

NUEVOS ENFOQUES CONCEPTUALES Y PROCEDIMENTALES EN LA ENSEÑANZA DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Julio Ortigala Naser

Resumen

Actualmente, el control estadístico de procesos (CEP) se ha convertido en una actividad estratégica para todas las organizaciones. Por este motivo, su enseñanza en carreras de Grado y de Posgrado se debe actualizar de acuerdo con los cambios observados en la literatura internacional y en la realidad laboral. Con la globalización de los mercados, surgió un nuevo paradigma en la metrología científica que debe transferirse a los alumnos en forma permanente. Hecha la observación anterior, hay que destacar que el valor verdadero de un mensurando es imposible de conocer. Por ello, los conceptos de veracidad, precisión, exactitud, errores de medición, deben observarse desde una perspectiva relacionada con la incertidumbre, cuya enseñanza se basa en estrategias procedimentales y pedagógicas adecuadas a cada situación.

Palabras clave: mensurando; precisión; exactitud; incertidumbre; aprendizaje significativo.

Abstract

At present, statistical process control (SPC) has become a strategic activity for all organizations. For this reason, the teaching at both the undergraduate and graduate level of the principles of SPC must be updated in accordance with the changes observed in the international literature and in actual work environments. With the globalization of the markets a new paradigm arose in the scientific metrology that must be transferred to students in a permanent formation. Having made this observation, it is necessary to highlight that it is impossible to know the real value of a measurand. In consequence, the concepts of veracity, precision, accuracy and errors of measurement must be observed from an uncertainty perspective and the teaching should be based on procedural strategies and pedagogic strategies adapted to every situation.

Keywords: measurand, precision, accuracy, uncertainty, significant learning

Introducción

Hoy, el concepto de Control Estadístico de la Calidad puede considerarse plenamente incorporado al acervo empresarial. Se ha convertido en una actividad estratégica de las empresas, con la que se pueden ganar nuevos mercados e incentivar su competitividad a nivel mundial. Puede decirse que el Control estadístico de procesos es consustancial a la actividad de la empresa. No obstante, durante muchos años se desarrolló con criterios y aplicaciones dispares y su práctica fue ocasional e intuitiva.

Su origen cronológico puede situarse en 1924, cuando el Dr. Walter A Shewhart, de Bell Telephone Laboratorios, desarrolló el concepto de carta de control estadístico. En la misma empresa se desarrollaron algunas de las herramientas más significativas del control estadístico de la calidad, y no por casualidad la Bell se ha mantenido en los primeros lugares en cuanto a prestigio y facturación en los Estados Unidos, en los últimos 80 años. Es a partir de la Segunda Guerra Mundial, cuando comienza a asignarse al Control estadístico de los procesos el carácter de función específica, y a hacerlo aparecer como norma explícita en los organigramas de las Compañías.

La gran importancia del control de calidad puede vislumbrarse si se considera que ha pasado históricamente por tres etapas distintas. En

una primera etapa, el énfasis se centraba en la labor de inspección y en el establecimiento de tolerancias para los productos. Esta etapa comienza en los años 30 y se extiende hasta comienzos de los 60. El control típico, en esta concepción, es el control de recepción para materiales y el control de auditoría del producto final.

Las limitaciones de este enfoque son claras: no evita los defectos de fabricación, sino, únicamente, que se disminuyan unidades defectuosas en el mercado.

La segunda etapa del control de calidad se propone evitar las causas de los problemas de calidad durante la fabricación. Se extiende, por accidente, a finales de los años 50, con los estudios de capacidad de procesos y diseño de procesos. El control más importante es el control de calidad en el momento de la fabricación; las tolerancias comienzan a contemplarse como estándares a superar y no como objetivos a conseguir. Las ventajas de este enfoque radican en su capacidad para mejorar procesos y prevenir la aparición de problemas.

