PARÁMETROS ENFOCADOS A LA CONTADURÍA Y LOS NEGOCIOS PARA LA COMPRENSIÓN DE MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN

Sergio Lagunas Puls, Juan Bautista Boggio Vázquez
Universidad del Caribe, México.
slagunas@ucaribe.edu.mx, jboggio@ucaribe.edu.mx

RESUMEN

Conocido es que en la contaduría y los negocios es necesario establecer expectativas para variables económicas, por esta razón es común que en la formación de profesionales y posgraduados se procure el apoyo de programas estadísticos o matemáticos para generar pronósticos. No obstante, dejando a un lado la operatividad técnica de los apoyos tecnológicos, es fundamental comprender la naturaleza matemática de valores obtenidos mediante interpolación, además de reflexionar acerca de la necesidad para que la bibliografía de métodos cuantitativos incluya el tema. El objetivo del presente trabajo es compartir el método de aproximación polinómica por mínimos cuadrados, recomendado para establecer estimados de interpolación.

PALABRAS CLAVE: Interpolación. Aproximación polinómica. Contaduría. Negocios.

INTRODUCCIÓN

Algunas obras de métodos y análisis numéricos consideran que la interpolación surgió como producto del estudio astronómico, por la necesidad de observar movimientos en cuerpos celestes (Gerald & Wheatley, 2000); de forma general se considera que al hablar del tema, se hace referencia a valores que se asignan a una función pero que no necesariamente aparecen en los datos originalmente tabulados, cuyos métodos para obtener dichos valores, llamados *interpolados*, fueron del interés de Gauss, Bessel y Stirling; también, es aceptado que Almagesto de Tolomeo presentó formas para que combinando la cuerda de un ángulo en una circunferencia, pudiera ser utilizado para calcular valores intermedios.

Como producto académico y de investigación que busca integrar la historia de las matemáticas Erick Temple Bell (2012) considera los orígenes de la interpolación en tiempos babilónicos, antecesores del excelso pueblo árabe, cuando los estudiosos del álgebra pretendían resolver sistemas de ecuaciones con el único apoyo de tablas numéricas, de esta forma, prácticamente dos mil años antes de Cristo, se presentaba el esfuerzo humano por obtener valores intermedios para fenómenos cotidianos. Lo cierto es que el tema que inició con los algebristas babilónicos con posible interés en estructuras piramidales, fue posteriormente retomado por notables matemáticos como John Wallis a quien se le atribuye la denominada *cuadratura del círculo*, propuesta que se conoció como el principio del intercálculo o interpolación (Pinzón, Gordillo, & Sarmiento, 2008), Isaac Newton en el siglo XVI, Joseph Louis Lagrange con la propuesta del valor medio, en el siglo XVII (Bell, 2012) y aplicado en la actualidad ya con apoyo de poderosos sistemas tecnológicos.

Constituyendo la base de otros procedimientos como la derivación y la integración así como de ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales (Gerald & Wheatley, 2000), una definición moderna de interpolación es encontrar valores intermedios cuando los valores están dados en un conjunto finito de datos mediante la formulación de una ecuación que permita obtener los valores estimados (Gutiérrez, Olmos, & Casilllas, 2010). Para las áreas profesionales de ciencias exactas e ingenierías, se contempla en sus planes y programas de estudios el análisis numérico (Centro de Investigación en Matemáticas, 2015; Instituto Politécnico Nacional, 2015; Universidad Nacional Autónoma de México, 2015), en ocasiones llamado método numérico, cuyo objetivo es la explicación de procedimientos estructurados para formular algoritmos que puedan llevar a resolver problemas, producto de lo cual, como su denominación lo indica, se obtiene una respuesta numérica aun cuando algún planteamiento llegase a no presentar una solución analítica, quizá por ello, los métodos numéricos modernos tienen un claro enfoque al planteamiento humano, pero con resolución mediante programas especializados (Cheney & Kincaid, 2011).

