

Importancia del pensamiento estadístico en la ingeniería y su relación con el pensamiento complejo y creativo

González Lugo Luis José

<https://orcid.org/0000-0001-9933-4147>

lgonzalez@ingenieriala.com

Director de I+D+i

Ingeniería L.A SPA

Puerto Montt, Chile

Recibido (15/10/21), Aceptado (18/11/21)

I. INDICIOS DEL PROBLEMA

Tras 20 años de interacción con profesionales en entornos industriales en países de Suramérica como Venezuela, Costa Rica, Nicaragua, Guatemala y Chile; se ha evidenciado que luego de la masificación en el uso de los computadores personales, aproximadamente desde el año 2000, la educación universitaria en las áreas de las ciencias de la ingeniería ha dado mayor énfasis al aprendizaje del manejo de herramientas tecnológicas de moda que a la comprensión de los fundamentos de la ciencias de la ingeniería y su aplicación efectiva en la resolución de los desafíos que plantean las aplicaciones en el mundo real.

En este sentido, habiendo interactuado con un abanico de profesionales junior en distintas áreas de las ciencias de la ingeniería con un notable dominio en el uso de herramientas tecnológicas, se ha notado que dichos profesionales son capaces de materializar complejos diseños siempre y cuando el problema a resolver sea presentado a imagen y semejanza del entorno académico; es decir, un sistema aislado del entorno, bien delimitado y descrito en base a un modelo determinista [1]. Por lo que surge la percepción que, en este tiempo, se ha estado formando profesionales con muchas herramientas para la resolución de problemas en el menor tiempo posible, pero con el mínimo esfuerzo de razonamiento.

Lo cierto es que todos los sistemas del mundo real están interconectados y su comportamiento es, en el mejor de los casos, de tipo estocástico [2] [3], ya que otras veces su comportamiento es caótico. En todo caso, el comportamiento de los sistemas del mundo real por lo general dista lo suficiente de la simplicidad determinista de los casos de estudio regularmente analizados en el entorno académico, como para hacer dudar a los profesionales junior de sus conocimientos y habilidades.

Posiblemente esta sea una de las causas del sentimiento de frustración de muchos de los profesionales de las ciencias de la ingeniería en sus primeros años de ejercicio, y de la notable diferencia de desempeño con los profesionales senior, ya que estos últimos han desarrollado las habilidades necesarias para hacer frente a los complejos desafíos que plantean los sistemas del mundo real, los cuales demandan para su solución, además de habilidades netamente técnicas, las habilidades necesarias para visualizarlos desde la amplia perspectiva que aporta el marco del pensamiento creativo y complejo, con el fin de formular soluciones efectivas y eficientes a los desafíos tecnológicos inmersos en un entorno imperfecto.

Ahora bien, ¿cómo cerrar la brecha de desempeño entre un profesional de las ciencias de la ingeniería recién egresado y el desempeño de un profesional senior para formular una solución práctica y creativa ante un complejo desafío en la compleja, estocástica en interconectada realidad? Se somete a su juicio la siguiente propuesta.

II. HIPÓTESIS

Al propiciar el desarrollo del marco de pensamiento estadístico, a lo largo del proceso de formación de los profesionales en las ciencias de la ingeniería, se propiciará también el desarrollo de la habilidad profesional del pensamiento creativo y complejo para la resolución de problemas en el mundo real, disminuyendo así la brecha de desempeño entre un profesional junior y un profesional senior.



III.TESIS

A efectos de proceder a la fundamentación de la hipótesis anteriormente presentada, se realizará la deconstrucción de esta en los conceptos elementales que la componen mediante la proposición de una serie de preguntas generadoras, luego se analizará la interrelación entre los distintos elementos que componen la hipótesis y, finalmente, se reconstruirá la misma con el objetivo de asignarle un valor de verdad en un ejercicio intelectual puramente deductivo.

A continuación, se presentan las preguntas generadoras y con su correspondiente proposición de repuesta. Siendo la primera interrogante...