Finalmente, como consecuencia de la intensa competencia internacional, la tercera etapa, desarrollada especialmente en Japón, prosigue la dirección de evitar los problemas antes de que aparezcan, y pone el énfasis en el diseño de productos para que cumplan altas cotas de calidad. En la década de los 80, los cambios en los mercados in-

ternacionales elevan los problemas relacionados con la calidad a un lugar preeminente. Productos de baja calidad o excesivo precio pasarán por situaciones difíciles debido a:

a) La creciente sensibilización de los consumidores por los temas de calidad y fiabilidad y la saturación de mercados. Esta sensibilización afecta no sólo a los productos, sino también a los servicios.

b) El aumento espectacular de la competencia a nivel mundial. Las empresas tienden a internacionalizarse y su posible imagen local debe ser sustituida por otra de calidad intrínseca de sus productos y servicios. El notable incremento de la información que los consumidores reciben acerca de productos y servicios existentes en otros países, crea necesidades y/o expectativas que no se pueden obviar durante mucho tiempo con la utilización de políticas proteccionistas.

c) La aceleración en la disminución del ciclo de vida de muchos productos destaca la necesidad de innovación y rediseño constante y, en consecuencia, la necesidad de tener en cuenta en los temas de calidad, los costes en la etapa de diseño y de comportamiento en uso de productos y servicios.

d) Las tendencias actuales hacia la automatización y robotización de procesos industriales. Estas tendencias acentúan la importancia de los problemas de calidad ya que la robotización, para que sea eficiente, exige niveles de calidad mucho ma-

yores en las partes y piezas con las que se trabaja.

El ingrediente básico en la nueva concepción del control de calidad es la utilización masiva del método científico –y, en concreto, de la estadística–, en la planificación de recogida y análisis de los datos necesarios para la toma de decisiones tendientes a mejorar todos los procesos. Un control de calidad del que no se deriven actuaciones constantes para el perfeccionamiento de los sistemas no es un control de calidad verdadero.

La extensión de los conceptos de calidad a todos los procesos de la empresa comporta una revolución en los métodos de gestión. La calidad es responsabilidad de todas las personas de la empresa y no sólo del departamento de Control de Calidad. Para que este concepto no se quede en una mera exhortación, es necesario suministrar herramientas a todo el personal para que pueda integrarse en las tareas del control integral de la calidad. Ello requiere incrementar los esfuerzos en EDUCACIÓN de todo el personal y, sobre todo, la educación a partir del propio trabajo cotidiano.

Esta educación, debe comenzar con los técnicos de la empresa y, con esta asignatura, pretendemos que comience este proceso básico en la formación de cualquier Ingeniero.

Las mediciones juegan un importante papel en la vida diaria de las personas. Se encuentran en cualquiera de las actividades, des-

de la estimación a simple vista de una distancia, hasta un proceso de control o la investigación básica.

La Metrología es probablemente la ciencia más antigua del mundo y el conocimiento sobre su aplicación es una necesidad fundamental en la práctica de todas las profesiones con sustrato científico, ya que la medición permite conocer de forma cuantitativa las propiedades físicas y químicas de los objetos. El progreso en la ciencia siempre ha estado íntimamente ligado a los avances en la capacidad de medición. Las mediciones son un medio para describir los fenómenos naturales en forma cuantitativa. Como se explica a continuación, «la Ciencia comienza donde empieza la medición, no siendo posible la ciencia exacta en ausencia de mediciones». Las mediciones suponen un costo equivalente a más del 1% del PIB combinado, con un retorno económico equivalente de entre el 2% y el 7% del PIB.

Ya sea café, petróleo y sus derivados, electricidad o calor, todo se compra y se vende tras efectuar procesos de medición, y ello afecta a nuestras economías privadas. Los radares (cinemómetros) de las fuerzas de seguridad, con sus consecuencias económicas y penales, también son objeto de medición. Horas de sol, tallas de ropa, porcentaje de alcohol, peso de las cartas, temperatura de locales, presión de neumáticos, etc. Es prácticamente imposible describir cualquier cosa sin referirse a la metrología. El co-

mercio, el mercado y las leyes que los regulan dependen de la metrología y del empleo de unidades comunes.