A pesar de lo anterior, como parte del análisis o método numérico, la mayoría de las obras de uso en México que contienen el tema de interpolación se complementan con un buen nivel de detalle acerca de métodos para la solución de distintos tipos de ecuaciones y la razón no es en vano ya que en el específico interés de este artículo, el método de interpolar mediante aproximación por mínimos cuadrados, después de considerar el orden o grado de una ecuación polinómica que pueda llevar a estimar valores interpolados, necesita del planteamiento y solución de sistemas de ecuaciones tan breves o tan grandes conforme haya sido la decisión del orden de la función. En el libro titulado Análisis Numérico de José Alberto Gutiérrez Robles, Miguel Ángel Olmos Gómez y Juan Martín Casillas González (2010), se incluye en el Capítulo 5 el tema de interpolación y ajuste de curvas, sin embargo dicho capítulo está precedido por otros tres capítulos enfocados a solución de ecuaciones de tipo polinómicas, lineales y no lineales.

Por su parte los autores Ward Cheney y David Kincaid (2011) también contemplan el tema de interpolación y diferenciación numérica en el Capítulo 4, complementado con otros dos capítulos que en lo particular abordan el tema de sistemas de ecuaciones lineales, no lineales y temas adicionales referentes a sistemas de ecuaciones lineales, destacando en este último la factorización matricial, soluciones iterativas de sistemas lineales, valores propios y método de potencias. Una tercer obra que se considera importante agregar es de la autoría de Curtis F. Gerald y Patrick O. Wheatley (2000) la cual en su tercer capítulo incluye el tema de interpolación y ajuste de curvas complementado, al igual que las otras obras precedentes, por capítulos y temas relacionados a la resolución de ecuaciones no lineales, sistemas de ecuaciones y ecuaciones diferenciales ordinarias.

AUSENCIA DE MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN EN CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN

En el caso específico de la contaduría pública, durante la formación se dispone de bibliografía relacionada a especialidades de la matemática, procurando ofrecer métodos para la toma de decisiones y solución de problemas, de esta manera se puede distinguir claramente a la estadística como la forma idónea para analizar el comportamiento de datos e inclusive aportar métodos de pronósticos como la regresión lineal, promedios móviles o suavización exponencial (Anderson, Sweeney, & Williams, 2008; Triola, 2009; Levin, 2006; Wackerly, Mendenhall, & Scheaffer, 2010; Bennet, 2011; Díaz, 2012; Kazmier, 2006; Mendenhall, 1994; Pérez, 2013).

La administración de operaciones como conjunto de elementos para asegurar que los bienes y servicios se produzcan y se entreguen con éxito a los destinos ha profundizado planteamientos de programación lineal, análisis de sensibilidad y casos especiales de transporte y logística (Collier & Evans, 2009; Hillier & Lieberman, 2010; Izar, 2012; Chase, 2013) pero en especial destacan los métodos cuantitativos para los negocios, disciplina o asignaturas que ofrecen a los contadores públicos acceso a distintos modelos matemáticos para la toma de decisiones, principalmente de programación lineal, modelos de transporte, modelos de transbordo, optimización de inventarios, modelos de colas o fila en espera y algunos basados en probabilidad (Anderson D. , Sweeney, Williams, Camm, & Martin, 2011; Render, Stair, & Hanna, 2012; Hillier & Hillier, 2008; Gallaher, 1982).

A pesar de los distintos métodos y modelos mencionados anteriormente, durante la formación de grado o posgrado, la contaduría pública no fortalece y mucho menos complementa las técnicas algebraicas en la solución de ecuaciones (Swokowski & Cole, 2006; Tan, 2005; Kelly, 2011; Arvezu, Álvarez, & Marcellán, 2003; Hernández, Vázquez, & Zurro, 2012) que se conocieron en niveles precedentes, lo que deja en clara desventaja ya que no se estará en condiciones de hacer un planteamiento de interpolación, mucho menos tratándose de alguna necesidad para proponer una ecuación de estimados interpolados de segundo o superior orden. Las posibilidades de aplicación de estimados interpolados en la contaduría son muchos y diversos, por ello se sugiere que sea agregado en los apoyos bibliográficos de métodos cuantitativos, mencionando como ejemplo de uso, el aspecto de costeos en producción cuando se dispone de máximos, medios y mínimos de una máquina pero que presupuestalmente pudiera ser necesario conocer valores intermedios; otro claro ejemplo es su aplicación en la administración pública ya que en ocasiones, como en el desarrollo que se propone más adelante, a nivel central el Servicio de Administración Tributaria (SAT) da a conocer trimestralmente los informes de gestión y tributación, siendo una variable de vital importancia el número de contribuyentes registrados en el país, pues en ocasiones de ello dependen las políticas de fomento a determinado grupo, sin embargo, la información oficial agrupa el número de contribuyentes a cierres trimestrales en los meses 3, 6, 9 y 12, pero que de requerirse, por ejemplo, estimar el número en un mes intermedio, el método de interpolación por mínimos cuadrados representaría una buena opción.

