

Como segunda parte y complemento de la exposición general del método SEIS SIGMA, se aborda ahora la necesidad de utilización de la estadística para la mejora de procesos y sus aspectos prácticos.

Puede repasarse la primera parte en AULA DYNA diciembre 2010 y conocer una serie de casos reales de aplicación de SEIS SIGMA en el artículo "DISEÑO, APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN MODELO DE MEJORA CONTINUA" en DYNA febrero 2011.

2ª parte:

ACTUAR CON RAZONAMIENTO ESTADÍSTICO: MÁS ALLÁ DE SEIS SIGMA

**Elisabeth Viles. Profesora Titular de Universidad.
TECNUN – Universidad de Navarra**

1. El papel de la estadística en la industria (y más concretamente en el área de la calidad y la mejora)

La necesidad y el uso de la estadística en las organizaciones no es algo nuevo. Más concretamente si nos fijamos en el área de la mejora de la calidad, es durante la Segunda Guerra Mundial, cuando se empezaron a expandir en Estados Unidos los métodos de inspección por muestreo y el control estadístico de procesos, gracias al desarrollo de los gráficos de W. Shewhart elaborados en los años 20. También el diseño de experimentos tiene su desarrollo en la primera mitad del siglo XX, aunque será en los años 50 cuando comenzarán a tener una mayor visibilidad en la industria gracias también al aporte del ingeniero G. Taguchi, que sin aplicar exactamente los principios estadísticos del diseño de experimentos, encuentra una solución práctica que da buenos resultados en algunos casos.

Y hoy en día, la presencia de la estadística en la empresa está más clara que nunca. El incremento en el volumen de datos disponibles gracias a los avances en la tecnología de los ordenadores y sistemas electrónicos, la complejidad de los procesos y sistemas, la necesidad de diseñar, desarrollar y producir productos altamente fiables y seguros... no deja lugar a duda de que esta disciplina matemática es indispensable tanto en éste como en otros ámbitos. Sin embargo, aun cuando se constata

la gran presencia que la estadística tiene en la industria, el papel del estadístico (o del especialista en estadística industrial) sigue estando relegado a un segundo plano [18,19].

Si bien es cierto, que la aparición de la metodología Seis Sigma a partir de la década de los 80 en Estados Unidos quizás ha sido, en las últimas décadas, el hito que más ha ayudado a comprender el papel de estadística en la industria, aún queda mucho por hacer [2, 11, 13].

Son muchos los autores que manifiestan que la controvertida metodología Seis Sigma y posteriormente sus variantes además de servir de catalizador en el proceso de implantar y gestionar la calidad en las empresas, ha favorecido la democratización de la estadística industrial [18]. Sin embargo, es esta democratización la que de alguna manera ha podido volverse también en su contra; no solamente el uso de herramientas y técnicas estadísticas facilitado por el desarrollo de innumerables software estadísticos puede ayudar a mejorar los procesos, sino que resulta esencial no perder de vista que actuar con razonamiento estadístico es la columna vertebral sobre la cual se debiera articularse dicha metodología [13]. Y todavía en la actualidad, en el mundo empresarial, existen lagunas en este sentido; hoy en día resulta relativamente sencillo realizar multitud de análisis estadísticos, pero aun existe un gran desconocimiento acerca de por qué debe realizarse tales análisis, qué implicaciones y limitaciones pueden tener en el resultado del estudio de un problema y la interacción de estos análisis con los pasos o etapas del método científico [16].

2. El razonamiento estadístico: ¿qué es y para qué sirve?

Una de las más importantes contribuciones de la estadística a la ciencia ha sido el uso de método científico como método para aprender y resolver

problemas: “el razonamiento estadístico es una componente esencial del aprendizaje” [3]. El método científico de aprendizaje consta de la secuenciación de las dos formas principales del pensamiento lógico: la deducción y la inducción (Deducir: consiste en proponer axiomas o hipótesis generales para deducir de ellos comportamientos particulares; Inducir: es el proceso contrario. Partiendo de hechos experimentales, inferir conclusiones generales).

