseño de experimentos, estudios de fiabilidad, etc., en las cuales debe ser mayor la comprensión de la estadística y de su manera de razonar.

Un estudio similar se llevó a cabo en 2003 como parte de un proyecto europeo sobre el uso de los métodos de superficie respuesta [5]. En este caso, aunque las herramientas investigadas no fueron exactamente las mismas, los resultados siguen los mismos criterios anteriores. En esta ocasión, la encuesta se extendió a cinco países europeos, entre ellos España.

Del análisis de estos datos se sigue que los temarios obligatorios que sobre probabilidad y estadística estudian la mayoría de los futuros ingenieros industriales se siguen centrandos en cuestiones poco prácticas, sin dar tiempo a ver o profundizar en cuestiones más prácticas de la misma. Aunque es

imposible establecer una relación causa-efecto entre los datos registrados en la industria y la información recogida del currículo de las escuelas de ingenieros, la medida del conocimiento de las herramientas van mano a mano con su uso en la industria.

Por lo tanto, después de analizar y de discutir estos datos en distintos foros de expertos, fundamentalmente con miembros del European Network in Business and Industrial Statistics (ENBIS), se presenta una propuesta sobre la incorporación de dos temas considerados básicos en la docencia de la estadística-calidad para los ingenieros industriales para la mejor comprensión de la estadística, por parte del alumno y su mejor preparación de cara a su uso posterior en la industria.

3. **Relativo a las unidades didácticas de las asignaturas de estadística y calidad**

Uno de los aspectos más importantes del diseño de un curso, es la formulación de objetivos. Luego, esta propuesta parte de los siguientes objetivos generales:

- Capacitar a un ingeniero en estadística y no un estadístico en ingeniería.
- Dotar al ingeniero de una metodología para la resolución de problemas en los que haya que recolectar datos, analizarlos, interpretarlos y usarlos.
- Se pretende que el ingeniero desarrolle habilidades no sólo en el uso y en el conocimiento de herramientas estadísticas, sino también en la capacidad para redactar y comunicar los resultados obtenidos de aplicar dichos métodos.
- Adecuarse a las recomendaciones del EEES

Como ha quedado reflejado en la gráfica 1, los temas que habitualmente se tratan en las asignaturas básicas de estadística y calidad están más orientados a enseñar teoría o métodos estadísticos, porque se olvidan de la etapa de recoger los datos, tan importante como saber qué herramienta utilizar para analizarlos, y enseñar un método de resolución de

problemas, básico en la formación de un ingeniero y en el cual la estadística tiene mucho que aportar. Por lo tanto, en este artículo se ofrecen pautas para valorar la necesidad de incluir estos temas como parte de la formación estadística básica de los ingenieros industriales.

3.1. *Recogida de datos*

Los ingenieros pueden desarrollar nuevos productos o procesos, mejorar los anteriores, constituir y testear prototipos, diseñar herramientas, máquinas o procesos para fabricar productos; mantener, controlar y mejorar los procesos en marcha; mantener, reparar y dar servicio a los productos. En cada una de estas funciones deben recoger datos y analizarlos. Luego en cada una de esas acciones deben utilizar en mayor o menor medida la estadística.

Ya en 1981 Lord Kevin dijo: “cuando puedes medir y expresar en números el tema sobre el que hablas, es que sabes algo sobre él; cuando no lo puedes hacer, es señal de que tu conocimiento sobre el asunto es escaso e insatisfactorio”. Luego, es evidente que la mayor evidencia de que algo está ocurriendo es la de tomar datos y que éstos verifiquen dicha hipótesis. Además, hoy en día, la existencia de datos no es un problema; la rápida incorporación del mundo informático a las empresas permite disponer casi de tantos datos como deseamos de cualquier aplicación, máquina o proceso. Es más, se podría decir que en la mayoría de los casos, las empresas disponen hoy en día hasta de un exceso de datos, en el sentido de que son recogidos por defecto, pero, en muchas ocasiones, ni se analizan para aprender de ellos ni para actuar en consecuencia.