Se podrían mencionar un gran y variado número de ejemplos en que la interpolación puede y debe ser empleada como un modelo formal, en consecuencia, a continuación se presentará el procedimiento que se considera necesario contemplar en la formación contable, con un nivel de detalle apropiado a la disciplina, buscando no sólo aportar la interpolación en si misma sino también que los profesionistas vinculen claramente el valioso tema del algebra y que puedan comprenderlo como la forma de obtener mecanismos para la solución de problemas.

MÉTODO DE INTERPOLACIÓN DE SEGUNDO ORDEN

Para obtener estimados por interpolación de segundo grado o segundo orden, se necesita establecer la ecuación predictiva de la forma siguiente:

$$\hat{y} = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 \qquad (1)$$

En donde la obtención de los coeficientes a_0, a_1, a_2 dependerá de un sistema de ecuaciones como el que se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} na_0 + (\textstyle\sum_{i=1}^{n} x_i)a_1 + \left(\sum_{i=1}^{n} x_{i\ i}^{2}\right)a_2 &= \textstyle\sum_{i=1}^{n} y_i \\ (\textstyle\sum_{i=1}^{n} x_i)a_0 + \left(\sum_{i=1}^{n} x_i^2\right)a_1 + \left(\sum_{i=1}^{n} x_i^3\right)a_2 &= \textstyle\sum_{i=1}^{n} x_i y_i \\ \left(\textstyle\sum_{i=1}^{n} x_i^2\right)a_0 + \left(\sum_{i=1}^{n} x_i^3\right)a_1 + \left(\sum_{i=1}^{n} x_i^4\right)a_2 &= \textstyle\sum_{i=1}^{n} x_i^2 y_i \end{aligned} \qquad (2)$$

para estructurar el sistema es necesario atender a una estructura matricial y multiplicación algebraica, en donde se inicia estableciendo la primera ecuación, observando que el primer elemento lo constituye el número de renglones o datos que se tiene para las variables considerando que, independientemente que sean dos columnas e inclusive algunas más (tratándose de modelos multivariables), no ha de olvidarse que n representa únicamente el número de renglones; el segundo elemento de la primera ecuación surge de la sumatoria de los datos concernientes a la variable independiente $\sum_{i=1}^{n} x$ seguido del símbolo de igualdad $=$ para que finalmente se agregue la sumatoria de los valores de la variable dependiente $\sum_{i=1}^{n} y$

Para la segunda ecuación se debe agregar, en primer lugar, sumatoria de la variable independiente (término que ya se estimó para la primera ecuación) $\sum_{i=1}^{n} x$ posteriormente, el segundo elemento de la misma segunda ecuación estará dado por el resultado de multiplicar el segundo término de la primera ecuación por el primero de la segunda ecuación, es decir, $\sum_{i=1}^{n} x_i *$ *i=1nxi* dando lugar al resultado *i=1nxi2* posteriormente se agrega el símbolo $=$ seguido por el resultado de la multiplicación del último término de la primera ecuación por el primer término de la segunda, es decir, $\sum_{i=1}^{n} x_i * \sum_{i=1}^{n} y_1$ que resulta en $\sum_{i=1}^{n} x_i y_1$.

A continuación se ejemplificará la obtención de una ecuación para estimar interpolación lineal de segundo grado, para ello se presentan los datos correspondientes al número de contribuyentes en México al cierre de los trimestres del año 2014 (Servicio de Administración Tributaria, 2015). No obstante, considerando que la autoridad hacendaria hace cortes de la información por trimestres, se ignora el número de contribuyentes que podrían haber estado activos en alguno de los meses no considerados en los reportes oficiales, información que pudiera ser conveniente para otras autoridades administrativas de nivel estatal o municipal, por ello se opta por obtener estimados de interpolación de segundo grado

