

PROPUESTA DE UNA MÉTRICA PARA LA MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACIERTO EN LA TOMA DE DECISIONES DENTRO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE EMPRESAS MANUFACTURERAS BAJO UN ENFOQUE SISTÉMICO

PROPOSAL OF A METRIC FOR MEASURING THE LEVEL OF SUCCESS IN DECISION MAKING WITHIN THE PRODUCTION PROCESS OF MANUFACTURING COMPANIES UNDER A SYSTEMIC APPROACH

Ángel Maurilio Laguna Córdoba

Tecnológico Nacional de México en Celaya, México
M1803013@itcelaya.edu.mx

Alicia Luna González

Tecnológico Nacional de México en Celaya, México
alicia.luna@itcelaya.edu.mx

Recepción: 23/mayo/2019

Aceptación: 21/noviembre/2019

Resumen

El diseño y buen funcionamiento de los procesos productivos en las empresas manufactureras se considera prioritario para lograr su supervivencia y crecimiento, la manera de diseñar y gestionar la comunicación y la toma de decisiones dentro de los sistemas productivos se realiza de forma empírica ya que generalmente se realiza conforme surgen nuevas necesidades.

El pensamiento sistémico dentro de las organizaciones empresariales ha sido cada vez más reconocido y utilizado, tanto para diseñar como para controlar sistemas internos y aminorar efectos desfavorables de sistemas externos. El presente artículo tiene como objetivo hacer una propuesta de una métrica sobre la asertividad de toma de decisiones que auxilie al diseño y funcionamiento de estos sistemas productivos basado en la dinámica y principios de sistemas cibernéticos.

Palabras Clave: Pensamiento sistémico, sistemas cibernéticos, toma de decisiones

Abstract

The design and proper functioning of production processes in manufacturing companies is considered a priority to achieve their survival and growth, Nowadays, how to design and manage communication and decision making into the production systems is done empirically.

Systemic thinking within business organizations has been increasingly recognized and it's successfully used to design and control internal systems and lessen adverse effects of external systems. The aim of this article is to propose a metric on the assertiveness to decision making that will help the design and operation of these productive systems based on the dynamics and principles of cybernetic systems.

Keywords: *Systemic thinking, cybernetic systems, decision making*

1. Introducción

Del término acierto o desacierto en la toma de decisiones dentro de un sistema productivo no existe una literatura muy basta, por lo general, la toma de decisiones se entiende bajo un entorno gerencial o directivo, sin embargo, dentro de un sistema productivo o líneas de producción se toman cientos de decisiones diariamente que afectan de forma importante y directa a los resultados de las empresas.

Como menciona (Stafford Beer, 1984) la Cibernética Organizacional se considera importante para entender, analizar y ofrecer soluciones en entidades sociales donde coexisten problemas de complejidad, variedad y propiedades holísticas. La Cibernética Organizacional reconoce que todo sistema complejo (empresa), debe ser auto-regulado y auto-organizado, con capacidad de adaptabilidad y desarrollo (cultura de cambio permanente), para sobrevivir independientemente (viabilidad).

Haciendo mención a lo dicho por (Stafford Beer, 1984), la forma en la que se recaba, analiza, interpreta y utiliza la información generada diariamente en las líneas de producción es una forma de auto-regularse como sistema.

El concepto de proceso cibernético fue definido por (Wiener, 1950) como un proceso de comunicación y control tanto en seres vivos como en máquinas, posteriormente Anthony Stafford Beer utilizó estos conceptos para utilizarlos en las organizaciones y creó el Modelo de Sistema Viable (VSM) el cual ha sido utilizado

en muchas organizaciones e incluso en el gobierno del país de Chile con el fin de rediseñar y mejorar todos sus sistemas.

La manera de medir el nivel de asertividad de un sistema (cada línea de producción) es el principal propósito del presente artículo ya que no existe una métrica o un indicador que nos dé una idea de que tan bien decide un sistema, así de cómo se pueden tipificar las causas de una mala decisión y su nivel de afectación al resultado del sistema.