A.¿Qué es el pensamiento estadístico?

Para dar respuesta a esta interrogante se realizó una investigación bibliográfica para identificar quién fue la persona que presentó una definición del pensamiento estadístico y en qué contexto la realizó, en este sentido, se encontró que en 1990 Ronald D. Snee publicó un artículo titulado Statistical Thinking and Its Contribution to Total Quality [4], en dicho artículo Snee, en el contexto de la mejora de la calidad, define al pensamiento estadístico como un proceso de pensamiento que reconoce que la variación está a nuestro alrededor y que está presente en todo lo que hacemos; además el autor sostiene que todo trabajo es una serie de procesos interconectados, e identificar, caracterizar, cuantificar y reducir la variación brinda oportunidades de mejora, definición que Snee esquematizó en su artículo (ver Figura 1).

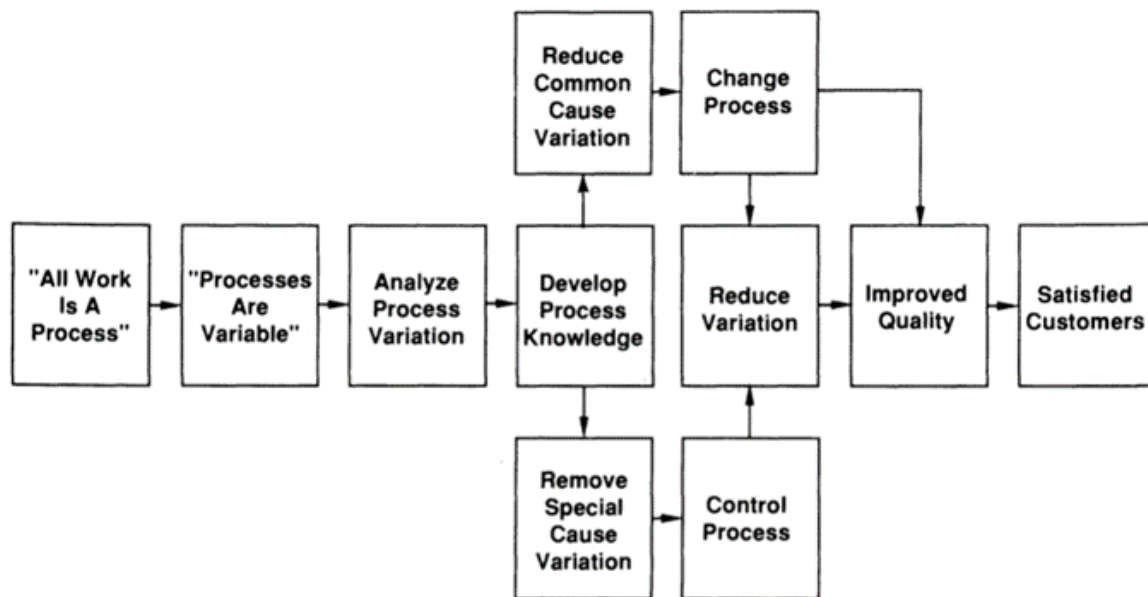


Fig. 1 - Pensamiento estadístico en la mejora de la calidad [4]

Nótese entonces que Snee [4] define el pensamiento estadístico desde la perspectiva de la mejora de la calidad de los procesos productivos como una oportunidad para lograr una mejor satisfacción de los clientes. Analizando esta definición puede identificarse tres características fundamentales del pensamiento estadístico:

- La variación está presente en todos los procesos.
- Todo trabajo es un proceso de sistemas interconectados.
- Identificar, caracterizar, cuantificar y reducir la variación brinda oportunidades de mejora.

En este sentido, el pensamiento estadístico puede conceptualizar como un marco de pensamiento que acepta que la variabilidad es omnipresente en todos los procesos del mundo real, que ella es capaz de propagarse a través de los diferentes procesos interconectados, y que la mejor manera de afrontar dicha variabilidad es estudiarla a profundidad con la intención de comprenderla y controlarla.

