

ESTABILIDAD, VARIABILIDAD Y DESARROLLO DEL PENSAMIENTO ESTADÍSTICO EN SITUACIONES DE MODELACIÓN GRÁFICA. UN ESTUDIO DE CASO EN INGENIERÍA QUÍMICA

Leslie Mariel Torres Burgos – Eddie de Jesús Aparicio Landa
leslie.torres@correo.uady.mx – alanda@correo.uady.mx
Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Yucatán, México

Núcleo temático: Enseñanza y aprendizaje de la Matemática en las diferentes modalidades y niveles educativos

Modalidad: CB (Comunicación Breve)

Nivel educativo: Formación profesional

Palabras clave: Pensamiento estadístico, modelación gráfica estadística.

Resumo

Se reporta que las nociones de estabilidad y variabilidad de datos estadísticos presentes en la práctica profesional de un ingeniero químico industrial en el área de diagnóstico de transformadores eléctricos, son y proveen de elementos centrales para el desarrollo del pensamiento estadístico. Esto con base en la observación de la práctica y de los diálogos establecidos con el ingeniero químico, en la que se reconoce que la movilización de dicho pensamiento está acompañada por un método de análisis centrado en el uso e interpretación de datos y variables aleatorias en forma gráfica.

Se evidencia que el desarrollo de un pensamiento estadístico y uso de las gráficas forman parte de un proceso de modelación (modelación gráfica estadística), proceso que deviene de la necesidad de estudiar situaciones de inestabilidad en un sistema de variaciones. Particularmente se detectó que el pensamiento estadístico movilizado en contextos reales, se caracteriza por la capacidad para hacer interpretaciones, establecer correlaciones, predicciones y tomar decisiones ante un sistema de variaciones, con la intención de reconocer estabilidad en lo variable.

Introducción

El estudio del desarrollo del pensamiento estadístico tiene como elemento constitutivo la noción matemática de variabilidad. Son diversos los autores (por ejemplo, Fernández, Andrade y Sarmiento, 2009), quienes coinciden al identificar que la noción de variabilidad es el elemento central del pensamiento estadístico; pues se considera que en su desarrollo se ven implicados procesos de análisis y cuantificación de la variabilidad, estudio del comportamiento de datos, la construcción de modelos con los cuales realizar

interpretaciones, inferencias y predecir resultados, entre otros procesos (Batanero y Díaz, 2004).

Adicional a esto, Wild y Pfannkuch (1999), mencionan que poseer un pensamiento estadístico consiste también en formar y transformar representaciones de datos para comprender un sistema, analizar la variabilidad para predecir, explicar y controlar datos o variables en una situación, modelar la variación, generar modelos estadísticos o con componentes de aleatoriedad, producir inferencias o conjeturas, conectar el conocimiento del contexto con el análisis de datos para interpretar su significado y tomar decisiones bajo incertidumbre.

Dicho así, el propósito del estudio fue precisar en qué medida las nociones de estabilidad y variabilidad asociadas a la práctica profesional de modelación gráfica estadística, aportan elementos para el desarrollo del pensamiento estadístico.

Marco Teórico

Diversos autores como Aparicio, Sosa, Jarero y Tuyub, (2010), afirman que el estudio de la actividad profesional, permite identificar al conocimiento matemático en uso, su funcionalidad; es decir, las formas en que dicho conocimiento se integra a la vida de las personas para transformarla y reconstruir significados. Es así que se reconoce que el contexto de las prácticas profesionales es un medio de análisis para generar explicaciones y entendimientos respecto a las formas en que las personas piensan y actúan matemáticamente ante condiciones y circunstancias específicas de uso profesional del saber. Con base en tales afirmaciones, en el estudio se decidió analizar el contexto en el que un ingeniero químico moviliza su pensamiento estadístico ante condiciones y circunstancias específicas de incertidumbre e interpretación de información de datos estadísticos, para decidir sobre el correcto o incorrecto funcionamiento de transformadores eléctricos.

En este sentido, la investigación se desarrolló bajo la perspectiva teórica de la construcción social del conocimiento matemático o Socioepistemología. En la que se asume como tesis fundamental que el sentido, significado y funcionalidad de los saberes matemáticos construidos socialmente, están en estrecha relación con el contexto en el cual se desarrolla dicha construcción.

