

ANÁLISIS SOCIOEPISTEMOLÓGICO DE LOS PROCESOS DE MATEMATIZACIÓN DE LA PREDICCIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

Eduardo Ortiz Hernández, Germán Muñoz Ortega

Universidad Autónoma de Chiapas. (México)

pitagoras31@hotmail.com ; yaltzil@unach.mx

Campo de investigación: socioepistemología. Nivel educativo: superior

Palabras clave: administración, calidad, predicción, estadística, socioepistemología

Resumen

Los procesos de modernización en el mundo industrial que han generado mayor productividad están anclados en el empleo de los métodos estadísticos. Como se originó esta simbiosis y su relación con la variación y la predicción es una primera vertiente que revisamos en éste artículo. Explicamos como otros orígenes y desarrollos dieron lugar al cálculo de probabilidades y paralelamente destacamos como el método estadístico da sustento al surgimiento de las ciencias sociales relacionadas con el manejo de datos y toma de decisiones como lo son la demografía, la economía, las finanzas...Así, de acuerdo a nuestra investigación sostenemos que para lograr pensar estadísticamente en el contexto de la administración industrial se requiere como condición un análisis de los procesos de variación y cambio y las necesidades de predecir la evolución ulterior de las variables involucradas en un sistema industrial.

Introducción

Los nuevos desarrollos curriculares de las carreras de administración y contabilidad han incluido con mayor énfasis, la enseñanza de las matemáticas, en particular el cálculo de probabilidades y la estadística. Pero resolver problemas del plano inclinado en física o calcular las fuerzas de gravitación en la astronomía poco tiene que ver con las ciencias sociales, en particular con la administración y la contabilidad. Calcular el “progreso nacional” en términos de desarrollo económico e industrial es mucho mas complicado. Aquí están involucradas miles de voluntades humanas junto con sus miserias, los recursos naturales, las relaciones entre países, los efectos de las guerras y su efecto en los precios de las materias primas y muchos factores más. La administración es gobernar, regir, usar eficientemente los recursos de una empresa u organización para el logro de sus objetivos (Larousse, 2000). Es una ciencia compuesta de principios, técnicas y prácticas cuya aplicación a conjuntos humanos permite establecer sistemas racionales de esfuerzo cooperativo, a través de los cuales se pueden alcanzar propósitos comunes que individualmente no se pueden lograr en los organismos sociales. El estudio de la variación presente en la operación de los sistemas de producción industrial se logra mediante un método matemático nuevo por completo, el método estadístico (Gutiérrez & De la Vara, 2004).

Pero ¿cómo ha funcionado el cálculo de probabilidades y la estadística desde su origen hasta su época actual en la ciencia de la administración?, ¿De que forma se enseña en el ámbito escolar e industrial? Estos son aspectos que estudia la Matemática Educativa, ya que es su función explicar como se construyen estos conocimientos y como ingresan al sistema escolar. Entonces también nos preguntamos ¿Cómo el cálculo de probabilidades y la estadística que tienen sus orígenes en la práctica social de predecir, se integra a otras prácticas sociales en comunidades industriales asociadas a la administración de empresas? El marco teórico para revisar esta pregunta es la socioepistemología, que nos brinda una aproximación teórica cuya tesis primordialmente plantea dar cuenta del conocimiento a través de las prácticas sociales de los grupos humanos que los posibilitaron, y la transformación de estas prácticas cuando existe una intencionalidad para que el saber matemático ingrese al sistema didáctico (Arrieta, 2003).

Algunas investigaciones en socioepistemología han dado evidencia del papel crucial de la predicción en la reconstrucción del Cálculo diferencial e integral con fines de enseñanza (Alanís, 1996; Cantoral, 2001; Muñoz, 2005).

A través de esta aproximación teórica planteamos la hipótesis de que: La matemática que utiliza la ciencia de la administración en especial la probabilidad y la estadística están ligadas a la predicción como práctica social y a los procesos de variación y cambio en los sistemas industriales. Reportamos algunas evidencias que hacen plausible nuestra hipótesis a través de analizar tres líneas de desarrollo histórico de la probabilidad y la estadística: a) el control estadístico de calidad, creado en el mundo de la industria como respuesta a los problemas de producción generados por la variación en los procesos b) El desarrollo del cálculo de probabilidades como una rama de la matemática a partir de los juegos de azar y c) las aplicaciones estadísticas en el universo de las sociedades humanas: la demografía, la economía, las finanzas (y demás ciencias sociales) que dan a la estadística el estatus de ser una ciencia vital para el funcionamiento del Estado y el diseño de las políticas públicas.