No obstante, la existencia de datos per se no es interesante, si no se hace nada con ellos. Los datos hay que recogerlos de nuevo o buscarlos, si están ya recogidos, teniendo un fin o un motivo para medir. Es decir, datos e información no son necesariamente lo mismo. Y cuando uno desea evaluar una actividad, debe medir intentando que dichas medidas puedan responder a las preguntas que uno se plantea para evaluar dicha actividad. Si a partir del análisis de los

datos recogidos uno puede responder a la pregunta planteada, entonces dispondrá del total o de parte de la información buscada.

Luego, la toma de datos no es algo que se debiera pasar por alto en la formación estadística de un ingeniero, hay que inculcar al ingeniero que, antes de aplicar los métodos o las herramientas estadísticas que estudian, deberá recoger datos o utilizar datos ya existentes relacionados con el tema; para esto se deberá preguntar de qué tipo son los datos, si son fiables, si son coherentes a lo largo del tiempo, si serán útiles para responder a sus preguntas, etc., en el caso de que se vayan a utilizar datos existentes. También se debe tener presente qué datos serán necesarios para contestar a sus preguntas, si se podrá recoger toda la información, si será parcial y válida, en el caso de que se plantee una nueva recogida de datos. El proceso de medida además debe contener una definición escrita de lo que se va a medir, en qué formato se recogerán, cuándo, quién, cómo y cuántos. Es muy interesante plantearse antes de la toma de datos, cómo se intentará responder a las preguntas, es decir, tener en mente los análisis que luego se realizarán con estos datos. Lo que en cierta manera, puede condicionar la manera de recogerlos.

Otro aspecto importante del proceso de toma de datos está ligado con los tipos de muestreo: cómo se ha realizado estas observaciones (elegidas totalmente al azar, segmentando la población inicialmente, manteniendo fijos determinados factores, etc.) y sobre todo cuántos datos se han recogido son también dos partes claves en el análisis posterior de los datos. Aspectos básicos sobre la importancia de la aleatoriedad en el muestreo, los errores que se pueden cometer si ésta no se cumple y sobre la implicación del tamaño de la muestra de datos en la precisión y en la conclusión de los análisis, es un aspecto fundamental que el ingeniero debe en parte conocer.

Esta parte de la teoría se puede incluir en la asignatura de estadística básica obligatoria para todos los ingenieros industriales y su aplicación práctica se puede realizar incluyendo en la parte práctica

de la asignatura ejercicios en los cuales los propios alumnos recojan los datos que deben analizar.

3.2. Método de resolución de problemas

En el presente artículo se está de acuerdo con Bisgaard [3] cuando dice que es esencial enseñar la estadística no como una materia aparte, sino como una parte inseparable de cómo los ingenieros deben resolver los problemas. Esto es lo que se debería hacer cuando en la educación se promociona la estadística para ingenieros, sobre todo, lo que se refiere a la idea de llevar a cabo prácticas o proyectos con datos más o menos reales sobre casos reales.

Pero para que estas actividades tengan el resultado deseado, es decir, que el ingeniero entienda el concepto de variabilidad en su entorno y sepa resolver problemáticas asociadas a esa variabilidad, se requiere promocionar la estadística o, mejor dicho, el pensamiento estadístico como una metodología válida para resolver problemas. La Sociedad Americana para la Calidad definió pensamiento estadístico

como una metodología de aprendizaje y acción basada en los siguientes principios [1]:

- Todo ocurre en un sistema de procesos interconectados.
- La variación existe en todos los procesos.
- Entender y reducir esa variación es la clave del éxito.

Hoerl y Snee [8] desarrollan un modelo gráfico para explicar el pensamiento estadístico; es un modelo basado en el método científico cuya evolución histórica remonta sus orígenes al método de inducción y deducción propuesto por Aristóteles (384-322 d.C) a partir del cual Box, Hunter & Hunter [4] definieron su proceso iterativo de aprendizaje. Por ello, en la figura 1 se representa un nuevo modelo con el que se explica que el pensamiento estadístico usa el método científico y el concepto de variación para incrementar el conocimiento de los procesos mientras analiza los datos que producen estos procesos.