Como menciona (Thoumrungroje & Tansuhaj, 2007) Las organizaciones se enfrentan a un entorno empresarial impredecible que está constantemente presionado por los efectos cambiantes de la globalización, la competencia y el avance tecnológico en el contexto de la economía del conocimiento. Por lo tanto se puede decir que las organizaciones aprenden mientras sus empleados aprenden, optimizando la productividad del personal y el crecimiento de la empresa a largo plazo (Senge, 1993). Sobre la anterior aseveración, se vuelve importante la manera y los elementos que tienen las organizaciones para decidir acertada o equivocadamente como sistema

En el presente artículo se busca proponer una métrica para evaluar el grado de asertividad que tiene una empresa dentro de sus sistemas productivos, para poder conocer el grado de asertividad que, como sistema, cuenta el proceso.

Cabe mencionar que la métrica se propondrá para evaluar como sistema, entendiendo que sistema se define según (Van Gigch, J. 1987) el conjunto de partes que interactúan entre sí por un fin común y que a su vez puede contener y pertenecer a otros sistemas.

Modelo de sistemas Viables

Se presenta el modelo de sistema viable como base de modelos sistémicos que se han propuesto para el estudio organizacional, en el caso del modelo de sistema viable se hace la aplicación de principios cibernéticos adaptados a las teorías de las organizaciones.

El (MSV) es una de las aportaciones más conocidas y utilizadas de Stafford Beer en el ámbito de la teoría de la organización. En él también se destaca, la aparición

del entorno tecnológico, que establece las condiciones necesarias y suficientes para que un sistema sea "viable", es decir capaz de mantener una existencia independiente (Pérez y Sánchez, 2001) , lo anteriormente mencionado implica que dicho sistema estará dotado de las capacidades de regulación, aprendizaje, adaptación y evolución necesarias para garantizar su "supervivencia" ante los cambios (incluso aunque éstos no hayan sido previstos cuando el sistema fue diseñado) que puedan producirse en su entorno a lo largo del tiempo (Pérez Ríos, J et al, 2003).

Para que un sistema sea viable debe ser capaz de hacer frente a la variedad del entorno, de tal manera que la complejidad natural del sistema debe ser mayor que el del entorno en el que opera. Una forma propuesta para medir la complejidad de un sistema es su "variedad", entendiéndola por ella el número de estados posibles o modos de comportamiento que puede adoptar un sistema. Controlar una situación significa ser capaz de hacer frente a su complejidad, es decir a su variedad, y en este sentido la Ley de Ashby establece que "sólo la variedad puede absorber (destruir) la variedad", o bien, que el "control" solo es posible si la variedad del "controlador" es equivalente o mayor a la variedad de la situación objeto de control (Ashby, 1956).

Algunos investigadores han utilizado recientemente el MSV para diferentes aplicaciones por ejemplo Schwaninger, M. (2015) hace uso del modelo de sistemas viables para desarrollarlo bajo una estructura que permite a los agentes en todos los estratos recursivos generar variedad en equilibrio con las complejidades que enfrentan. La arquitectura organizacional basada en el VSM, aplicada a cada uno de esos niveles, asegura las condiciones estructurales necesarias y suficientes para la sostenibilidad del sistema en estudio.

Teorema de Bayes

Debido a que la métrica propuesta se realizará con base a un modelo probabilístico derivado del teorema de las redes Bayesianas se describe lo siguiente. En la teoría de la probabilidad el Teorema de Bayes es un resultado enunciado por Thomas Bayes en el que expresa la probabilidad condicional de un

evento aleatorio A dado B en términos de la distribución de probabilidad condicional del evento B dado A y la distribución de probabilidad marginal de sólo A (Box G, 1992). Las diferentes metodologías de inferencia estadística se pueden ver como un conjunto de fórmulas que resultan aplicables en determinados casos y bajo ciertas condiciones. La metodología bayesiana está basada en la interpretación subjetiva de la probabilidad y tiene como punto central el Teorema de Bayes (Castillo, 2004). Los modelos bayesianos primordialmente incorporan conocimiento previo para poder estimar modelos útiles dentro de un espacio muestral y de este modo poder estimar parámetros que provengan de la experiencia o de una teoría probabilística. El propósito de la estadística, específicamente de la estadística Bayesiana, es suministrar una metodología para estudiar adecuadamente la información mediante análisis de datos y decidir de manera acertada sobre la mejor forma de actuar (Castillo, 2004).