Calidad y administración industrial: antecedentes históricos

En la época artesanal el concepto de calidad estaba asociado con hacer las cosas bien y ello independientemente del costo o esfuerzo del artesano. Esto implicaba reconocer al artesano por el trabajo bien elaborado y se creaba un producto único.

En la Revolución Industrial se trataba de satisfacer los nuevos mercados con gran demanda de bienes y esto implicaba producir mucha mercancía no importando su calidad. En esta etapa de la historia se identifica calidad con producción.

La Segunda Guerra Mundial modifica el concepto de la calidad: se trata de que el armamento sea eficaz pero además que se produzca en forma masiva, en la cantidad y en el momento preciso. En la Posguerra hay que diferenciar lo que ocurre en Japón y en el resto del mundo. En Japón gracias al trabajo de dos matemáticos norteamericanos Joseph Juran y Edwards Deming, la calidad implica hacer las cosas bien a la primera vez reduciendo las variaciones en los procesos y los costos y de acuerdo a los requisitos del cliente. Esto para ser cada vez más competitivos. En el resto del mundo se trata de satisfacer la gran demanda de bienes después de la guerra ante el crecimiento de las economías europeas y norteamericanas.

Aparece el control de calidad como una técnica de inspeccionar la producción para impedir la salida de producto defectuoso. Se trata de cumplir con los requerimientos técnicos del producto.

La Calidad Total es una teoría administrativa en que se combinan el conocimiento y la acción. Exige trabajo en equipo de todos en la empresa. Su objetivo es la permanente satisfacción del cliente tanto externo como interno. Empieza con educación para todos y termina con educación para todos. Promueve la mejora continua (Cimat, 2005; Evans & Lindsay, 2005).

Génesis histórica de los métodos estadísticos en las ciencias sociales

En el siglo XVII inician las aplicaciones estadísticas a las ciencias sociales. El señor John Graunt acaudalado propietario inglés inicia el registro de información demográfica que parecía tener un comportamiento puramente al azar, pero al ser analizados por Graunt presentan una sorprendente regularidad. Todo ello John Graunt lo procesó en 1662 en su histórico texto “Observaciones naturales y políticas...basadas en los registros de mortalidad” -Natural and political observations...upont the bills of mortality- , (citado en Kline, 2000 p. 497).

Graunt abre las ciencias sociales al método estadístico, al método científico, y con ello la estadística hace honor a su nombre, datos para el Estado, paralelamente funda una de las ciencias básicas para el diseño de políticas públicas, la demografía.

En el siglo XIX L.A.J. Quetelet elaboró y empleo métodos estadísticos adaptados a las investigaciones sociales y sociológicas. En 1848 presenta ante la Real Academia de Bélgica su memoria *De las estadísticas de la moral*.

Morris Kline en su excelente texto de las Matemáticas para Estudiantes de Humanidades plantea una pregunta que hace la diferencia entre las grandes áreas de la matemática y la Estadística en cuanto al método científico de trabajo:

¿En qué difiere el método estadístico del método deductivo?

El enfoque estadístico de un problema es antes que otra cosa una confesión de ignorancia. Cuando ni los experimentos, ni la observación, ni la intuición nos conducen a los principios fundamentales que pudieran utilizarse como premisas para desarrollar cadenas de razonamiento, nos volvemos a los datos y tratamos de recoger cuanta información sea posible sobre lo que ha ocurrido. Quizás, remata Kline, "...la diferencia más importante entre el método deductivo y el método estadístico se halle en que este último nos dice lo que ocurre con grandes grupos pero no permite hacer predicciones definidas sobre lo que ocurrirá en un caso dado, particular, mientras que el primero predice precisamente lo que debe ocurrir en cada caso..." (Kline, 2000).