Ahora bien, una vez conceptualizado el pensamiento estadístico es importante caracterizar al mismo en el contexto de la investigación empírica, al respecto en [5] se identifican 4 dimensiones del pensamiento estadístico entre las cuales, a criterio del autor del citado texto, se encuentra inmerso el investigador empírico en todo momento: el ciclo investigativo, los tipos de pensamiento, el ciclo interrogativo y las disposiciones.

El ciclo investigativo PPDAC (Problem, Plan, Data, Analysis, Conclusions) parte con la definición del problema para luego dar paso a la formulación de las estrategias estadísticas para su resolución, luego se procede a la recolección, limpieza y preprocesamiento de los datos para dar paso a la exploración y análisis de los mismos, posteriormente el investigador empírico se da la tarea de interpretar los resultados, formular conclusiones y nuevas teorías en base a sus hallazgos y finalmente, y quizás lo más importante, se avoca a la divulgación de dichos hallazgos para que así sus esfuerzos contribuyan a la expansión del conocimiento. Nótese que este ciclo no es ajeno a las técnicas de análisis de fallas en procesos de mantenimiento de máquinas industriales, optimización de procesos productivos u optimización de servicios intangibles por citar algunos ejemplos.

Por su parte, la dimensión referida a los tipos de pensamiento hace referencia a ciertas habilidades como lo son: la anticipación de problemas, la construcción de modelos, el reconocimiento de la necesidad de contar con datos de calidad, la representación de dichos datos haciendo uso de múltiples técnicas, el uso de diversas estrategias de investigación, la contextualización del problema, entre otros; todas estas habilidades bien desarrolladas en los profesionales de las ciencias de la ingeniería con años de experiencia en el ejercicio de sus funciones.

Respecto al ciclo interrogativo GSICJ (Generate, Seek, Interpret, Criticise, Judge), este se presenta como un proceso complementario y paralelo al ciclo investigativo, inicia con la exploración de las alternativas de solución que pueden brindarse al desafío que se pretende abordar así como una especie de inventario de los requerimientos de información que se van a necesitar, luego se da paso a la búsqueda de dicha información para posteriormente procesarla con el fin de generar nueva información mediante un proceso de lectura, comparación, interconexión y síntesis, acto seguido se hace una revisión crítica de las ideas generadas por si mismo y por sus pares, y luego se decide las ideas a descartar y las ideas o el camino que se seguirá.

Finalmente, la cuarta dimensión del pensamiento estadístico hace referencia a las disposiciones que debe tener el investigador empírico, resaltándose actitudes como: escepticismo, imaginación, perseverancia, compromiso, búsqueda del significado esencial, apertura a nuevas perspectivas, curiosidad.

Estas 4 dimensiones por lo general se encuentran desarrolladas en mayor medida en los profesionales de las ciencias de la ingeniería con mayor experiencia en el ejercicio de sus funciones.

En este punto ya se tiene una idea más o menos elaborada de lo que representa el pensamiento estadístico, por lo que se dará paso a la siguiente interrogante...

B.¿Qué es el pensamiento complejo?

El pensamiento complejo tiene sus orígenes en los desafíos que plantea la descripción lógico-matemática del mundo real considerando la interconexión existente entre todas las cosas [6], algo muy correlacionado con el pensamiento estadístico por lo visto.

La necesidad de describir el mundo real y de predecir su comportamiento se remonta a la antigua Grecia, habiendo cierto consenso en señalar a Tales de Mileto (624 a.C.) como el primer científico de la historia occidental, pero el mayor auge de la ciencia se presentó a partir del Renacimiento (siglos XV y XVI), época en la que figuras como Copernico, Kepler, Galileo, Newton dan origen a lo que hoy se conoce como el método científico.