Desarrollo

En los últimos años, se ha asistido a la aparición de importantes publicaciones, realizadas por organismos de alto prestigio profesional, en las que se propone un nuevo enfoque a la ciencia de las mediciones, con conceptos renovados que permiten hablar de un nuevo paradigma en la metrología científica. Tanto el Vocabulario Internacional de Metrología como la Guía ISO para el Cálculo de la Incertidumbre, presentan nuevas vías conceptuales y procedimentales para la interpretación de la variabilidad de las mediciones en cualquier proceso, como así también enfoques actuales que permiten un control más exhaustivo de estos diseños, garantizando la calidad de las mediciones.

Las nuevas definiciones, que aparecen en ambas publicaciones y que merecen un análisis pormenorizado a los efectos de la correcta interpretación y tratamiento de la dispersión de los valores obtenidos en cualquier actividad que conlleve la acción de medir, son las siguientes:

1. Trazabilidad

En el Vocabulario de Metrología Internacional, VIM, la trazabilidad se define como la «propiedad del re-

sultado de una medición mediante la cual el resultado se puede relacionar a una referencia a través de una cadena ininterrumpida documentada de calibraciones, donde cada una contribuye a la incertidumbre de medición». Para esta definición, la referencia puede ser la definición de una unidad de medida a través de su realización práctica o un procedimiento de medición que incluye la unidad de medida para una magnitud no ordinal, o un patrón de medición.

2. Valor verdadero, error y correcciones

Para el Vocabulario Internacional de Metrología, el valor verdadero de una magnitud, es el valor compatible con la definición de una magnitud particular dada. Es un valor que se obtendría mediante una medición perfecta. Todo valor verdadero es por naturaleza, indeterminado.

En general, una medición tiene imperfecciones que se convierten en fuentes de incertidumbre en el resultado de una medición, por lo que el error es un concepto idealizado y los errores no pueden conocerse exactamente.

El VIM define el error de medida como la diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia. Este concepto puede emplearse cuando exista un valor único de referencia, como en el caso de realizar una calibración mediante un patrón cuyo valor medido tenga una incertidumbre de medida

despreciable, o cuando se toma un valor convencional, en cuyo caso el error es conocido.

3. Exactitud y precisión

Según el VIM, exactitud es la proximidad de concordancia entre valores medidos de una magnitud que son atribuidos al mensurando. El concepto de exactitud de medida no es un valor numérico dado, sino que se dice que una medida es más exacta cuando ofrece una incertidumbre de medida más pequeña. En base a esta definición, para hablar de exactitud se debe involucrar también el concepto de efectos aleatorios.

Para definir la exactitud, se deben considerar dos conceptos: la veracidad y la precisión. Veracidad, según el VIM es la proximidad de concordancia entre el promedio de un número infinito de valores medidos replicados y un valor de referencia. La veracidad de una medida no puede ser expresada numéricamente y está relacionada inversamente con el efecto sistemático de la medida.

Para poder afirmar que una medición es veraz, en la práctica, se verifica con referencias. Por lo tanto, decir que un resultado es veraz es equivalente a comprobar que existe trazabilidad entre el resultado y la referencia utilizada. Además, la referencia utilizada debe ser trazable.

La precisión, según el VIM, es la proximidad de concordancia entre

valores medidos obtenidos por mediciones repetidas de un mismo objeto bajo condiciones especificadas. La precisión evalúa los efectos aleatorios de una medición. Se expresa en forma numérica por medidas, tales como la desviación estándar, la varianza, o el coeficiente de variación.

A partir de esta definición, se dice que un resultado es exacto si cumple con dos eventos al mismo tiempo: es veraz, que es lo mismo que decir que se sabe cual es el sesgo y que no es estadísticamente significativo, y además es preciso, con lo que se afirma que los efectos aleatorios están dentro de las tolerancias del método.

Para la ponderación de la precisión pueden usarse diversos test estadísticos, que en definitiva medirán la varianza o la dispersión de los resultados y realizarán una comparación con otros datos de variabilidad provenientes de ciertas referencias o valores bibliográficos de alta confiabilidad. De todos modos, es indispensable saber cómo fueron realizados los ensayos; es decir, en qué condiciones fue calculada la variabilidad del método, ya que no es lo mismo hacer todas las experiencias en las mismas condiciones que cambiar alguna o todas las condiciones de ensayo. En otras palabras: no es lo mismo repetibilidad y reproducibilidad.