2. Método

El primer paso para el desarrollo de la propuesta de la métrica a desarrollar fue la identificación de sistemas y subsistemas dentro de todo el proceso productivo de la empresa y la familia de piezas que se utilizaron para el planteamiento de la métrica de asertividad.

Estructura de la empresa

La estructura organizacional de la empresa es la que se muestra en la figura 1.

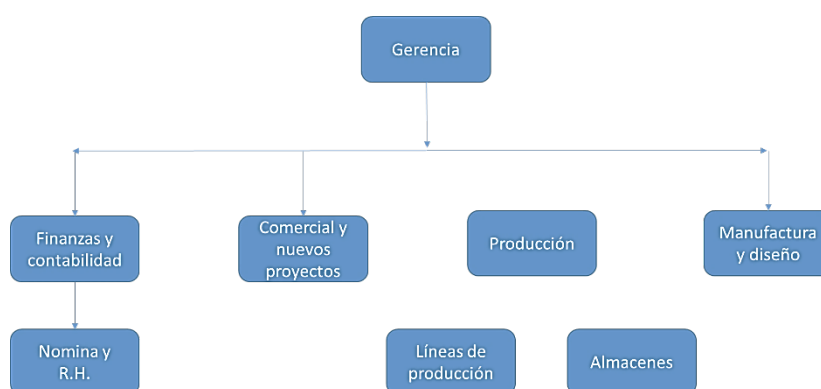


Figura 1 Estructura organizacional de la empresa.

Se puede observar que existe un departamento de producción el cual se encuentra dividido por familias de piezas, en esta ocasión el departamento de producción será considerado una meta-sistema del sistema a estudiar. Es decir, producción contiene a la familia de piezas que se estudiarán y se les llamará S1.

Para el presente artículo se consideró una sola familia de piezas, que, a su vez, consta de 4 líneas de producción colocadas en forma de células de manufactura y se alimentan de forma secuencial; es decir el producto terminado de la L1 es el insumo de la L2, el producto terminado de la L2 es el insumo de la L3 y de esa forma sucesivamente hasta la L4.

Después que las piezas son manufacturadas en estas líneas de producción donde se les realizan maquinados, salen a las líneas de ensamble donde son unidas con otras piezas para sacar el producto terminado de la empresa, cada línea de producción se tomara como un “sistema”, ya que cuenta con los elementos necesarios para poder ser considerado “sistema”.

- La línea de producción (L1) cuenta con 4 operadores 9 máquinas 2 mesas de inspección 2 robots brazos transportadores.
- La línea de producción (L2) cuenta con 4 operadores 7 máquinas 1 mesas de inspección 2 robots brazos transportadores.
- La línea de producción (L3) cuenta con 4 operadores 7 máquinas 2 mesas de inspección 1 robot brazos transportadores.
- La línea de producción (L4) cuenta con 3 operadores 7 máquinas 3 mesas de inspección 2 robots brazos transportadores.

El porcentaje de acierto del sistema se calificó por medio de un modelo probabilístico basado en el teorema de Bayes el cual inicia con un conjunto de probabilidades dadas desde inicio sobre la asertividad de cada elemento del sistema (operadores) en las últimas decisiones tomadas.

Definición del sistema en el cual se aplicó la métrica

El sistema en el cual se trabajó y se hizo la propuesta de la métrica es la línea familia de piezas que conforman las líneas (L1, L2, L3 y L4) los cuales fueron

definidos con anterioridad y juntos se les llamara (S1). El propósito del sistema (S1) es entregar piezas buenas en cantidad, tiempo y forma a los siguientes procesos con el menor costo posible.

Determinación de las probabilidades de comienzo.

Para determinar las probabilidades de entrada al modelo de árbol de probabilidades se entrevistó a los supervisores y se le sugirió calcular el nivel de asertividad de los operadores por medio de ecuación 1.

$$\%Acierto = \frac{(\text{decisiones acertadas})}{(\text{total de decisiones tomadas en el día})} \times 100 \quad (1)$$

De la cual resultaron las probabilidades de entrada para iniciar el proceso de determinar los niveles de probabilidad de asertividad como sistema Recordemos que se calificó al sistema que en este caso es una familia de piezas que está conformada por 4 líneas de trabajo y la asertividad de la L1.