En la época del Renacimiento, uno de los principales desafíos a los que se enfrentaba la ciencia era el de poder describir y predecir el movimiento de los astros. Los filósofos renacentistas se enfrentaron a la teoría geocéntrica desarrollada por Claudio Ptolomeo en el siglo II, la cual ubicaba a la Tierra como el centro del Universo con el Sol y los demás astros girando a su alrededor. El modelo geocéntrico o ptolemaico había sido adoptado por la iglesia católica e impuesto por la élite gobernante, y tenía unos 14 siglos de consolidación cuando empezó a ser rebatido por los científicos renacentistas.

Pero el modelo geocéntrico presentaba notables inconsistencias y fue precisamente Copérnico en su obra *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, publicada en 1543, el que propuso un modelo más coherente que describía y predecía en mejor medida el movimiento de los astros ubicando al Sol en su centro.

A raíz de las ideas de Copérnico, Galileo empezó a percibir que la subjetividad del ser humano podría ser un problema para la ciencia por lo que se propuso la adopción de las matemáticas como el lenguaje y medio objetivo para describir la realidad, esto dio origen método científico y con ello al inicio de la ciencia determinista [7] [8].

De esta manera, a finales del siglo XVI, surgió la física como la primera de todas las ciencias deterministas, luego en el siglo XVII surgió la química siendo quizás la obra de referencia *The Sceptical Chymist* de Robert Boyle publicada en 1661, posteriormente surgió la biología en el siglo XIX y de allí en adelante las ramas del árbol de la ciencia no han dejado de crecer y expandirse, haciéndose también más fuertes sus raíces.

En la etapa determinista de las ciencias, uno de los objetivos principales fue la creación de modelos lógico-matemáticos que describiesen de manera práctica los fenómenos de la naturaleza y que permitiesen sobre todo predecir su comportamiento, así la cultura occidental tuvo la capacidad de predecir con exactitud el movimiento de los planetas, los eclipses, las mareas; aunque otras culturas como la egipcia y la maya ya habían desarrollado sus propios modelos para predecir estos fenómenos por lo menos unos 3000 años antes. Y es que, precisamente, un de las mayores pruebas de valor de una teoría científica o un modelo lógico-matemático de un fenómeno consiste en verificar que lo que se predice en efecto se cumple.

La ciencia determinista tuvo un notable éxito para explicar y predecir una gran cantidad de fenómenos de la naturaleza durante unos 3 siglos; sin embargo, bajo este enfoque científico los sistemas eran considerados como cerrados y aislados de los demás sistemas, postura que se contraponen a las principales características del pensamiento estadístico discutidas en el apartado anterior.

Pero con el tiempo se fue evidenciando ciertas limitaciones de las teorías deterministas entre las cuales destacaba el hecho de no poder predecir la posición de los cuerpos a escala atómica o a velocidades cercanas a la de la luz, y el de no poder explicar la termodinámica de los procesos irreversibles.

Respecto a la incapacidad de explicar la termodinámica de los procesos irreversibles, de conformidad a los modelos matemáticos deterministas de la física Newtoniana, si se tiene un modelo suficientemente preciso de un sistema y su estado actual en $t=t_0$, es factible inferir el estado del sistema tanto $\square t:t<t_0$ como $\square t:t>t_0$; es decir, que si se tuviese por ejemplo una captura exacta en $t=t_0$ de la posición, velocidad, aceleración y energías cinética y potencial de cada una de las canicas que conforman un puñado de canicas cayendo al piso, según la física determinista, se podría predecir con precisión la posición de cada una de las canicas para $t\neq t_0$.

Por lo tanto, poco a poco los problemas de la física empezaron a rebasar los límites de la ciencia determinista y es así como en los primeros cinco años del siglo XX nace un nuevo tipo de ciencia de la mano de Max Planck y Albert Einstein, a los que luego les siguieron los trabajos de Bohr, Poincaré, Broglie, Heisenberg, Born, Schrödinger, Broglie, Heisenberg, Dirac por solo mencionar notables científicos de las tres primeras décadas del siglo XX. Las nuevas teorías desarrolladas por esta nueva generación de científicos, como la física del caos y la física cuántica, empezaron a considerar a los sistemas del mundo natural con tres nuevas características: incertidumbre, permeabilidad e interconexión.