Año	**Mes**	**Personas Físicas**	**Personas Físicas Asalariados**	**Personas Morales**	**Total**
2014	x_i				y_i
	3	15.1	26.1	1.6	42.8
	6	14.5	27.6	1.6	43.7
	9	16.2	27.0	1.7	44.9
	12	16.8	27.8	1.7	46.3

Tabla 1: Millones de contribuyentes activos agrupados por régimen fiscal
Fuente: elaboración propia con datos oficiales del Servicio de Administración Tributaria de México

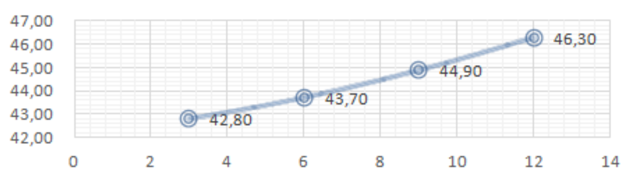

Figura 1: Número de contribuyentes (millones)

Supóngase que el interés se plantea en conocer el número total de contribuyentes a un mes determinado que no necesariamente sea alguno que obedezca a cortes trimestrales, es decir, ya sea el total al mes 4, 5, 7, 8, 10 u 11, de acuerdo a la necesidad para obtener información en cualquiera de dichos períodos y conforme a la Tabla 1 se debe considerar como variable independiente x_i a la columna que representa los meses del año (para el ejemplo 2014) y como variable dependiente y_i el total de contribuyentes en cada uno de los meses con corte trimestral observados por lo que, conforme al sistema de ecuaciones (2) será necesario contar con la sumatoria del cuadrado de la variable independiente $\sum_{i=1}^{n} x_i^2$ así como también de la multiplicación de la variable dependiente por la independiente $\sum_{i=1}^{n} y_i x_i$ requiriendo y por ende, desarrollando la siguiente información:

Meses con corte trimestral de la información x_i	Número Total de Contribuyentes (Millones) y_i	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i y_1$	$x_i^2 y_1$
3	42.8	9	27	81	128.4	385.2
6	43.7	36	216	1,296	262.2	1,573.2
9	44.9	81	729	6,561	404.1	3,636.9
12	46.3	144	1,728	20,736	555.6	6,667.2
Sumas: 30	**177.7**	**270**	**2,700**	**28,674**	**1,350.30**	**12,262.5**

Tabla 2: Valores para establecer un sistema de ecuaciones de segundo orden

Conforme a los datos contenidos en la Tabla 2, se integra el sistema de ecuaciones (2) quedando de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} 4a_0 + 30a_1 + 270a_2 &= 177.7 \\ 30a_0 + 270a_1 + 2700a_2 &= 1350.30 \\ 270a_0 + 2700a_1 + 28674a_2 &= 12262.5 \end{aligned} \qquad (3)$$

El sistema anterior (3) se resuelve mediante algebra de matrices $\begin{matrix} a & b \\ c & d \end{matrix}$ cuyo valor determinante se obtiene de $ad - bc$ siendo que para un sistema del tipo y orden planteados, los coeficientes necesarios son a_0, a_1, a_2 para obtenerlos, el primer paso es considerar una -estructura matricial, atendiendo al orden de la interpolación, conforme a lo siguiente:

$$\begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} \\ a_{3,1} & a_{3,3} & a_{3,3} \end{bmatrix} \qquad (4)$$

Ahora bien, para cada coeficiente a_n se necesitará estimar determinantes para el numerador y denominador, en todos los casos el determinante para el denominador siempre serán los valores que corresponden a cada elemento del sistema de ecuaciones pero sin considerar aquellos que se sitúan después de la igualdad (3), con respecto al numerador se debe ajustar ligeramente para estimar el determinante que corresponda a cada a_n de tal forma que los valores se colocan en el orden que tienen en el sistema (3) pero sustituyendo aquellos que pertenecen a una columna, por los valores después de la igualdad, dependiendo que cuál a_n sea de interés en estimar.