En cada ensayo pueden variarse distintos factores y, a partir de estas variaciones, las condiciones pue-

den fluctuar alrededor de parámetros metrológicos determinados. Algunos de los factores que pueden variarse son el analista, el aparato de medición, el laboratorio, el sistema de calibración del equipo de medición, los reactivos y el momento en que se hace el ensayo (distintos días).

4. Incertidumbre de una medición

La calidad del resultado de una medición debe estar medida cuantitativamente de alguna manera segura y confiable. Es decir, que al informar el valor de una medición, este debe ser capaz de garantizarle al usuario que responde a sus necesidades. Sin esta condición, los resultados de las mediciones no pueden compararse, ya sea entre ellos o respecto a valores de referencia dados por una especificación o un patrón.

Históricamente se han usado con mucha asiduidad los términos de error y análisis del error como parte práctica de la ciencia de las mediciones o metrología. El término y el concepto de incertidumbre, como una característica cuantificable del resultado de una medición, es bastante nuevo en la historia de la metrología.

Actualmente se considera que existe un componente de incertidumbre sobre el resultado de una medición, aun cuando se hayan evaluado correctamente y ajustadamente todas las componentes conocidas o supuestas de un error y se

hubieren aplicado las correcciones adecuadas. Por esto es válido preguntarse cuán bien representa el resultado de una medición el valor de la magnitud que se está midiendo.

Es lógico pensar también que en un mundo totalmente interconectado y globalizado, y en el cual el uso universal del Sistema Internacional de Medidas (SI) brinda coherencia a todas las mediciones científicas y tecnológicas, se debe desarrollar un método confiable y científicamente aceptado para medir la incertidumbre de las mediciones, las cuales se usarán en las ciencias, la tecnología y el comercio. Por esto, el método que se utilice debe ser uniforme a través de todo el mundo, de modo tal que las mediciones realizadas en diferentes puntos del planeta sean fáciles de comparar.

5. Incertidumbre

La incertidumbre es un parámetro no negativo asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando (Vocabulario Internacional de Metrología). La incertidumbre de medida incluye componentes provenientes de efectos sistemáticos, tales como componentes asociados a correcciones y a los valores asignados de patrones de medida, así como a la incertidumbre intrínseca (incertidumbre de medida mínima que resulta del nivel de detalle inherentemente limitado de la definición del mensurando).

Métodos e instrumentos

Para la implementación y desarrollo de estos conceptos renovados, se ha realizado una planificación de cátedra que tiende a que los alumnos puedan incorporarlos en forma significativa y logren desarrollar una matriz de conocimientos que les permitan interpretar y conceptualizar nuevos adelantos en la ciencia de las mediciones.

Se intenta educar para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre, para localizar, reconocer, procesar y utilizar información, y para resolver situaciones problemáticas. Educar para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre significa analizar en forma crítica y permanente la realidad de cada día y, por lo tanto, no dirigir ni inculcar respuestas. No se trata de una pedagogía de la respuesta sino de una pedagogía de la pregunta, como dice Freire. El estado de incertidumbre actual es de grandes dimensiones y, por lo tanto, nadie, y menos nosotros como educadores, tenemos las respuestas. No debemos movernos con respuestas del pasado, tal como lo muestran muchos libros actuales.

Educar para encontrar, seleccionar, analizar y utilizar información. Existe una relación clara entre información e incertidumbre, ya que a mayor falta de aquella mayor dimensión de ésta (Daniel Prieto Castillo), nuestros niños y jóvenes crecen en la máxima desinformación

en un mundo movido y saturado de información (Carlos Castilla del Pino, La incomunicación). Nuestro logro es brindar recursos y metodologías para trabajar con la información existente, que es mucha y está a alcance de casi todos.