En 1990, Snee define el pensamiento estadístico como un proceso de pensamiento que reconoce que la variabilidad está presente en todo lo que nos rodea, que todo trabajo requiere el paso por una serie de procesos interconectados y que identificar, caracterizar, cuantificar, controlar y reducir la variación proporciona oportunidades de mejora. [17] (ver Figura 1).

En 1996, la ASQ (American Society for Quality) publicó la definición de “statistical thinking” en un glosario de términos para el Control Estadístico de Calidad [1]. La publicación define el razonamiento estadístico como una filosofía de aprendizaje y acción basada en los siguientes principios: todo ocurre en un sistema de procesos interconectados, la variación existe en todos los procesos y entender y reducir la variación es la clave del éxito.

En 2002 Hoerl y Snee, [9], definen el razonamiento estadístico como la manera de razonar y trabajar para mejorar los procesos de negocios y que usa el método científico como método para aumentar el conocimiento sobre estos procesos.

El pensamiento estadístico utiliza el método científico y el concepto de variación para incrementar el conocimiento de los procesos analizando los datos que éstos producen. Para mejorar los sistemas

resulta necesario conocer cuáles son los procesos del sistema que afectan a los resultados. Este conocimiento proporciona el establecimiento de hipótesis acerca de las posibles relaciones entre los resultados y los procesos (proceso de deducción). Cada establecimiento de hipótesis deberá resolverse en base a la toma y análisis de datos para su verificación. Como cada vez que se toman datos, tales datos revelan variabilidad, son las herramientas y técnicas estadísticas las que ayudan a interpretar tales datos integrados en su contexto con el consiguiente rechazo o no de la hipótesis planteada (proceso de inducción). Este ciclo es repetitivo con el objeto de ir refinando o validando las hipótesis que se van planteando (ver Figura 2).

Por lo tanto, podríamos decir que los dos pasos más importantes del razonamiento estadístico son los pasos de deducción e inducción. Hoy en día, la democratización de la estadística ha provocado el creciente aumento de aplicaciones que analizan gran cantidad de datos. Luego, la etapa de inducción, la que requiere el análisis de datos, resulta ser la más fácil de llevar a cabo y para la cual los ingenieros y los científicos en general estamos mejor entrenados. Sin embargo, desde el punto de vista del razonamiento estadístico es tan importante aprender a proponer hipótesis lógicas sobre lo que puede estar pasando, como luego resolverlas. Y para el proceso deductivo, no existen herramientas específicas.

Es decir, para utilizar el razonamiento estadístico también hace falta estar entrenado en hacerse preguntas sobre lo que puede estar pasando y por tanto, la aplicación razonable y eficiente de la estadística para la resolución de problemas requiere tener un amplio y sobre todo claro conocimiento