Modelo de árbol de decisión.

En la figura 2 se puede observar el desarrollo del árbol de decisiones donde se obtuvieron las probabilidades de decisión del sistema bajo sistema binario donde 1 = *acierto* y 0 = *error* y a cada decisión se le adjunta una probabilidad de ocurrencia cabe mencionar que esta probabilidad es dada por la empresa.

Al final de cada salida el valor que resulte será la probabilidad que suceda cierto evento, es decir, que todos los operadores decidan bien y por lo tanto el sistema decida de forma acertada sería el camino de 1, 1, 1, 1. Se multiplican las probabilidades correspondientes y resulta $(0.95 * 0.89 * 0.98 * 0.99) * 100 = 82.16\%$ de probabilidad de que el sistema decida acertadamente.

Existe un 82.16% de probabilidad de que el sistema decida bien en su totalidad, equivalente a afirmar, que los operadores 1, 2, 3 y 4 decidan bien dadas las probabilidades de acierto que se obtendrán mediante ecuación 1.

El porcentaje de acierto se tomará de manera empírica en esta primera prueba y posteriormente se tomará solo con las tareas más importantes de los operadores que forman parte del sistema con la expresión matemática (ecuación 1).

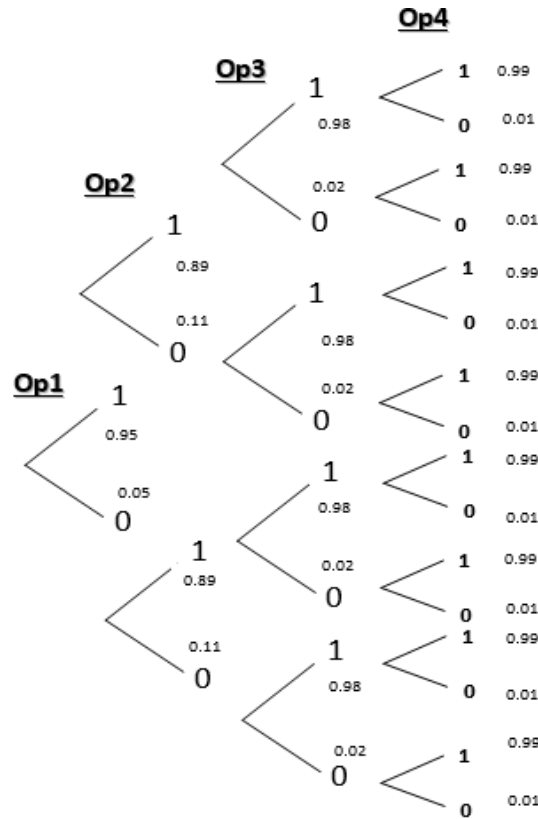


Figura 2 Árbol de decisiones con probabilidades.

3.Resultados

A continuación, se presentan los resultados de las probabilidades de acierto de cada línea de trabajo:

- Línea 1:** De la línea 1 del sistema S1 se obtienen los siguientes resultados de probabilidad de asertividad en la toma de decisiones, dadas las probabilidades de entrada de: Op1= 0.95, Op2= 0.89, Op3= 0.99, Op4= 0.98 (tabla 1). La probabilidad de éxito total en la toma de decisiones en la línea 1 es de 82.03%, así como, la probabilidad de que acierten el operador 1, 2, 3 pero el 4 no, es de 1.67% y sucesivamente según la tabla de resultados 3 realizada en el programa Excel.
- Línea 2:** De la línea 2 del sistema S1 se obtienen los siguientes resultados de probabilidad de asertividad en la toma de decisiones, dadas las probabilidades de entrada de: Op1= 0.99, Op2= 0.90, Op3= 0.90, Op4= 0.95, tabla 2. Donde, la probabilidad de éxito total en la toma de decisiones se da

a conocer en la tabla 2 y se puede afirmar con un 76.18% de seguridad que el sistema va a decidir bien y con un 4% de seguridad se puede decir que el operador 1, 2 y 3 acierten, pero el 4 no.

Tabla 1 Resultados (L1).