En un mundo donde la incertidumbre se hace cada vez más evidente y la verdad absoluta no existe, la capacidad de resolver situaciones problemáticas o pararse ante los problemas sin sensación de agobio, le permiten al alumno desarrollar metodologías para las relaciones inmediatas hasta la búsqueda de soluciones como forma de supervivencia. La práctica de resolución de problemas está orientada siempre hacia el futuro, toda vez que ella significa el diagnóstico, la comprensión y la decisión entre más de una alternativa.

Metodologías específicas

1. Uso de las Tics

Por un lado, se han incorporado las Tics al curso de la asignatura, ya que los conceptos se presentan en correspondientes power point. Esta metodología ha permitido el ahorro de tiempo para presentar los principales conceptos, sin menoscabar la calidad educativa. Por otro lado, la cátedra ha desarrollado una serie de apuntes, que reúnen en sí mismo lo mejor de la bibliografía más actualizada.

También la incorporación de artículos de revistas especializadas,

como Technometrics, permiten un aprendizaje en tiempo real. Es bien sabido que las revistas científicas traen los temas y las líneas investigativas más significativas que luego aparecerán en los libros 10 años más tarde, por lo que su lectura y seguimiento permiten conocer en tiempo real el desarrollo de la ciencia. En este caso, el Control Estadístico de Proceso, Control de calidad, Cartas de Control, Diseño de Experimentos, Metrología y Calidad en las Mediciones.

2. Conceptos metrológicos

La calidad en las mediciones, es un tema que ha sido profundizado por la importancia que le cabe. Esta evidencia se observa también en los estudios de posgrado, donde la materia metrología ha sido cambiada por calidad en las mediciones, poniendo énfasis en proveer herramientas de base estadísticas que permitan asegurar la confiabilidad del sistema y lograr que lo que se mide cuantitativamente en nuestro país no tenga una diferencia estadísticamente significativa con lo que se mide en otra parte del mundo. De esta manera, se garantiza la calidad de los productos a través del control de los procesos en tiempo real, para lo cual es necesario que el comienzo de todo sea la calidad de las mediciones; es decir, que el sistema de confirmación metrológico debe ser testado continuamente con herramientas estadísticas pertinentes. El control de cali-

dad de los procesos, tanto industriales como de laboratorio, es una tarea estratégica para cualquier organización y deben responder a las necesidades de los clientes internos y externos de la organización.

La confiabilidad de los procesos industriales y de los procesos en laboratorios de ensayo y calibración se sostiene en un sistema de medición que comprende fundamentalmente a las condiciones ambientales donde se realizan mediciones, los técnicos responsables del proceso y los instrumentos de medición empleados en él. De este modo, la capacidad del proceso que analizamos, nos permite evaluar el desempeño del sistema de medición

En el caso de los laboratorios de ensayo y/o calibración, la Norma ISO 17025 otorga un marco referencial al cual deberían acogerse los laboratorios, a fin de garantizar la calidad de las mediciones. Esta Norma contiene todos los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración si desean demostrar que poseen:

- Un sistema de aseguramiento de la calidad.
- Una competencia técnica adecuada.
- Alta confiabilidad en los resultados que generan.

El alcance de esta norma cubre los ensayos y calibraciones, incluido el muestreo, cuando se utilizan métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio. Esta

Norma es utilizada por los laboratorios, los clientes del laboratorio, las autoridades regulatorias y los organismos de acreditación. No contempla el cumplimiento de requisitos regulatorios y de seguridad relacionados con el funcionamiento del laboratorio.

Las cartas de control como instrumento de aprendizaje

Las cartas de control estadístico son la herramienta más significativa del Control Estadístico de los Procesos, ya que con ellas se pueden controlar los procesos en tiempo real y permiten lograr producciones y desarrollo de servicios sin la necesidad de retrabajos, piezas fuera de especificación, tiempos de inmovilización de equipos, equipos de medición fuera de calibración, etc. Sin embargo, también se ha detectado que tiene una gran importancia como elemento de mejora del aprendizaje, ya que una de las falencias que se observan en los alumnos al comienzo del cursado de la asignatura, es la poca asimilación de ciertos conceptos que pertenecen a la currícula de la asignatura Probabilidad y Estadística de segundo año de ingeniería. Son los conceptos de Prueba de Hipótesis, Error tipo I, Error tipo II y valor P, que, como se sabe, son la base de la investigación científica en ingeniería.