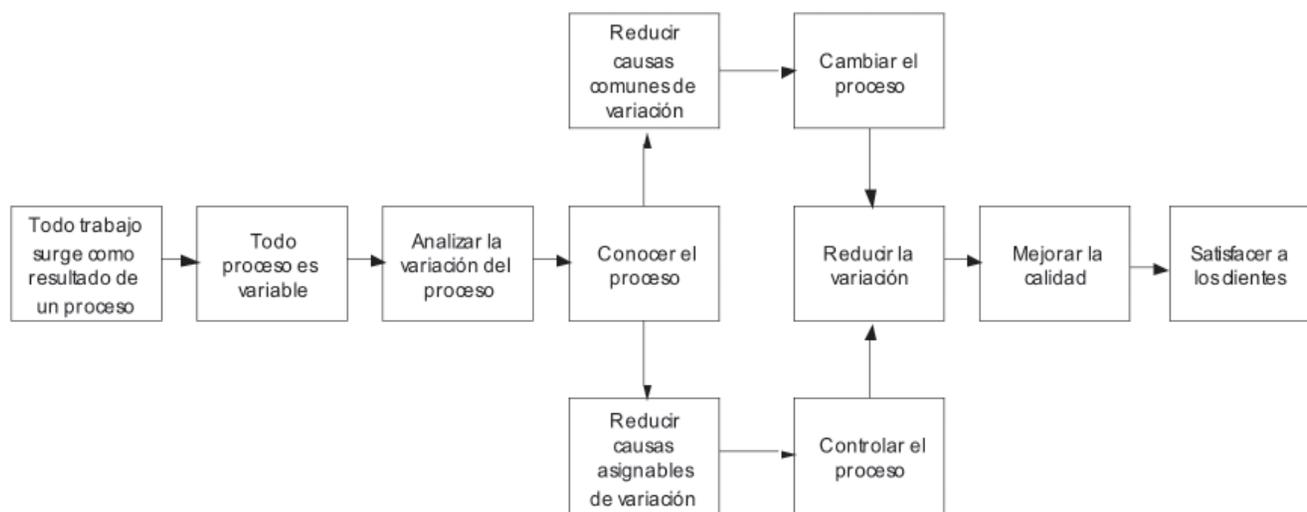


Figura 1: Modelo para el razonamiento estadístico (Snee, 1990)

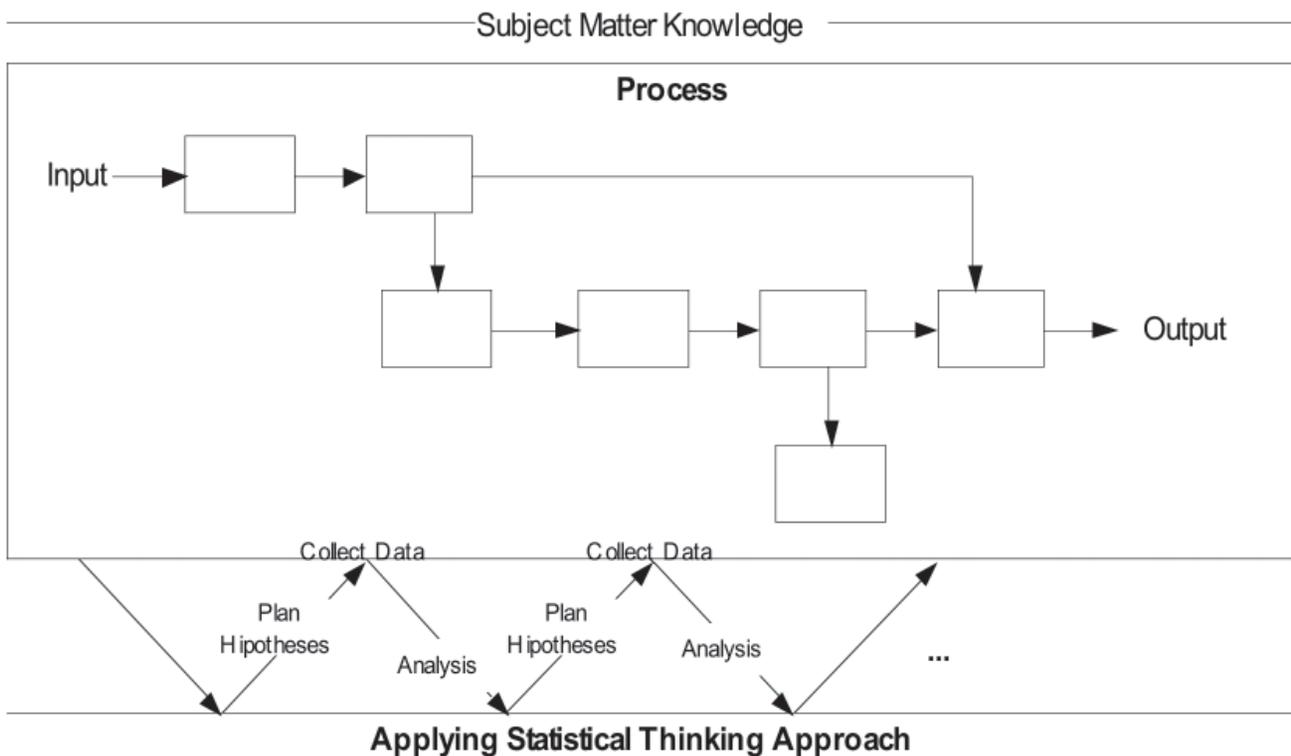


Figura 2: Modelo para el razonamiento estadístico (basado en Hoerl and Snee, 2002)

de esta materia [3]. Por otro lado, y como su aprendizaje no resulta ser tan sencillo, *su correcta aplicación vendrá de aprender a pensar y actuar con razonamiento estadístico sobre procesos variables bajo la supervisión inicial de expertos en este campo, seguida de la asimilación de la técnica que proporciona el hábito y la habilidad de utilizarla.*

Para entender mejor esta idea, proponemos la siguiente comparación: Como un doctor actúa para curar a un paciente es como un buen ingeniero debiera actuar para curar un proceso “enfermo”.