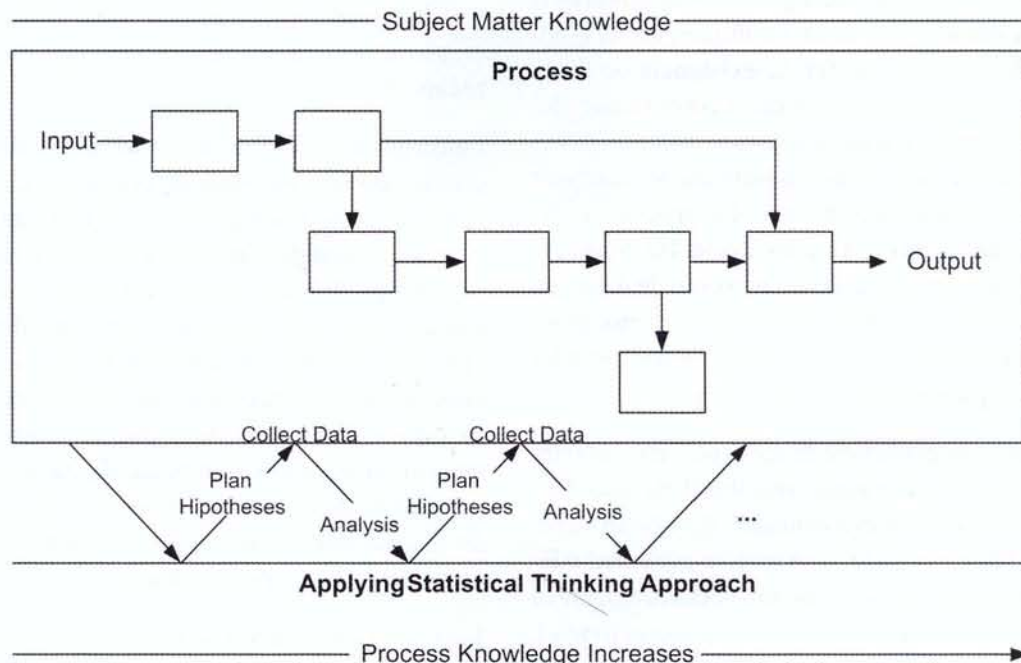


Figura 1. Modelo para el pensamiento estadístico
Fuente: Hoerl and Snee, 2002 [4]

Pero este modelo por sí mismo quedaría una vez más en papel si al ingeniero no se le proporciona un método para poder llevar a cabo estos pasos de una manera estructurada y ordenada. Esto se puede resolver si se introduce en el programa curricular una asignatura de calidad, un método para la resolución de problemas.

En este sentido, Antoni Robert en su tesis *Factores que facilitan el éxito y la continuidad de los equipos de mejora en las empresas industriales* [10] compara la posibilidad de disponer de un método para ir desde un problema hasta la solución, como tener un mapa de carreteras para ir de un lugar a otro. El mapa da indicaciones e información para poder seguirlo, si se desea. Siempre se puede renunciar a él y dejarse guiar por la intuición y puede que también se llegue al destino, pero seguramente, se tarde más. Luego, Robert define al método de resolución de problemas como “el mapa que tengo que seguir para resolver un problema en el menor tiempo posible, es decir, con la máxima eficacia” [10].

Ahora bien, ¿cuál es el método que conviene enseñar? No existe un único método de resolución de problemas. Otra vez Robert analiza en su tesis, dieciocho métodos de resolución de mejora distintos y llega a la conclusión de que todos ellos tienen un nexo común: disponen de unas fases comunes que se corresponden con las del método científico aplicado a la resolución de problemas trabajando en equipo en un entorno empresarial.

Solamente hay un método para crear conocimiento objetivo y validado: el método científico, en el cual la importancia de la medición y la verificación experimental son elementos relevantes del método. Este método teórico se puede llevar a la práctica si se resuelve un caso práctico por grupos, en el cual los alumnos deberían resolver el caso siguiendo las fases del modelo. Una exposición oral del caso, además permitiría evaluar la capacidad de transmitir y de comunicar los resultados obtenidos.

4. Conclusiones

Este artículo presenta algunas conclusiones relativas a la enseñanza de las materias de estadística y calidad en los cursos de formación de ingenieros industriales, extraídas a partir de consultas realizadas al contenido de dichas asignaturas en páginas Web de distintas universidades europeas y de encuestas publicadas sobre el uso de herramientas estadística en la industria.