Visto así, el aporte de esta perspectiva teórica investigativa consiste en otorgarle un mayor protagonismo de análisis a las condiciones socioculturales en las que se lleva a cabo todo

proceso de construcción de conocimiento matemático. En consecuencia, en lugar de analizar conceptos matemáticos en construcción, se analizan prácticas, condiciones, circunstancias o en general, los contextos socioculturales en los que adquiere sentido y significado una noción matemática o una forma matemática de pensar.

Método

Se realizó un análisis cualitativo e interpretativo a través de un estudio de caso puesto que parte del interés estaba en comprender la particularidad del trabajo de un ingeniero químico (diagnóstico de transformadores eléctricos), para determinar qué aspectos o nociones involucradas en su práctica favorecen el desarrollo del pensamiento estadístico.

De esta forma, por el objetivo fundamental que se persigue, el trabajo se ubica en el estudio instrumental de casos, cuyo propósito es analizar para obtener una mayor claridad sobre un tema o aspecto teórico. Y por la naturaleza del informe final, el trabajo se clasifica en un estudio de casos interpretativo, el cual, aporta descripciones densas y ricas con el propósito de interpretar y teorizar sobre el caso. El modelo de análisis es inductivo para desarrollar categorías conceptuales que ilustren, ratifiquen o desafíen presupuestos teóricos difundidos antes de la obtención de la información. Así, la técnica de investigación consistió en un análisis de expresiones lingüísticas, por ejemplo, en entrevistas y en el desarrollo del que hacer del ingeniero.

Obtención de información

La obtención de información esencialmente se realizó durante toda una semana laboral ininterrumpida del ingeniero. Dicha información fue concentrada en notas de campo a partir de la observancia no participante en el contexto habitual de la práctica profesional de dicho ingeniero (su laboratorio). Posteriormente y con base en la información obtenida, se diseñaron e implementaron entrevistas orientadas esencialmente a entender el lenguaje y procedimientos propios de la ingeniería química industrial (método de diagnóstico), e identificar el tipo de matemática y pensamiento estadístico movilizados durante el proceso de modelación e interpretación de gráficas asociadas a la diagnosis.

Método de diagnóstico de los transformadores eléctricos

Durante el funcionamiento de un transformador se generan gases que en la diagnosis se consideran claves para la detección de fallas específicas. Por ejemplo, la presencia de Hidrógeno es un indicativo de un deterioro normal en su funcionamiento, si existe Etileno,

es un indicativo de sobrecalentamiento y, si hay Acetileno, entonces se presenta un Arqueo (falla grave en el equipo). Esos gases, junto con otros (Agua, Etano, Metano, Monóxido de Carbono (CO) y Bióxido de Carbono (CO_2)) se encuentran disueltos en el aceite del transformador, cada uno con distinto nivel de concentración. Así, el diagnóstico se realiza mediante la identificación de un cambio de tendencia a partir de un análisis gráfico de los niveles de concentración de los gases.

Es en este proceso de representación y análisis gráfico de información en donde la noción de variabilidad y estabilidad de un sistema de variables aleatorias adquiere especial relevancia para la toma de decisiones y la movilización adecuada de un pensamiento estadístico in situ. Pues en una situación ideal de funcionamiento es de esperarse que un transformador no presente niveles elevados de los gases clave, aunque como se ha mencionado, es posible que se formen, empero se asume que su concentración debe ser estable, es decir, su ritmo de incremento debiera ser lento y similar al resto de los gases considerados en el análisis. Por ejemplo, el CO y CO_2 al igual que el Metano, Etano y Agua, se producen por el propio envejecimiento del transformador, de manera que es normal que se presenten durante el análisis; sin embargo, su comportamiento también debe ser estable, es decir, con un ritmo de incremento lento y constante.

En la imagen 1, se muestran los modelos gráficos asociados a un desgaste natural en el transformador bajo condiciones ideales de concentración de los gases disueltos en el aceite.