3. ¿La salud de las organizaciones puede estar en manos de “especialistas” en estadística?

En general, cuando un ingeniero se enfrenta a un problema que requiere de análisis de datos, su trabajo debería parecerse a los pasos que sigue un doctor cuando se enfrenta a un paciente: observación, preguntas acerca de los síntomas que el paciente tiene, toma de datos cualitativos (aparición del enfermo, modo de vida,...) y datos cuantitativos (análisis, scanner, rayos- X, etc.), interpretación de los datos recogidos y propuesta de algún tratamiento. Y además, esto tendría que realizarse en un corto espacio de tiempo y de manera fiable.

Es decir, al igual que un doctor sigue ciertos pasos

con el objetivo de hacer el mejor diagnóstico de una enfermedad, un ingeniero debería seguir ciertos pasos para hacer un diagnóstico fiable acerca del problema de un proceso.

Para empezar, nadie duda de que el doctor posee información teórica acerca de enfermedades y sus síntomas. Además, si se trata de un especialista éstos han pasado un periodo de aprendizaje (MIR) en el cual han visto y tratado muchos pacientes con la misma enfermedad, pero no exactamente los mismos síntomas. Durante este periodo, han asimilado la teoría aprendida al inicio observando las enfermedades en entornos variables. Esta situación es la que posteriormente les permite reconocer estructuras de síntomas-enfermedades en distintas situaciones.

1. A partir de este momento, cada vez que un doctor se enfrenta a un nuevo “problema” (nuevo paciente, nueva enfermedad,...) lo que hace es observar y preguntar al paciente acerca de sus síntomas. El doctor pregunta acerca del modo de vida que lleva el paciente y pide más datos si los requiere (análisis, rayos X, etc). Toma nota de todo. La clave está en hacer las preguntas adecuadas para plantear las hipótesis razonables acerca de lo que puede estar pasando.

2. Una vez analizados los datos de los que dispone, hace una interpretación rápida y muchas veces ya muy fiable (porque generalmente el doctor analiza teniendo una idea general de lo que está buscando). Si le surge la duda o tiene varias opciones de diagnóstico, requerirá más datos del paciente hasta que por un proceso de eliminación llegue a un solo diagnóstico. Si el problema es serio, deberá validarlo interna y externamente.
3. Pero el trabajo aún no habrá acabado. Cuando llegue al diagnóstico, deberá comunicárselo al paciente. Y deberá hacerlo de una manera que el paciente pueda entender. Esto tiene un doble propósito: el paciente tiene derecho a saber qué es lo que tiene, pero además debe confiar en el buen criterio del doctor. Una buena comunicación entre las dos partes facilita el trabajo.
4. Una vez realizado el diagnóstico y teniendo en cuenta los últimos avances médicos y la aprobación del paciente, el doctor propone el tratamiento a seguir (que se requiere seguir lo más fielmente posible).
5. Finalmente el doctor lo registra en un documento: el paciente, los síntomas, las pruebas realizadas, el diagnóstico, el tratamiento recomendado...Este documento podrá disponerlo tanto paciente como el hospital. Tan importante resulta la experiencia de ese doctor en concreto, como el aprendizaje que de esa experiencia obtienen sus colegas y el resto del hospital.

Y ¿qué tiene que ver todo este proceso con tener razonamiento estadístico? Al igual que un doctor sabe cómo hacer un buen diagnóstico de las enfermedades más comunes, un “especialista” en estadística industrial (ejercitado su razonamiento estadístico) debería saber cómo diagnosticar las causas reales de los problemas o enfermedades de sus procesos, porque conoce herramientas que le ayudan a asociar problemas con las causas más importantes. Pero sobre todo porque conoce y hace uso de una metodología sistemática de diagnóstico, preguntando constantemente acerca de la sintomatología del proceso, requiriendo los datos necesarios, analizándolos y comunicando los resultados de manera efectiva.