Dado que estos conceptos se dan en poco tiempo (una semana), los alumnos arrastran un déficit en su

interpretación y desconocimiento de su uso en la Ingeniería. Las cartas de control que en realidad constituyen una prueba de hipótesis gráfica, permiten que los alumnos incorporen el concepto en forma integral, lo interpreten acabadamente y puedan realizar las inferencias estadísticas útiles para su labor profesional.

Resolución de situaciones problemáticas

La resolución de los trabajos prácticos planteados por la cátedra se realizan en pizarrón y en hoja de cálculo (Excel), lo que produce que el alumno tenga un contacto directo con una herramienta de importancia fundamental en su trayectoria profesional. Actualmente, la presencia de la computadora en los programas educativos se ha vuelto una constante. En las últimas décadas, en los llamados países en desarrollo, el coeficiente de estudiante por computadora ha ido cambiando drásticamente, y las últimas estadísticas indican que en nuestro país es de una computadora por alumno (universitario).

De la misma forma en que ha aumentado la disponibilidad de computadores en la educación y en sus programas, también lo ha hecho su uso. En la actualidad, es común que los programas y asignaturas en muchas instituciones de educación Básica y Media incluyan la utilización del procesador de texto, mientras que en el nivel medio superior

les soliciten el usar CD ROMS, o bien el navegar en la Red.

Las calculadoras, el software de herramientas del computador y otras tecnologías ayudan en la recolección, grabación, organización y análisis de datos. Aumentan además la capacidad de hacer cálculos y ofrecen herramientas convenientes, precisas y dinámicas que dibujen, grafican y calculan. Con estas ayudas, los estudiantes pueden extender el rango y la calidad de sus investigaciones estadísticas y simular procesos para conocer más acerca del comportamiento de las variables estocásticas.

Las nuevas tecnologías han venido a cambiar por completo el panorama tradicional de como se hacían, se veían y se enseñaban los principios de la estadística, de la probabilidad y por añadidura del Control Estadístico de los Procesos. Insertarse en este nuevo paradigma implica realizar profundos cambios en nuestros programas educativos, reconociendo la mediación que juega la computadora en la relación cognitiva que se establece entre sujeto y objeto del conocimiento.

La hoja de cálculo puede convertirse en una poderosa herramienta para crear ambientes de aprendizaje que enriquezcan la representación (modelado), comprensión y solución de problemas, especialmente en nuestras áreas de interés. Con ella se puede tabular información y realizar cálculos mediante formulas,

además de la graficación de datos, permitiendo crear y hacer uso de simulaciones que posibilitan a los estudiantes realizar representaciones que permiten construir un puente entre las ideas intuitivas y los conceptos formales.

La hoja de cálculo de Excel, ha cumplido perfectamente con estas condiciones y, si tomamos en cuenta que por formar parte del paquete integrado Microsoft Office (en cualquiera de sus versiones), se encuentra prácticamente a la mano de cualquier estudiante, lo que le ha permitido permanecer debido a su sencillez, disponibilidad y relación calidad/precio como una herramienta idónea tanto para estudiantes y usuarios principiantes, como para profesores y usuarios avanzados, que deseen realizar un análisis estadístico.

Cabe señalar algunas de las ventajas que hemos identificado en la práctica, al trabajar procedimientos estadísticos:

- Las funciones utilizan una sintaxis común de acuerdo al nombre de estas, olvidándose de aquella típica de programación.
- Al utilizar funciones de aplicación inmediata optimizan la funcionalidad.
- Al aplicar las funciones se realiza la retrolimentación de conceptos a través de sus cuadros de diálogos.
- El programa integrado de Office por sí mismo ofrece una gran ayuda.