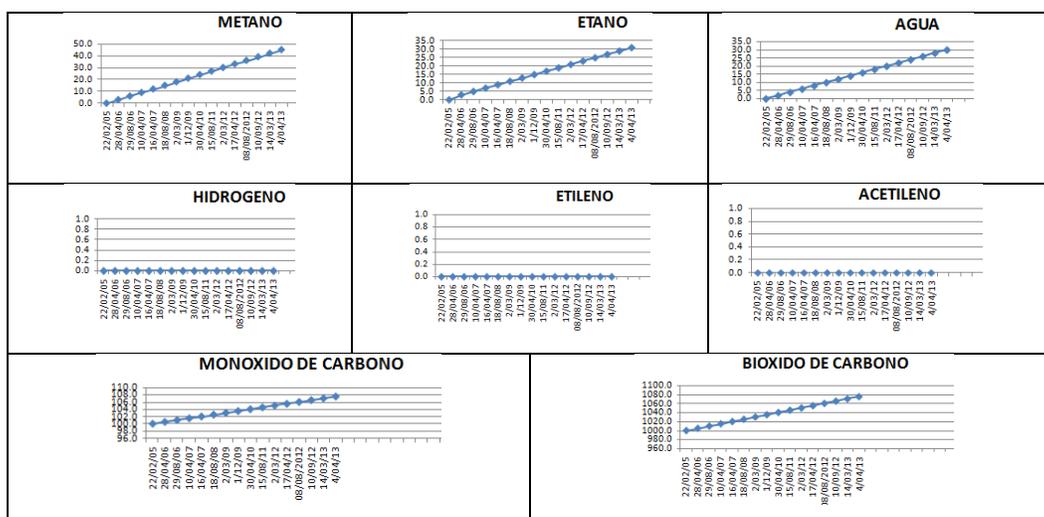


Imagen 1. Modelos gráficos del desgaste de un transformador en condiciones ideales

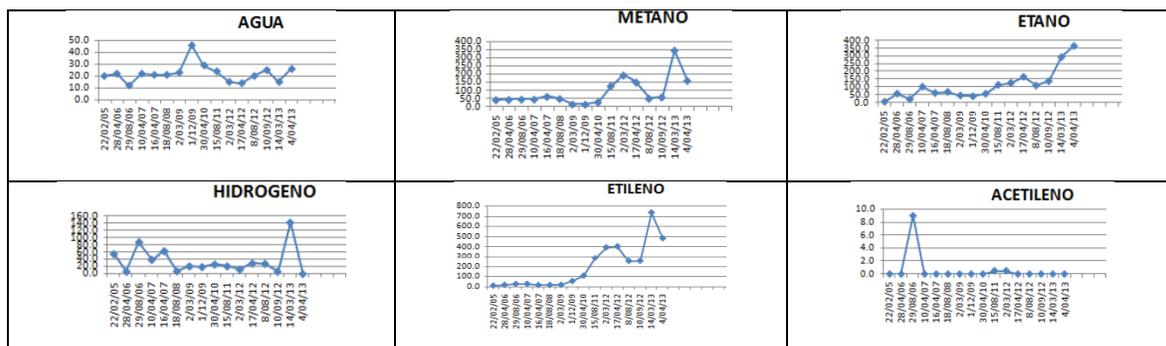
En estos modelos se observa la estabilidad de los gases de falla, y la estabilidad en el incremento de los otros gases (estabilidad como no incremento, estabilidad como variación constante). Cabe mencionar que estas gráficas no son reales, son solo una representación de las gráficas según las condiciones ideales que se esperarían en un transformador.

Datos y Resultados

Análisis de una situación de diagnóstico

Durante la etapa de observación se identificó que el ingeniero lleva a cabo su diagnóstico en dos fases de análisis, una a nivel macro y otra a nivel micro (global y puntual) del sistema de comportamiento gráfico de gases. En el nivel macro analiza el comportamiento de todos los gases en forma sistemática y en caso de detectar variabilidad poco usual, procede a realizar un análisis a nivel micro, es decir, analiza el comportamiento específico en cada uno de los gases. Con ello determina si los niveles de concentración presentan o no estabilidad dentro de todo el sistema de datos. En caso de no reconocerse tal estabilidad, se procede a realizar un segundo análisis a nivel macro para determinar la variación simultánea (correlación de variables) entre cada uno de los gases disueltos en el aceite, de esta manera poder identificar si la variación se debe a factores ambientales (en caso de que las variaciones sean similares en todos los gases) o es intrínseco al equipo.