Por un lado, se ha querido constatar con datos que, actualmente, el uso y el conocimiento de estadística en la empresa es todavía insuficiente, por lo menos, en el entorno más cercano. De la misma manera se ha querido recoger información sobre los contenidos teóricos y prácticos de estas o similares asignaturas en el resto de universidades del Estado español. En este sentido, se ha llegado a la conclusión de que aunque se observan muchas mejoras en relación con la metodología de la docencia de estadística –incorporación del ordenador, utilización de la simulación para aclarar conceptos, resolución de problemas con más datos, de problemas más reales, etc.–, queda en evidencia la escasa discusión existente con base en los contenidos de estas asignaturas.

Asimismo, se sugiere la posibilidad de mejorar la enseñanza de estas asignaturas, con la incorporación de dos nuevas unidades didácticas, tomando como referencia los objetivos marcados en el diseño del curso:

- Capacitar a un ingeniero en estadística y no un estadístico en ingeniería.
- Dotar al ingeniero de una metodología para la resolución de problemas con la cual haya que recolectar datos, analizarlos, interpretarlos y usarlos.
- Desarrollar en el ingeniero habilidades no sólo en el uso y en el conocimiento de herramientas estadísticas, sino también en la capacidad para

redactar y comunicar los resultados obtenidos de aplicar dichos métodos.

- Adecuarse a las recomendaciones del EEES.

Estas unidades didácticas demuestran la importancia de medir y de recoger los datos y la enseñanza del método científico como método de resolución

de problemas. Estos temas tienen un carácter sumamente práctico y también destinado a evaluar las habilidades de los alumnos respecto de lo aprendido. El énfasis y la profundidad de sus contenidos irán en función de las horas totales de formación estadística o de calidad que cada escuela tiene asignada en su proyecto educativo.

Referencias bibliográficas

- | | |
|--|--|
| <p>[1] ASA. (1996) <i>Glossary of Statistical Terms</i>. Milwaukee, American Society for Quality.</p> <p>[2] Batanero C. <i>Presente y futuro de la educación estadística</i>. Jornadas europeas de estadística: la enseñanza y la difusión de la estadística, 10-11 octubre de 2001, Mallorca. Extraído del World Wide Web disponible en http://www.caib.es/ibae/esdeveniment/jornades_10_01/doc/Bataneromallorca.doc</p> <p>[3] Bisgaard, S. (1991) Teaching Statistics to Engineers. <i>The American Statistician</i> Vol. 45, p. 274-283.</p> <p>[4] Box, G., Hunter W., et al. (1978). <i>Statistics for experimenters</i>. New York Wiley Interscience.</p> <p>[5] Gremyr, I., Johansson, P., and Lindfeldt, K. (2003) <i>Use and Knowledge of Robust Design Methodology - A Survey of European Industry</i>. Research report, IMS-EURobust Project.</p> <p>[6] Greenfield, T. (1993) Communicating Statistics. <i>Journal of the Royal Statistics Society Serie A</i>. Vol.156, Part 2, pp. 287-297.</p> | <p>[7] Hoadley, A. B. and J. R. Kettenring. (1990) Communications Between Statisticians and Engineers/Physical Scientists. <i>Technometrics</i>, Vol. 32 (3), pp. 243-248.</p> <p>[8] Hoerl, R. and R. D. Snee. (2002) <i>Statistical Thinking: Improving Business Performance</i>. Pacific Grove, CA, Duxbury-Thomson Learning.</p> <p>[9] Tanco, M. Viles, E. Ilzarbe L., Álvarez, M.J. (September 2006) <i>Is DOE really used: A survey of Basque Industries</i>. Ponencia presentada en ENBIS'06 Conference in Wroclaw, Poland, pp.18.-20.</p> <p>[10] Robert, A. (2005) <i>Factores que facilitan el éxito y la continuidad de los equipos de mejora en las empresas industriales</i>. Tesis Doctoral del Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Barcelona, Universidad Politécnica de Catalunya. pp. 359.</p> <p>[11] Viles, E. (2006) Statistics for Industrial Engineers. <i>Scientific Computer World, ENBIS Magazine</i>. June-July (88), pp. 40-41.</p> |
|--|--|