Para obtener a_0 se integran los valores de forma matricial como sigue:

$$a_1 = \frac{\begin{bmatrix} 177.7 & 30 & 270 \\ 1350.3 & 270 & 2700 \\ 12262.5 & 2700 & 28{,}674 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 4 & 30 & 270 \\ 30 & 270 & 2{,}700 \\ 270 & 2{,}700 & 28{,}674 \end{bmatrix}}$$

Nótese que debido a que los valores de la primera columna del numerador representan aquellos relacionados con a_0 son esos, precisamente, los que se sustituyen por los valores del sistema (3) después de la igualdad, la razón, el interés en este caso es calcular a_0 .para los valores que integran la matriz denominador, está conformada por los valores del sistema (3) en el mismo orden, únicamente se dejan de considerar aquellos que están después de la igualdad. Después de haber explicado la estructura matricial para cada variable a_0 tanto para el numerador como el denominador se necesitan calcular los determinantes correspondientes, atendiendo al orden del sistema, la forma para obtenerlos es la siguiente:

$$a_{1,1}a_{2,2}a_{3,3} - a_{1,1}a_{2,3}a_{3,2} - a_{1,2}a_{2,1}a_{3,3} + a_{1,2}a_{3,1}a_{2,3} + a_{2,1}a_{1,3}a_{3,2} - a_{1,3}a_{2,2}a_{3,1} \qquad (5)$$

Con base a las indicaciones para obtener los determinantes, se procede a estimarlos y así calcular el valor de cada coeficiente a_n

$$a_{0=} \frac{\begin{gathered}(177.7 * 270 * 28674) - (177.7 * 2700 * 2700) - (30 * 1350.3 * 28674) + \\ (30 * 12262.5 * 2700) + (1350.3 * 270 * 2700) - (270 * 270 * 12262.5)\end{gathered}}{\begin{gathered}(4 * 270 * 28674) - (4 * 2700 * 2700) - (30 * 30 * 28674) + \\ (30 * 270 * 2700) + (30 * 270 * 2700) - (270 * 270 * 270)\end{gathered}}$$

$$a_0 = \frac{2456730}{58320}$$

$$a_0 = 42.12$$

$$a_1 = \frac{\begin{bmatrix} 4 & 177.7 & 270 \\ 30 & 1350.30 & 2700 \\ 270 & 12262.5 & 28,674 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 4 & 30 & 270 \\ 30 & 270 & 2,700 \\ 270 & 2,700 & 28,674 \end{bmatrix}}$$

$$a_{1=} \frac{\begin{gathered}(4 * 1350.30 * 28674) - (4 * 2700 * 12262.5) - (177.7 * 30 * 28674) + \\ (177.7 * 270 * 2700) + (30 * 270 * 12262.5) - (270 * 1350.30 * 270)\end{gathered}}{\begin{gathered}(4 * 270 * 28674) - (4 * 2700 * 2700) - (30 * 30 * 28674) + \\ (30 * 270 * 2700) + (30 * 270 * 2700) - (270 * 270 * 270)\end{gathered}}$$

$$a_1 = \frac{10594.8}{58320}$$

$$a_1 = 0.18$$

$$a_2 = \frac{\begin{bmatrix} 4 & 30 & 177.7 \\ 30 & 270 & 1350.30 \\ 270 & 2700 & 12262.5 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 4 & 30 & 270 \\ 30 & 270 & 2,700 \\ 270 & 2,700 & 28,674 \end{bmatrix}}$$

$$a_2 = \frac{\begin{array}{c}(4*270*12262.5)-(4*1350.30*2700)-(30*30*12262.5)+\\(30*270*1350.30)+(30*177.7*2700)-(177.7*270*270)\end{array}}{\begin{array}{c}(4*270*28674)-(4*2700*2700)-(30*30*28674)+\\(30*270*2700)+(30*270*2700)-(270*270*270)\end{array}}$$

$$a_2 = \frac{810}{58320}$$

$$a_2 = 0.01$$

Después de haber obtenido los coeficientes a_0, a_1, a_2 se hace posible establecer la ecuación predictiva por interpolación de segundo orden o grado de la forma antes mencionada (1) y que aplicada al ejemplo del número de contribuyentes sería la siguiente:

$$\hat{y} = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$
$$\hat{y} = 42.12 + 0.18x + 0.01x^2 \qquad (6)$$

De acuerdo a la ecuación obtenida, si se deseara obtener el número de contribuyentes al mes 4, simplemente se remplazaría $x = 4$ para así obtener el estimado por interpolación de segundo orden:

$$\hat{y} = 42.12 + 0.18(4) + 0.01(4^2)$$
$$\hat{y} = 42.9$$

en consecuencia, el número de contribuyentes al mes de abril debió estar aproximado a 42.9 millones.