El origen de la probabilidad

La historia refiere que un jugador llamado el Chevalier de Méré, en el siglo XVIII quería obtener algunos informes sobre el juego de dados y estableció contacto con Blais Pascal, un apacible y religioso personaje, alejado del mundo de los juegos de azar, el que a su vez, escribió al celebre Pierre Fermat, consejero parlamentario de la ciudad de Toulouse, y es en ésta correspondencia donde surgió por primera vez la teoría de las probabilidades. Mark Kac en su excelente texto escrito para la colección de Scientific American llamada Matemáticas en el Mundo Moderno nos detalla lo que siguió después con las probabilidades. Dice Kac que Laplace desarrolla la teoría de las probabilidades sobre el análisis combinatorio, que se denomina a veces "contar sin contar", y escribe su libro Teoría Analítica de las Probabilidades en el que trata de fundamentar la nueva ciencia. Pero después de este autor, el interés por esta ciencia casi desapareció por completo en todo el siglo XIX y las primeras dos décadas del siglo XX como disciplina matemática (Selecciones de Scientific American, 1974).

Un nuevo lenguaje industrial: su majestad la estadística

En el área industrial y específicamente en el de las empresas de manufactura se define calidad como el resultado deseable de una práctica de ingeniería y manufactura, es decir, de cumplimiento de especificaciones. Las especificaciones son metas y tolerancias determinadas por los diseñadores de los productos y de los servicios.

La variación en los procesos se presenta debido a diversos factores que se resumen en las 6M's: materiales, máquinas, medición, mano de obra (gente), métodos y medio ambiente. Estos factores sufren desajustes a través del tiempo producto de la operación, afectando al proceso en general.

Existen dos tipos de variaciones, la variación común e inherente al proceso, es al azar y es la que se presenta día a día, jornada tras jornada, lote a lote; la aportan las 6M's en su diario accionar. A largo plazo representan una mayor oportunidad de mejora ya que la acumulación

de pequeñas variaciones que generan las 6M's son bastante difíciles de poder detectar y eliminar. El otro tipo de variación se le llama variación por causas especiales o atribuible, la cual es provocada por situaciones o circunstancias especiales que no son permanentes en el proceso, por ejemplo, la acción de un operario que no está capacitado, o el uso de materiales defectuosos en el proceso. Las causas que provocan estas variaciones se pueden localizar y eliminar mediante herramientas estadísticas, en virtud de su naturaleza relativamente discreta. Un proceso que está en Control Estadístico es aquel que trabaja solo con causas comunes de variación o que su variación a través del tiempo es estable.

“La predicción del futuro inmediato del proceso es en el sentido de que su tendencia central y la amplitud de su variación se espera que se mantengan al menos en el corto plazo, esto independientemente de que su variación sea mucha o poca. Un proceso en el que se presentan causas especiales de variación se dice que está fuera de control estadístico (es inestable). Este tipo de procesos no son predecibles, son impredecibles sobre el futuro inmediato porque en cualquier momento pueden aparecer de nuevo esas situaciones que tienen un efecto especial sobre la tendencia central o sobre la variabilidad” (Gutiérrez & De la Vara, 2004).

Cuando no se sabe distinguir sobre estos tipos de variación se cometen serios errores en la operación en la planta y la estadística nos dice que se presentan dos tipos de errores: el error tipo I (alfa) y el error tipo II (beta).

El error tipo I: se presenta al confundir el efecto o cambio como provocado por la variación especial cuando en realidad es producido por una variación de naturaleza común.

El error tipo II: Tratar un efecto o cambio en el proceso como si fuera variación común cuando en realidad es provocada por una causa especial o asignable, como también se le llama.

Estos errores, como todos los errores, son costosos. Se puede evitar uno u otro, pero no se pueden eliminar ambos. Y para no cometerlos, el doctor Walter Shewhart creó en 1924 las cartas de control.

La presencia de variación y por ende la presencia de estos errores en el mundo de las actividades de la planta industrial genera reacciones que tienen que ver con los hábitos de acción y dirección, es decir, con la praxis y la toma de decisiones.