4. ¿Cómo introducir esta manera de razonar en nuestras organizaciones?

La dificultad de la enseñanza y el aprendizaje de la estadística como materia no es algo nuevo, como tampoco lo es la relación que los ingenieros y gestores de las organizaciones tienen con la estadística [5, 10,

14, 15]. Pero, hoy en día sigue siendo tema de debate, qué pueden aportar la estadística a la industria [12, 18] y más concretamente al campo de la gestión y mejora de la calidad [8, 13, 16].

No se puede gestionar lo que no se mide y la falta sistemática o la ausencia de la estadística en las organizaciones impiden la administración científica de la misma. Porque no se trata solo de tener datos, algo que hoy en día resulta bastante más fácil que antaño, sino de saber interpretarlos, analizarlos y tomar decisiones adecuadas en base a la información que aportan.

Por tanto, un **primer paso** de actuación sería el de **concienciar** a los directivos y empleados de las organizaciones acerca de la fundamental y trascendental importancia del uso del razonamiento estadístico a la hora de planificar, dirigir y controlar la marcha de sus procesos y por ende, de su empresa.

El **segundo paso** sería la **capacitación**. La forma de ayudar a la empresa pasa por formar bien a los ingenieros en la disciplina de la estadística industrial: disciplina en la que se enseñe a utilizar los conceptos, herramientas y técnicas estadísticas con el objetivo de aplicarlos para la obtención de mejoras en resultados bajo los paradigmas del conocimiento empírico y la toma de decisiones. Por tanto, el razonamiento estadístico debiera estar incorporado en el currículo de los ingenieros (y de otros científicos) y asegurarse que los nuevos profesionales adquieren esta competencia.

Y el **tercer paso** sería la **implementación**. Si bien la intuición de un directivo, de un mando intermedio incluso de un operario de línea nunca dejará de perder importancia, el tener el respaldo de tener datos fiables acerca de lo que está sucediendo con el apoyo en la correcta aplicación del razonamiento estadístico, permite adoptar decisiones sobre una base más apropiada. Y en esta implementación pueden darse varios niveles de acuerdo a las necesidades reales de cada organización:

Por un lado, no se trata de empezar de cero. Los ingenieros reciben una formación en estadística que los capacita a utilizar herramientas y técnicas estadísticas básicas. Solo se trata de que se animen a utilizarlas con mayor frecuencia y se apoyen en sus resultados (test de hipótesis...) para negociar y tomar decisiones, detectar y corregir problemas de calidad (herramientas básicas de calidad, estudios de capacidad...), aumentar la productividad de sus procesos (diseño de experimentos...), controlarlos (técnicas de SPC), para mejorar el mantenimiento y disponibilidad de sus máquinas e instalaciones (cálculos básicos de fiabilidad, AMFEC...), para diseñar nuevos procesos y/ productos (diseños robustos, AMFE, cálculos de fiabilidad, cálculos del coste de ciclo de vida...), etc.

Por otro lado, la correcta implementación en cada organización debiera pasar por diagnosticar qué datos e información se requiere para buscar apoyo en programas informáticos apropiados a las actividades, procesos y requerimientos específicos de cada empresa. Hoy en día, la diversificación de este tipo de software, acerca y facilita el tratamiento y análisis de datos.

Y consecuentemente, si una organización tiene problemas que requieren una aplicación estadística más compleja, éstos debieran ser tratados por profesionales con una mayor experiencia en estadística industrial.

¿PARA QUÉ?	HERRAMIENTAS ÚTILES
MEDIR	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimientos de recogida de datos, Muestreo • Estudios R&R • Herramientas básicas de mejora: Diagramas de flujo, histogramas, diagramas de Pareto, • AMFEC, y otros métodos de priorización • Gráficos temporales (SPC) • Estudios de capacidad
ANALIZAR	<ul style="list-style-type: none"> • Control estadístico de procesos, SPC • Test de hipótesis • Diseño de experimentos • Regresión
MEJORAR	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de priorización: AMFE, matriz de priorización, • Diseños de experimentos robustos • Planificación de pruebas piloto • ...