Ahora bien, en aplicaciones de interpolación siempre existirá la pregunta acerca de cuál debe ser el orden o grado de polinomio recomendado para la obtención de los estimados, para mejor explicación de lo anterior, a continuación se determina el error confrontando los datos oficiales con el pronóstico obtenido mediante ecuaciones predictivas por el modelo descrito a detalle y además, mediante una ecuación de tercer orden, obtenida por el mismo método también desarrollado en este trabajo.

Periodo x_i	**Número total de contribuyentes-dato oficial (Millones)**	**Ecuación de segundo orden** $\hat{y} = 42.12 + 0.18x + 0.01x^2$	**Ecuación de tercer orden** $\hat{y} = 42.3 + 0.0889x + 0.0278x^2 - 0.00006x^3$
3 (marzo)	42.8	42.75	42.81
6 (junio)	43.7	43.56	43.82
9 (julio)	44.9	44.55	45.31
12 (diciembre)	46.3	45.72	47.27

Periodo x_i		Error mediante pronósticos de segundo orden	Error mediante pronósticos de tercer orden
3 (marzo)		0.05	-0.01
6 (junio)		0.14	-0.12
9 (julio)		0.35	-0.41
12 (diciembre)		0.58	-0.97

Tabla 3: Comparativa de pronósticos con interpolación de distinto orden (grado)

Como se aprecia en la Tabla 3 en ambos casos existen buenos estimados aunque con diferencias en cada caso, por ello, la recomendación al interpolar es contar con al menos dos comparativas como la que se presenta en la tabla y así decidir cuál o cuáles valores deben ser considerados, por supuesto que deberán ser aquellos con un menor error.

CONCLUSIONES

Cuando se consulta la bibliografía concerniente a los métodos o análisis numéricos que regularmente se recomiendan en la formación de las ciencias exactas o ingenierías, se pueden apreciar claramente métodos para la solución de ecuaciones que van desde los sistemas lineales hasta las ecuaciones diferenciales, sin embargo, a pesar de la buena calidad de algunas de estas obras, no son explicadas mediante aplicaciones relacionadas a la contaduría, administración o negocios.

Esta bibliografía logra un aporte robusto de métodos pero sin una visión clara de aplicaciones a variables que pueden ser de interés en profesiones o posgrados del área de ciencias sociales, aún a pesar de requerir su comprensión como parte fundamental para resolver problemas administrativos.

Por otra parte en la revisión de varias obras de estadística, investigación de operaciones y métodos cuantitativos que son el enfoque acostumbrado en carreras contables o de negocios, se aprecia claramente la exposición de modelos que pueden ser aplicados en estas disciplinas pero que, a diferencia de los títulos para ciencias exactas e ingeniería, tienen por costumbre más que desarrollar el método matemáticos sobre el que están fundamentados, a apoyarse y recomendar el uso de programas especializados sin que esto sea necesariamente malo, pero que sin lugar a dudas, no permite que el capital humano en formación logre vincular métodos vistos en disciplinas como álgebra, algebra superior o precálculo.

La falta de relación entre temas matemáticos, ya sea en ingeniería con poca aplicación a la economía pero con fortaleza en los métodos, o caso contrario, en la contaduría y negocios con mucha aplicación pero poca suficiencia en el detalle de los métodos matemáticos, no permiten que la transmisión de conocimiento matemático complete el círculo y por consiguiente, está en riesgo el alejamiento de la creatividad con base a las matemáticas para crear modelos y acercarse cada vez más al nivel técnico operativo de los poderosos programas.

Por supuesto que los apoyos de sofisticados y poderosos "softwares" son esenciales para la solución de problemas, sin embargo, mientras se continúe con falta de complementación entre método, aplicación y tecnología, se correrá el riesgo, al menos en el área contable y de negocios, de ser dependientes a los modelos que por costumbre se contemplan en bibliografías tradicionales, lo que hace muy difícil, que desde estas áreas puedan ser formulados problemas originales, y más aún, explicados con un nivel de detalle aceptable más allá de sólo interpretar pantallas de captura o salidas de datos.