Cuando se presenta el error tipo I hay generalmente una sobre reacción, se actúa con las vísceras y todos corren ante la presencia de cambios, hay enojo y reclamo a los trabajadores ante cualquier problema que se presente. Se ignora que las soluciones del grueso de los problemas en una organización están fuera del alcance de los trabajadores (Gutiérrez & De la Vara, 2004).

Las consecuencias de todo esto es que se van a atacar los efectos provocados por las variaciones, pero inevitablemente los problemas se van a volver a presentar, produciendo más deterioro del clima de trabajo y de la producción. Es un círculo vicioso infernal que va destruyendo las capacidades de acción positivas sobre las causas reales. Cuando se presenta el error tipo II, aparece el Departamento de Ingeniería o Departamento Técnico para “ajustar” un proceso incapaz que se sale de especificaciones ante una variación excesiva de una variable, lo cual genera más variabilidad.

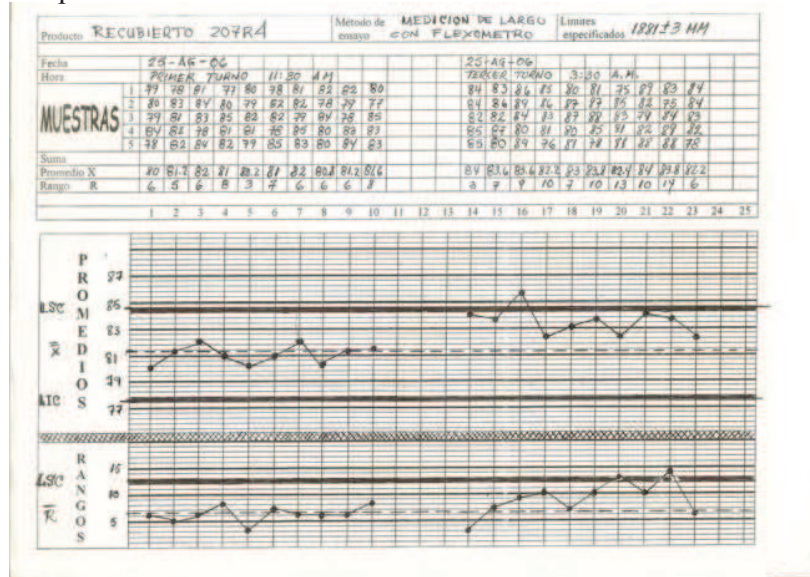
La alta administración tiene que hacer un alto y preguntarse ¿Qué efecto tiene lo que se hace? Y entonces comienza a aparecer esa distinción que caracteriza a la variabilidad, la de ser especial o común: Los problemas presentes se deben a una situación especial o son parte de una problemática general y común que prevalece en toda la empresa.

Las respuestas a estas preguntas solo es posible darlas utilizando como herramienta el pensamiento estadístico y el enfoque de procesos, en donde más que atender el resultado hay que atender y entender el proceso que los genera, trabajando para modificar el sistema, tomando en cuenta las variaciones usando para ello la herramienta de las cartas de control estadístico de procesos.

Vamos a ilustrar el proceso de aplicar la carta de control a un proceso de fabricación del piso de una llanta para automóvil, también llamado recubierto, efectuado en la Compañía Hulera Euzkadi. La dimensión de la longitud es clave en el proceso de construcción de la llanta, ya que excesivas variaciones generan llanta defectuosa con balanceo fuera de especificación. Se toman 5 mediciones por muestra o subgrupo a lapsos de 5 minutos, de tal manera que por cada muestra se tendrá una media y un rango que nos informarán sobre la tendencia central y la variación.

En la carta X se analiza la variación entre las medias de los subgrupos, para detectar variación excesiva o cambios en la media del proceso. La carta R revisa la variación entre los rangos de los subgrupos, y esto nos permite detectar cambios en la amplitud o variación del proceso.

Cuando indicamos que un proceso es estable quiere decir que el proceso es predecible sobre el futuro inmediato. La forma de operar con las gráficas es la siguiente: iniciamos el muestreo de subgrupos de tamaño cinco en un turno y con un operario que nos garantizan un proceso “limpio”, centrado y en control estadístico, predecible y con poca variación. A cada subgrupo le calculamos su media y su rango, luego calculamos el promedio de los promedios y el promedio de los rangos. Con base en el promedio de los promedios calculamos los límites de control superior e inferior de la gráfica de promedios y los límites de control de la gráfica de rangos. Los límites de control son las líneas oscuras que resaltan en la gráfica de abajo. Cartas con los límites trazados se entregan a los operarios para que controlen sus procesos. Ellos deberán tomar muestras cada cierto periodo de tiempo y verificar que sus promedios y sus rangos se encuentran dentro de los límites trazados, si no es así estamos ante la presencia de variación asignable o especial.