- Tiene una capacidad gráfica muy variada, que permite trabajar en cualquiera de las etapas de un análisis estadístico y del control de procesos.
- Tiene la posibilidad de automatizar cualquier tarea repetitiva a través del uso de macros de fácil aplicación.

También se tiene que considerar que la instalación del programa mismo es muy sencillo, requiriendo características mínimas muy básicas, que se encuentran prácticamente disponibles en cualquier computadora actualmente, y por si fuera poco, el programa no ocupa mucho espacio en el disco duro y por ende no necesita demasiada memoria para funcionar.

Como una bondad adicional, Microsoft Excel incluye un comando para el análisis de datos, dentro de las «herramientas para análisis», que se pueden utilizar para análisis estadísticos más complejos y avanzados. Su uso es poco común, pues en la mayoría de las ocasiones, al instalarse Excel no se tiene el cuidado de instalar todas las funciones dentro de las «herramientas» en forma completa y, con ello, la opción de «Análisis de datos», perdiendo la oportunidad de utilizar un medio muy poderoso para el análisis dentro de la estadística.

Por último, se debe mencionar que ante el uso de un programa informático para el análisis estadístico, el que sea, se deben realizar algunas consideraciones más allá

del uso de herramientas propias en la educación.

Si bien la computadora y los softwares estadísticos pueden y deben incluirse dentro de los programas de estadística como un instrumento de cálculo y representación gráfica, para analizar tanto los datos colectados por el estudiante mismo como aquellos proporcionados por el profesor; se debe preparar a los alumnos para recolectar, organizar, editar, almacenar, representar y analizar sistemas de datos con la computadora, cuya complejidad sea adecuada a su realidad.

Sistema de autogestión

Por otro lado, el sistema de autogestión implementado en nuestra facultad es de gran utilidad para organizar el trabajo de la cátedra. En el sistema se pueden colocar apuntes, planificación cuatrimestral, con la fecha de las evaluaciones, aconsejar bibliografía a los alumnos y papers de las revistas especializadas, llevar estadísticas y obtener conclusiones, a partir de los datos.

Salidas de campo

Los alumnos de la cátedra deben realizar dos salidas de campo durante el cursado de la asignatura. En una de ellas deben realizar una entrevista a un responsable de calidad de alguna empresa de nuestro medio. En ella indagan sobre el estado

de calidad de los procesos de la organización, sobre la certificación y/o acreditación de alguna norma de calidad y sobre el uso de herramientas estadísticas en todo el proceso. En la segunda salida deben tomar medidas en algún proceso y elaborar herramientas estadísticas de control, vistas durante el cursado de la asignatura, ya sea cartas de control, gráficos para la mejora continua o diseño de experimentos.

El desafío es que, además de tomar contacto con un sistema de calidad (ya sea de un proceso productivo, laboratorio de ensayos y/o calibración, empresa de servicios o un sistema de salud), el alumno aprenda a actuar como un analista del sistema elegido. La captura del conocimiento es un problema en sí mismo, ya que no siempre está disponible en un formato que pueda ser usado por el analista, por lo tanto, no es fácil generar conocimiento desde su fuente, especialmente cuando la fuente es un «experto» humano. Además, el alumno debe aprender a documentar formalmente todas las etapas realizadas.

Para el desarrollo del trabajo se han considerado los siguientes aspectos académicos y humanos, luego de haber probado diferentes metodologías y estrategias (se dicta la materia desde el año 2002):

- Relacionar los temas con la realidad del futuro profesional.
- Motivar a los alumnos para la investigación dentro de un sistema de calidad.

- Interactuar con otros profesionales de la calidad a igual nivel.
- Trazar las pautas o pasos que los alumnos deberán realizar para llegar a un modelo conceptual de la institución (a partir del cual los alumnos podrán concretar o terminar el trabajo) ya que el objetivo de máxima es el control total o parcial de los procesos de la organización.
- Documentar el trabajo
- Definir el estado de los pocos en cuanto a si se hallan dentro o fuera de control estadístico.

Se describe a continuación la cronología del trabajo a realizar por los alumnos.