Ya en 1967, Peter Drucker advirtió en un artículo clásico titulado "The Manager and the Moron" que sólo se puede cuantificar lo que se puede definir, y muchas cosas importantes, como las de índole subjetivo, se encuentran en esta categoría. Para comprender realmente sobre un tema importante, Drucker advirtió que debemos mirarlo desde varios ángulos diferentes. Por esa razón, el administrador debe utilizar la computadora para controlar las rutinas de negocio, y obtener de esta manera la liberación de su tiempo para pensar en cosas críticas que no sabe ni tiene información al respecto, generalmente sobre el entorno y las personas. Este tipo de cosas que no tiene definidas, son las que debe salir a buscar, y la única alternativa válida es si conoce las herramientas correctas para hacerlo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, D., Sweeney, D., & Williams, T. (2008). *Estadística para administración y economía.* México: Cengage Learning.

Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Camm, J., & Martin, K. (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios.* México: CENGAGE Learning.

Arvezu, J., Álvarez, R., & Marcellán, F. (2003). *Álgebra lineal y aplicaciones.* México: Síntesis.

Bell, E. (2012). *Historia de las matemáticas.* México: Fondo de Cultura Económica.

Bennet, J. O. (2011). *Razonamiento estadístico.* México: Pearson.

Centro de Investigación en Matemáticas. (2015). *Página del CIMAT.* Recuperado el 25 de febrero de 2015, de http://www.cimat.mx/~alram/met_num/temario.html

Chase, R. (2013). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros.* México: McGraw Hill.

Cheney, W., & Kincaid, D. (2011). *Métodos numéricos y computación.* México: CENGAGE Learning.

Collier, D., & Evans, J. (2009). *Administración de Operaciones.* México: CENGAGE Learning.
Díaz, A. (2012). *Estadística aplicada a la administración.* México: McGraw - Hill Interamericana.
Gallaher, C. (1982). *Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en Administración.* México: McGraw Hill Interamericana.
Gerald, C., & Wheatley, P. (2000). *Análisis Numérico con Aplicaciones.* México: PEARSON Prentice Hall.
Gutiérrez, J., Olmos, M., & Casilllas, J. (2010). *Análisis Numérico.* México: Mc Graw Hill.
Hernández, E., Vázquez, M., & Zurro, M. (2012). *Álgebra lineal y geometría.* México: PEARSON Educación.
Hillier, F. S., & Hillier, M. S. (2008). *Métodos Cuantitativos para Administración.* México: McGraw Hill Interamericana.
Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones.* México: McGraw Hill Interamericana.
Instituto Politécnico Nacional. (2015). *Página del IPN.* Recuperado el 25 de febrero de 2015, de http://www.esimez.ipn.mx/OfertaEducativa/Documents/ingenieria_electrica/pe_3er_semestre/metodos_numericos.pdf
Izar, J. (2012). *Investigación de Operaciones.* México: Trillas.
Kazmier. (2006). *Estadistica aplicada para la administracion y economia.* México: McGraw Hill.
Kelly, T. (2011). *Álgebra y trigonometría.* México: Trillas.
Levin, D. K. (2006). *Estadística para Administración.* México: Pearson Prentice Hall.
Mendenhall, W. (1994). *Estadisticas para administradores.* México: Grupo Editorial Iberoamericano.
Pérez, R. (2013). *Estadística aplicada para ciencias económicas, administrativas y sociales*. México: Trillas.
Pinzón, W., Gordillo, W., & Sarmiento, E. (2008). Algunos métodos de interpolación para generar un modelo digital de elevación. *Revista de Topografía Azimut*, 2, 19-24.
Render, B., Stair, R., & Hanna, M. (2012). *Métodos cuantitativos para los negocios*. México: PEARSON.
Servicio de Administración Tributaria. (2015). *Informe Tributario y de Gestión, Segundo Trimestre* 2015. México: SAT.
Swokowski, E., & Cole, J. (2006). *Álgebra y trigonometría con geometría analítica*. México: CENGAGE Learning.
Tan, S. (2005). *Matemáticas para administración y economía*. México: CENGAGE Learning.
Triola, M. (2009). *Estadística*. México: Pearson Addison Wesley.
Universidad Nacional Autónoma de México. (2015). *Portal de la UNAM*. Recuperado el 25 de febrero de 2015, de http://www.dcb.unam.mx/users/salvadorgb/Programa/programa.pdf
Wackerly, D., Mendenhall, W., & Scheaffer, R. (2010). *Estadística matemática con aplicaciones*. México: CENGAGE Learning.