Veamos la siguiente parte de la gráfica que corresponde al turno de la madrugada, la media del proceso se movió y se encuentra por encima de la media exigida y esto está siendo provocado por variación excesiva en las longitudes de los recubiertos según nos refleja la

gráfica de los rangos. La tendencia es a dispararse hacia arriba del promedio de 1881 mm con variaciones a partir de los cinco mm entre mediciones. Estamos ante un proceso fuera de control estadístico y que requiere acción inmediata. Los cálculos para el caso del recubierto de la llanta arrojaron los siguientes resultados:

$$\bar{x} = 81.1, \bar{R} = 6.1, LSC_{\bar{x}} = 84.61, LIC_{\bar{x}} = 77.58, LSC_R = 12.89, LIC_R = 0$$

Conclusiones

En esta primera aproximación a los procesos de construcción de la probabilidad y estadística en sus vertientes históricas aquí reseñadas y que son fundamentales para entender su praxis y uso en la toma de decisiones en el mundo de hoy, hemos encontrado una ciencia matemática que vive fuera del mundo escolar y en acción ante la modelación de la evolución ulterior de los sistemas, así sea en la industria como en los servicios o en las áreas de competencia del Estado y sus políticas públicas. Un fenómeno que hemos hallado es la presencia de comunidades que articulan su práctica utilizando como lenguaje común la estadística. Ishikawa (1997) lo resume muy bien: “Hablemos con datos...” dice, y continúa “...utilicemos los métodos estadísticos”. En estas comunidades lo que ocurre es que no basta con conocer las herramientas y métodos estadísticos. Como dice Juran, hay que entender el papel de la estadística en las decisiones administrativas y esto solo se logra si los administradores piensan estadísticamente (Evans & Lindsay, 2005). Así de acuerdo a nuestra investigación para lograr pensar estadísticamente, en el contexto de la administración industrial, se requiere como condición un análisis de los procesos de variación y cambio y las necesidades de predecir la evolución ulterior de las variables involucradas en un sistema industrial, lo cual permite la construcción de éste herramental matemático nuevo (la estadística como lenguaje industrial) cuya significación está íntimamente ligada a las ciencias sociales y los sistemas industriales.

Referencias bibliográficas

- Alanís, J. A. (1996). *La Predicción: un hilo conductor para el rediseño del discurso escolar del Cálculo*. Tesis de doctorado, Cinvestav-IPN, México.
- Arrieta J. (2003) *Las prácticas de modelación como procesos de matematización en el aula*. Tesis de doctorado no publicada. Cinvestav. México.
- Cantoral, R. (2001). *Matemática Educativa: Un estudio de la formación social de la Analiticidad*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Cimat, (2005). Evolución del concepto de Calidad. Boletín Informativo No.12 en www.cimat.mx (versión de julio).
- Evans J. & Lindsay W. (2005). *Administración y Control de Calidad*. México: Thompson Editores.
- Gutiérrez H.& De la Vara R. (2004). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: McGraw Hill.
- Ishikawa, K. (1997). *¿Qué es el control total de calidad?*. Bogotá: Ed. Norma
- Kasner & Newmann.(1981) *Matemáticas e Imaginación*. México: CECSA.
- Kline, M. (2000). *Matemáticas para los estudiantes de Humanidades*. México: FCE-Conacyt.
- Larousse, (2000). *Diccionario Larousse*. México: Larousse.
- Muñoz, G. (2005). Naturaleza de un campo conceptual del Cálculo infinitesimal: una visión epistemológica. *Acta Latinoamericana Matemática Educativa*18,589-595.
- Selecciones de Scientific American, (1974). Con introducciones de Morris Kline. *Matemáticas en el Mundo Moderno*. Madrid: Editorial Blume.