Tabla 1: Algunas herramientas estadísticas útiles

Las organizaciones necesitan tener “en sus filas”, personas capaces de aprender rápido, habituados a trabajar en entornos variables, que sepan tomar decisiones basadas en datos y sean además capaces de comunicar y transmitir los resultados. Que hayan adquirido bien las habilidades que requiere tanto el analizar e interpretar resultados como la de formularse las preguntas adecuadas en el entorno en el que se encuentran; que se hayan entrenado en la filosofía de trabajar con razonamiento estadístico. Éstos, integrados en equipos multidisciplinares, podrán contribuir eficazmente a la resolución de muchos problemas que actualmente acucian a nuestras empresas.

5. Referencias citadas en el texto

1. American Society for Quality (1996). *Glossary and tables for Statistical Quality Control*. Statistics Division, Quality Press, Milwaukee, WI.
2. Antony J. (2004). *Some pros and cons of six sigma: an academic perspective*. The TQM magazine, vol. 16:4, pp. 303-306, 2004.
3. Batanero, C. (2002). *Los retos de la cultura estadística*. Jornadas Interamericanas de Enseñanza de la Estadística, Buenos Aires. Conferencia inaugural.
4. Bisgaard S. (1991). *Teaching Statistics to Engineers*. The American Statistician, vol. 45, pp. 274-283, 1990.
5. Box G. (1990). Commentary on “*Communications between Statisticians and Engineers/Physical Scientists*”. Technometrics, vol. 32:3, pp. 251-252, 1990.
6. De Mast J. and Does R. J.M (2010). *Discussion of “Statistical Thinking and methods in Quality Improvement: A look to the Future”*. Quality Engineering, vol. 22: 3, pp. 130-132, 2010.
7. De Mast J. (2007). *Integrating the many facets of Six Sigma*. Quality Engineering, vol. 19:4, pp. 353-361, 2007
8. Hoerl R.W., Snee R. (2010). *Statistical Thinking and methods in Quality Improvement: A look to the Future*. Quality Engineering, vol. 22: 3, pp. 119-129, 2010.
9. Hoerl R.W., Snee R. (2002). *Statistical Thinking: Improving Business Performance*. Duxbury-Thomson Learning. 2002
10. Hoadley A.B. and Kettinger J. R (1990). *Communications between Statisticians and Engineers/Physical Scientists*. Technometrics, vol. 32:3, pp. 243-248, 1990.
11. Kwak Y.H. and Anbari F.T. (2006). *Benefits, obstacles and future of six sigma approach*. Technovation, vol. 26, pp. 708-715, 2006.
12. Lindsay B. G., Kettinger J. and Siegmund D.O. (2004). *A Report on the Future of Statistics*. Statistical Science, vol. 19:3, pp. 387-413, 2004
13. Makrymichalos M., Antony J., Antony F. and Kumar M. (2005). *Statistical thinking and its role for industrial engineers and managers in the 21st century*. Managerial Auditing Journal, vol. 20:4 pp. 354-363, 2005.
14. MacKay J. (1990). Commentary on “*Communications between Statisticians and Engineers/Physical Scientists*”. Technometrics, vol. 32:3, pp. 263-264, 1990.
15. Moore D.S. (1990). Commentary on “*Communications between Statisticians and Engineers/Physical Scientists*”. Technometrics, vol. 32:3, pp. 265-266, 1990.
16. Rotelli, M. (2010). *Response to “Statistical Thinking and methods in Quality Improvement: A look to the Future”*. Quality Engineering, vol. 22: 3, pp. 133-134, 2010.
17. Snee R. (1990). *Statistical thinking and its contribution to total quality*. The American Statistician, vol. 44: 2, pp. 116-121
18. Steinberg D.M. (2008). *The Future of Industrial Statistics: A panel of Discussion*. Technometrics, vol. 50:2, pp. 104-127, 2008
19. Vining, G. (2010). *Discussion of “Statistical Thinking and methods in Quality Improvement: A look to the Future”*. Quality Engineering, vol. 22: 3, pp. 135-136, 2010.