Mientras lo anterior pasaba en el mundo de las ciencias duras, filósofos como Bergson y Husserl empezaron a cuestionar, desde una postura epistemológica, la idea de dejar de lado la subjetividad del sujeto, sosteniendo que toda la ciencia deja de tener sentido si el sujeto no está presente, puesto que el objetivo de la ciencia debe ser el de servir al sujeto. Es allí cuando alrededor de 1950 aparece Edgar Morin, doctor en ciencias sociales que incursionó en el mundo no determinista de la física cuántica, el cual empezó a extrapolar esas ideas al campo de las ciencias sociales.

Edgar Morin, en este sentido, reformuló los principios del pensamiento complejo de la física para aplicarlo a las ciencias sociales y escribió una relevante obra intelectual titulada “El Método” [9]. Morin define al pensamiento complejo como la capacidad de interconectar distintas dimensiones de lo real, y es que, ante la presencia de eventos multidimensionales, interactivos, causales y estocásticos, el sujeto se ve obligado a desarrollar una estrategia de pensamiento que no sea reductiva ni totalizante, sino más bien reflexiva. Morin denominó a dicha capacidad como pensamiento complejo.

Como se ha visto el pensamiento estadístico y el pensamiento complejo van muy de la mano, son marcos de pensamiento complementarios capaces de generar sinergia entre ellos, pero...

C.¿Qué es la creatividad?

La RAE define la creatividad como la facultad para crear o la capacidad de creación. Siendo a su vez definida la creación por la RAE como la producción de algo nuevo.

En contraste a las habilidades del pensamiento estadístico y el pensamiento complejo que se logran desarrollar y fortalecer a medida que crece la experiencia del profesional de las ciencias de la ingeniería, la creatividad es una habilidad prácticamente innata que si no se cultiva se debilita hasta desaparecer, es un hecho notorio que la creati-

vidad en los niños pareciese no tener límites, en tanto que en el adulto común casi desaparece.

Estrechamente relacionado con el concepto de creatividad se encuentra el concepto del pensamiento divergente, el cual se caracteriza por la formulación de alternativas de solución inéditas a partir de la exploración del mayor número de posibles cursos de acción. Ahora bien...

E.¿Cuál es la importancia del pensamiento estadístico en la ingeniería y cuál es su relación con el pensamiento complejo y creativo?

De las ideas expuestas en los apartados anteriores, se puede formular la conjetura que la creatividad, el pensamiento complejo y el pensamiento estadístico conforman una triada, una especie que trípode que funciona como marco de referencia y a su vez como estrategia para formular soluciones novedosas a problemas de ingeniería en el mundo real.

En esta triada, el pensamiento estadístico aporta la idea que todos los procesos del mundo real se encuentran interconectados entre sí y que en cada uno de ellos siempre está presente la incertidumbre, la cual es capaz de propagarse mediante estas interconexiones, y que la mejor forma de lidiar con dicha incertidumbre es estudiarla, comprenderla y conocerla, hasta poder acotarla a ciertos valores límites dentro de los cuales es factible formular soluciones efectivas a los desafíos de ingeniería que se plantean.

Por su parte, el pensamiento complejo aporta la capacidad de desarrollar una capacidad de pensamiento ampliamente reflexivo que permite interconectar las distintas dimensiones de las situaciones reales, identificando las relaciones de causalidad dentro de un mar de incertidumbres.

En tanto que la creatividad aporta la capacidad de pensar fuera del marco de lo conocido, permitiendo gestar nuevas estrategias y métodos que son precisamente las situaciones que propician el avance de la ciencia y de la técnica.

Es síntesis, para los profesionales de las ciencias de la ingeniería, la importancia de desarrollar el marco de pensamiento estadístico, complejo y creativo radica en la potenciación de sus habilidades profesionales para la resolución de problemas en el mundo real, siendo este uno de los principales marcadores que distingue la efectividad y eficiencia en el desempeño de un profesional junior y un profesional senior.