Si bien como se dijo en el apartado anterior, se presupone un modelo gráfico ideal asociado al comportamiento de la concentración de gases disueltos en el aceite de un transformador eléctrico, en la realidad, las gráficas generadas con los datos muestran variaciones significativas debido a factores tales como el ambiente en el que se ubica el transformador, sobrecargas, entre otros. En la imagen 3 se presenta un ejemplo de modelos gráficos del desgaste de un transformador en condiciones reales, en donde el equipo presenta un problema específico.



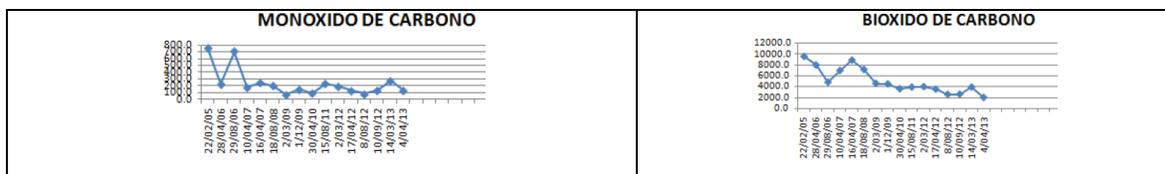


Imagen 3. Modelos gráficos de un transformador en condiciones reales que presenta un índice de falla

Desde una mirada global, se puede determinar que no se identifica una estabilidad en el comportamiento puntual de las concentraciones de gases; esto es, en todas las gráficas se observa variabilidad. Por ejemplo, en la gráfica correspondiente al acetileno se observa un incremento de 9 ppm, sin embargo, no continúa el incremento, sino que regresa a la estabilidad, lo que indica que no hay un problema de arqueo en el transformador ya que la concentración de este gas presenta estabilidad.

Por otro lado, haciendo un análisis de manera puntual del comportamiento de las concentraciones de hidrógeno (que indica descargas parciales), se observa que presenta incrementos no muy significativos, esto es, al principio de la gráfica tiene un crecimiento entre 100 y 160 ppm. Sin embargo, de manera global, los comportamientos de las demás gráficas como el bióxido, monóxido, etano, metano, tienen un comportamiento similar, además de que no se presenta un incremento en varios periodos de muestra. En contraste, el etileno si presenta incrementos en diferentes periodos de muestra seguidos, por lo que se concluye que éste gas presenta inestabilidad tanto a nivel micro como macro.

En el análisis del ingeniero se menciona que: *el gas etileno se incrementó al pasar el tiempo, se puede identificar un notable incremento en su concentración, en la fecha del treinta de abril de dos mil diez, tenía una concentración de 100 ppm y en la siguiente muestra del quince de agosto de dos mil once, tenía 300 ppm, por lo que en poco más de un año el incremento fue de 200 ppm, esta cantidad se considera un incremento considerable y por tanto, un indicativo de un posible calentamiento en el transformador. Continuando con el monitoreo del equipo se observa que los incrementos permanecen, ya que, en la siguiente muestra, a los 7 meses, hay un nuevo incremento de 100 ppm. Al siguiente mes se hace otro análisis y en este no hay mucha variación, por lo que parece que la velocidad de generación no es tan rápida. Cuatro meses después (el día ocho de agosto de dos mil doce), se toma una nueva muestra y al mes siguiente otra y en estas parece que hay un descenso en la*

concentración. Sin embargo, si se observan las gráficas de todos los gases, se identifica un descenso en la concentración, por lo que se considera que éste es ajeno al problema del transformador, pues ocurre de manera simultánea en todos los gases. No obstante, en la siguiente muestra, seis meses después, hay un incremento de 500 ppm. Por tal motivo el ingeniero determina que es momento de revisar el transformador por dentro ya que hay un “punto” caliente en el mismo.

Observaciones técnicas del ingeniero químico:

... en este equipo se está presentando un punto caliente, por la presencia de gas etileno, el cual se incrementó en el último análisis del mes de marzo.

En la situación de falla real del transformador presentada se observa que el énfasis en la práctica de análisis del ingeniero, está en la estabilidad de las variables del sistema que representan al funcionamiento del transformador.