Op1	Op2	Op3	Op4	Probabilidades
1	1	1	1	0.8203041
1	1	1	0	0.0167409
1	1	0	1	0.0082859
1	1	0	0	0.0001691
1	0	1	1	0.1013859
1	0	1	0	0.0020691
1	0	0	1	0.0010241
1	0	0	0	0.0000209
0	1	1	1	0.0431739
0	1	1	0	0.0008811
0	1	0	1	0.0004361
0	1	0	0	8.9E-06
0	0	1	1	0.0053361
0	0	1	0	0.0001089
0	0	0	1	5.39E-05
0	0	0	0	0.0000011

Tabla 2 Resultados (L2).

Op1	Op2	Op3	Op4	Probabilidades
1	1	1	1	0.761805
1	1	1	0	0.040095
1	1	0	1	0.084645
1	1	0	0	0.004455
1	0	1	1	0.084645
1	0	1	0	0.004455
1	0	0	1	0.009405
1	0	0	0	0.000495
0	1	1	1	0.007695
0	1	1	0	0.000405
0	1	0	1	0.000855
0	1	0	0	4.5E-05
0	0	1	1	0.000855
0	0	1	0	4.5E-05
0	0	0	1	0.000095
0	0	0	0	5E-06

- **Línea 3:** La línea 3 reportó los resultados de probabilidad de acierto en la toma de decisiones, dadas las probabilidades de entrada de: Op1= 0.81, Op2= 0.95, Op3= 0.87, Op4= 0.90, tabla 3.

Tabla 3 Resultados (L3).

Op1	Op2	Op3	Op4	Probabilidades
1	1	1	1	0.6025185
1	1	1	0	0.0669465
1	1	0	1	0.0900315
1	1	0	0	0.0100035
1	0	1	1	0.0317115
1	0	1	0	0.0035235
1	0	0	1	0.0047385
1	0	0	0	0.0005265
0	1	1	1	0.1413315
0	1	1	0	0.0157035
0	1	0	1	0.0211185
0	1	0	0	0.0023465
0	0	1	1	0.0074385
0	0	1	0	0.0008265
0	0	0	1	0.0011115
0	0	0	0	0.0001235

- **Línea 4:** La línea 4 reportó los siguientes resultados de probabilidad de acierto en la toma de decisiones, dadas las probabilidades de entrada de: Op1= 0.99, Op2= 0.95, Op3= 0.99 y Op4=.90, tabla 4.

Tabla 4 Resultados de (L4).

Op1	Op2	Op3	Op4	Probabilidades
1	1	1	1	0.8379855
1	1	1	0	0.0931095
1	1	0	1	0.0084645
1	1	0	0	0.0009405
1	0	1	1	0.0441045
1	0	1	0	0.0049005
1	0	0	1	0.0004455
1	0	0	0	4.95E-05
0	1	1	1	0.0084645
0	1	1	0	0.0009405
0	1	0	1	8.55E-05
0	1	0	0	9.5E-06
0	0	1	1	0.0004455
0	0	1	0	4.95E-05
0	0	0	1	4.5E-06
0	0	0	0	5E-07

Resultados del sistema (S1)

Para obtener la métrica de todo el sistema (S1) que está conformado por los subsistemas (L1, L2, L3 y L4) se sacó el promedio de las probabilidades por subsistema, el cual arroja el resultado mostrado en la tabla 5.

Así que se puede mencionar como parte del reporte de resultados que la probabilidad de que nadie se equivoque o que no tome una mala decisión del sistema S1 es de 75.56% y la probabilidad de que existe al menos 1 elemento tome una mala decisión es del 24.44% lo cual es la parte complementaria de 100%.

Tabla 5 Resultados del (S1).

L1	L2	L3	L4	Probabilidad del Sistema (S1)
0.8203041	0.761805	0.6025185	0.8379855	0.755653275
0.0167409	0.040095	0.0669465	0.0931095	0.054222975
0.0082859	0.084645	0.0900315	0.0084645	0.047856725
0.0001691	0.004455	0.0100035	0.0009405	0.003892025
0.1013859	0.084645	0.0317115	0.0441045	0.065461725
0.0020691	0.004455	0.0035235	0.0049005	0.003737025
0.0010241	0.009405	0.0047385	0.0004455	0.003903275
0.0000209	0.000495	0.0005265	4.95E-05	0.000272975
0.0431739	0.007695	0.1413315	0.0084645	0.050166225
0.0008811	0.000405	0.0157035	0.0009405	0.004482525
0.0004361	0.000855	0.0211185	8.55E-05	0.005623775
8.9E-06	4.5E-05	0.0023465	9.5E-06	0.000602475
0.0053361	0.000855	0.0074385	0.0004455	0.003518775
0.0001089	4.5E-05	0.0008265	4.95E-05	0.000257475
5.39E-05	0.000095	0.0011115	4.5E-06	0.000316225
0.0000011	5E-06	0.0001235	5E-07	0.000032525