- a. Formar grupos de 3 a 5 integrantes.
- b. Elegir el sistema a controlar.
- c. Investigar en la Internet lo relativo al tema.
- d. Hacer la primera visita (entrevistas, observación del lugar, información escrita, etc. Se recomienda a los alumnos que las visitas las haga todo el grupo porque así es más fructífera).
- e. Realizar el trabajo de campo propiamente dicho.
- f. Escribir el informe en base a un formato establecido, que debe incluir: carátula, índice, Introducción, características de la organización, diagrama de flujo del o de los procesos principales, elección donde se ubicarán las cartas de control o se obtendrán los gráficos para la mejora continua, mediciones propiamente

dichas, construcción de cartas de control o gráficos, obtención de conclusiones.

Los alumnos han realizado más de 60 trabajos en los sitios de operación de las distintas organizaciones visitadas, con resultados altamente satisfactorios. Por un lado, han podido interactuar con los responsables de calidad de las empresas, con el consiguiente enriquecimiento que todas las relaciones humanas y profesionales traen consigo. Por otro lado, han relevado in situ sus futuros lugares de trabajo profesional, conociendo más de cerca el probable desenvolvimiento que les cabrá como ingenieros. También les permite reconocer la importancia fundamental que ha adquirido en los últimos años el control de calidad y el uso de las herramientas estadísticas para tal fin.

Conclusiones

En este trabajo se han presentado los conceptos renovados y las metodologías procedimentales que se han incorporado en los últimos años en la enseñanza del Control Estadístico de los Procesos (de la calidad), con el objetivo de mantener actualizado al futuro ingeniero en tiempo real, con la consiguiente ventaja para desarrollarse en el mundo laboral. Los nuevos conceptos metrológicos permiten pronosticar el nacimiento de un nuevo paradigma que reemplaza a la clásica teoría de los errores. Esta nueva teo-

ría, la teoría de la incertidumbre de la medición, obliga a mirar la variabilidad de las mediciones y, por ende de los procesos, con otra perspectiva, que permita desenvolverse en un mundo globalizado e intercomunicado. La utilización de las tecnologías de la información y la comunicación han permitido desarrollar más eficazmente los programas educativos y cumplir con las planificaciones realizadas al comenzar el ciclo lectivo. El uso y manejo de computadoras con sus paquetes estadísticos han permitido alcanzar los objetivos que nos proponemos en cuanto a manejar información y resolver situaciones problemáticas idénticas a las encontradas en la faz laboral. Con la realización de las

salidas de campo, se ha conseguido que los alumnos se conecten con los responsables de calidad de las empresas donde luego desarrollarán su labor profesional, y esta interacción ayuda a la mejor comprensión de los procesos y del control de la calidad. Los resultados obtenidos se evalúan a través de las encuestas realizadas a los alumnos, antes de comenzar a cursar la asignatura y al finalizar la misma, de las calificaciones obtenidas y de los trabajos presentados.

También se consulta con los egresados que se hallan insertos en el campo laboral. En todos los casos, las referencias son altamente positivas y motivan a seguir trabajando en la misma dirección.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANKS, Jerry. *Control de Calidad* Limusa. 1998.
- FEIGENBAUM, A.V., *Total Quality Control: Engineering and Management*, N. Y.: MacGraw Hill, 1998
- Internacional Organization for Standarizacion, Accuracy (Trueness and Precision) of Measurement Methods and Results ISO Guide 5725-3 ISO, Geneva (1994).
- IRAM 301. ISO/IEC 17025 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. Cuarta Edición (2005)
- MONTGOMERY, Douglas. *Design and Analisis of Experiments* 5TH Edition John Wiley EEUU, 1997.
- MONTGOMERY, Douglas. *Control Estadístico de la Calidad*. Limusa Wiley Tercera Edición, 2008.
- PRIETO CASTILLO, Daniel *Especialización en Docencia Universitaria. La Pedagogía Universitaria*. Mendoza, Argentina: EDIUNC , 1998
- SÁNCHEZ PÉREZ; A. M. y CaARRO, J: *Consideraciones sobre los errores de medida*, Novamáquina 2000, N° 62, 16-20