Resultados a la luz del encuadre teórico

Con base en la observación de la práctica y de los diálogos establecidos con el ingeniero, se observa el despliegue de una forma de pensar estadística durante su práctica. Ejemplo de ello es que el proceso mental llevado a cabo por él, se caracteriza por el análisis o búsqueda de la estabilidad. Sin embargo, ante situaciones donde ésta se pierde, se realiza un análisis de la variabilidad en los datos, por lo que es necesario realizar ajustes en donde la variabilidad se considera constante. En consecuencia, el ingeniero trabaja sobre la variabilidad, reinterpretándola/reconfigurándola en una variabilidad aceptable, “normal” en relación a los datos, por tanto, no es significativa, y parece que los datos se comportan de manera constante. Si bien las mediciones arrojan datos de cada elemento del sistema, se recurre y es necesario entender las variables de todo el sistema. De este modo, la decisión (diagnóstico), no resulta a partir de los datos o más precisamente de su interpretación, sino de la reinterpretación de las variables y la correlación entre las mismas de manera que se explique algún nivel de la estabilidad; cognitivamente se trata de estabilizar lo variable. Es así que su práctica de diagnóstico incluye una confrontación de las nociones matemáticas de estabilidad y variabilidad.

De la forma en que el ingeniero usa, piensa o reinterpreta las gráficas, se identifica que su pensamiento y uso de las gráficas forman parte de un proceso de modelación, modelación gráfica estadística, la cual consiste en tomar datos (mayormente numéricos) de una situación,

organizarlos en forma sintética y visual para establecer o estudiar tendencias de estos, a partir de su especificidad o generalidad.

En toda esta práctica del ingeniero, el estado del transformador funge como una variable aleatoria que se analiza mediante un modelo gráfico estadístico, con el fin de interpretar el comportamiento de los datos para realizar inferencias, predicciones y tomar decisiones. Asimismo, se identifica a la estabilidad y al análisis correlativo de variables, como elementos referentes para la construcción de modelos estadísticos que favorecen el análisis e interpretación de lo aleatorio.

El análisis de situaciones de inestabilidad gráfica de datos aleatorios es el medio por el cual se favorece el establecimiento de correlaciones con la intención de reconocer cierto índice de estabilidad en las variaciones.

Conclusiones

El aspecto principal del pensamiento estadístico en la modelación gráfica de variables aleatorias fue la estabilidad, entendida como una forma de conocer y entender el equilibrio de un sistema; empero, es ante una situación o señal de inestabilidad que se decide estudiar el sistema de variaciones, en este caso específico, en los niveles de concentración de los gases, dando paso a un análisis correlativo.

El mecanismo usado por el ingeniero para establecer sus inferencias y decidir en consecuencia, consistió en la actividad de análisis comparativo entre gráficas y el correlativo entre las variables. En ello, la recolección, organización y graficación de datos obtenidos mediante muestreos estadísticos, forma parte de su práctica profesional, posibilitando la identificación y movilización de nociones medulares y formas del pensar estadísticamente tales como: estabilidad (o inestabilidad), variabilidad y el establecimiento de inferencias del comportamiento tendencial de datos en gráficas.

Así, se concluye que la estabilidad-inestabilidad y variabilidad de cambios simultáneos en los valores de variables aleatorias, son elementos indispensables en la modelación gráfica estadística de una práctica profesional, y en adición, son aspectos en los que se vislumbra una posible reinterpretación del uso de las gráficas, la graficación y modelación gráfica en la estadística escolar. Igualmente, son elementos que favorecen el desarrollo del pensamiento estadístico.

Referencias bibliográficas

- Aparicio, E., Sosa, L., Jarero, M. y Tuyub, I. (2010). Conocimiento matemático. Un estudio sobre el papel de los contextos. *Memoria de la XIII EIME*, 167-174. México.
- Batanero, C. y Díaz, C. (2004). El papel de los proyectos en la enseñanza y aprendizaje de la estadística. En Patricio Royo (Ed.), *Aspectos didácticos de las matemáticas* (125-164). Zaragoza: ICE.
- Fernández, F., Andrade, L. y Sarmiento, B. (2009). La idea de variación en la educación estadística. *Memorias VIII Encuentro nacional de educación matemática y estadística*. Colombia.
- Wild, C. & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223-265.