4. Discusión

Como se puede observar en la métrica propuesta se intenta inferir la probabilidad de asertividad del próximo periodo de tiempo (en este caso días), pero evaluado como sistema no como individuo, y estos resultados servirán de punto de partida para la construcción de un modelo de inteligencia sistémica aplicado a procesos productivos que además de toma de decisiones contempla otros cuatro elementos como lo son comunicación, control, ejecución y aprendizaje; todo esto evaluado desde un enfoque sistémico.

La métrica propuesta también puede considerarse un medio de diagnóstico de lo que en muy pocas organizaciones evalúan, ya que se asocia la toma de decisiones como una acción exclusivamente directiva o gerencial, sin contemplar que en los procesos productivos se toman decisiones diariamente y se genera información importante que podría mejorar los resultados de las organizaciones si se conociera y gestionara.

La métrica propuesta, como se mencionó en el resumen, es un acercamiento a una manera de medir una situación real por medio de probabilidades, y a su vez esta genere información útil del proceso productivo, ya que partiendo de los resultados surgidos se pueden tomar otras alternativas de mejora en procesos y canales de comunicación interno y externo así como poder evaluar si los controles del sistema están siendo efectivos. Una de los propósitos de la métrica propuesta es la de dar un panorama más amplio de la cantidad de información que se genera en las líneas de producción y como se puede aprovechar dicha información para tomar acciones con más y mejores argumentos. La métrica por sí sola no generaría suficiente información, pero será un aporte que junto con una métrica de comunicación, control y aprendizaje se propondrán para encontrar un indicador de inteligencia sistémica dentro de los procesos productivos y de negocio.

5. Bibliografía y referencias

- [1] Ashby, R., (1956). *An Introduction to Cybernetics*, Chapman & Hall, London.
- [2] Beer, S (1984). The viable system model: Its provenance, development, methodology and pathology. *Journal of the operational research society*. Vol 35, 1984, pp 7 - 25.
- [3] Box G., Tiao G..(1992), "Bayesian Inferences in Statistical Analysis". Wiley-Interscience Publication. USA.
- [4] López de Castilla, C. (2011). "Estadística Bayesiana" Universidad Nacional Mayor de San Marcos. EP4066. 2011-2. agosto 18, 2011.
- [5] Pérez J ET AL, (2003). Redtemp: Red Temática de Pensamiento Sistémico. Una red evolutiva para la comunidad de sistemas, V Congreso de Ingeniería de Organización, Valladolid - Burgos, 4-5 de septiembre de 2003.

- [6] Castillo M., Mendoza A. (2004). "Diseño de una Metodología para la Identificación y la Medición del riesgo Operativo en Instituciones Financieras". Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Revista 19. Bogotá, Colombia.
- [7] Pérez J., Sánchez M (2001). Gestión de conocimiento: un enfoque cibernético, IV Congreso de Ingeniería de Organización, Sevilla, 13-14 de septiembre de 2001.
- [8] Senge, P. M. (1993). Transforming the practice of management. *Human Resource Development Quarterly*, 4(1), 5-32.
<http://dx.doi.org/10.1002/hrdq.3920040103>
- [9] Schwaninger, M. (2015). Organizing for sustainability: a cybernetic concept for sustainable renewal. *Kybernetes*, 44(6/7), 935-954.
- [10] Thoumrunroje, A., & Tansuhaj, P. (2007). GLOBALIZATION EFFECTS AND FIRM PERFORMANCE. *Journal of International Business Research*, 6(2).
- [11] Van Gigch, J. P. (1987). Teoría general de sistemas. Trillas.
- [12] Wiener N. (1988) *Cibernética y sociedad*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.