F.¿Cómo impulsar el cambio necesario?

Ciertamente no existe una fórmula mágica para, por así decirlo, graduar profesionales con años de experiencia en su haber, pero quizás una primera aproximación sería la de exponer a los estudiantes a la mayor cantidad posible de situaciones de resolución de problemas reales durante su proceso de formación, siendo guiados por docentes con mayor conexión, experiencia y participación en actividades de investigación y resolución de problemas a nivel comercial, industrial y operativo. Haciendo a su vez más énfasis en el conocimiento de base, en la esencia, en comprender los principios subyacentes que dan soporte a las teorías y los modelos, y menos énfasis en las herramientas tecnológicas de moda, puesto que estas últimas podrán ser aprendidas de forma autodidacta y en menor tiempo gracias a las facilidades en el acceso de información con sé que cuenta actualmente.

A modo de conclusión

La importancia de masificar la instauración y la práctica activa del pensamiento estadístico en los estudiantes y practicantes de las ciencias de la ingeniería radica en el hecho que este mindset permite potenciar el pensamiento creativo para formular soluciones a los desafíos cada vez más complejos que se presentan en las actividades económicas, industriales, sociales, humanas y en general en todas aquellas actividades en las que el uso de las ciencias de la ingeniería permiten solventar las problemáticas existentes.

Esto se lograría reformulando los contenidos de los programas de educación superior actuales, haciendo un mayor énfasis en el meta-entendimiento de los problemas a solucionar, en los fundamentos de las técnicas estadísticas, en el entendimiento profundo de cuándo seleccionar el uso de cada herramienta en particular, en el desarrollo de las habilidades para interpretar de los resultados obtenidos, y en el desarrollo de dos habilidades fundamentales: la habilidad de comunicar los resultados obtenidos apegados a los más altos principios de objetividad y ética, y la habilidad para revisar de forma crítica los resultados divulgados por otros.

Los problemas están allí, son cada vez más complejos y deben ser resueltos, la cantidad de datos en cualquier ámbito de la vida actual es enorme y está disponible, los algoritmos existen, las herramientas de cómputo existen, solo faltan los practicantes de las ciencias de la ingeniería que sean capaces de interconectar todos estos elemen-

tos de forma creativa e inverosímil hasta el momento para poder descubrir el patrón o el modelo que describe el comportamiento de los datos asociados al fenómeno estudiado y así formular las soluciones a los problemas que nos aquejan.

REFERENCIAS

- [1]G. Guerrero Pino, «Determinismo, modelos y modalidades,» Revista de Filosofía, vol. XIII, n° 24, pp. 191-216, 2000.
- [2]V. S. Pugachev y I. N. Sinitsyn, Stochastic Systems, Theory and Applications, 2002.
- [3]V. G. Kulkarni, Introduction to Modeling and Analysis of Stochastic Systems, Springer, 2011.
- [4]R. D. Snee, «Statistical Thinking and Its Contribution to Total Quality,» The American Statistian, pp. 116-121, 1990.
- [5]M. Pfannkuch y C. J. Wild, «Statistical Thinking in Empirical Enquiry,» International Statistical Review, vol. 67, n° 3, pp. 223-265, 1999.
- [6]E. Morin, Introducción al Pensamiento Complejo, Gedisa, 1998.
- [7]R. Corcho, Galileo y el método científico, NATGEO CIENCIAS, 2018.
- [8]A. L. Arango Arias, «Aporte de Galileo a la Ciencia Moderna,» Revista Académica e Institucional de la U.C.P.R., n° 75, pp. 57-65, 2006.
- [9]E. Morin, El Método, Ediciones Cátedra, 2017.

RESUMEN CURRICULAR



González-Lugo, Luis José, Ingeniero en Electrónica Venezolano. Magister Scientiarum en Ingeniería Electrónica. Doctorando en Ciencias de las Ingeniería. 20 años de experiencia en Automatización Industrial. Consultor y Emprendedor