

## ALGUNAS ANALOGÍAS ENTRE LOS SISTEMAS DE INGENIERÍA Y LOS SISTEMAS ADMINISTRATIVOS (TERCERA PARTE)

### Some Analogies between Engineering and Managerial Systems (Third part)

#### RESUMEN

En el presente artículo se continúan recopilando algunas analogías entre sistemas que pertenecen a las ciencias de la Ingeniería y sistemas que pertenecen a las ciencias Sociales, entre las cuales está la Administración, por lo cual se puede afirmar que en los últimos se presentan relaciones de funcionalidad muy similares a las encontradas en los primeros.

**PALABRAS CLAVES:** Activos fijos, activos corrientes, lanzamiento de un nuevo producto, cuatro P's del mercadeo, word of mouth advertising, benchmarking, sistemas de control retroalimentado.

#### ABSTRACT

*In this piece the authors go on describing some other analogies between engineering and managerial systems; it can be said that in the latter there exist functional relationships very akin to those found in the former.*

**KEYWORDS:** *Fixed assets, current assets, new product releasing, marketing four P's, publicidad de boca en boca, benchmarking, feedback control systems.*

#### 1. INTRODUCCIÓN

En dos (2) artículos pasados [1], [2] se estudiaron ocho (8) analogías entre los sistemas administrativos y los sistemas ingenieriles, y en otro anterior a éstos [3] los autores habían empezado a desbrozar este camino, tratando de demostrar que el que hoy por hoy recibe el nombre de “proceso administrativo” no es mas que una extrapolación del concepto “proceso” que siempre se ha manejado en las industrias químicas.

Con estos antecedentes los autores, quienes orientan asignaturas que pertenecen al área técnica tales como Fisicoquímica, Industrias Químicas, Mecánica de Fluidos, Termodinámica, etc., continuamos la nunca fácil tarea de encontrar ó establecer nuevas analogías entre el campo de la Ingeniería y el campo de la Administración, los cuales se sabe que son complementarios, pero desafortunadamente en muchas ocasiones se observa que el segundo es menospreciado ó subvalorado por los profesionales del primero<sup>1</sup>.

Lo descrito anteriormente se justifica plenamente en el hecho de que “las analogías son muy buenos comunicadores” [4] y en el hecho de que éstas “se constituyen en herramientas poderosas en manos de los expertos” [5]. Pensamos que de alguna manera todos los profesores habremos utilizado analogías ó símiles ó comparaciones en nuestras clases universitarias, analogías que ocupan lugares destacados en la taxonomía del conocimiento. También otros autores tanto en el

#### LUIS GUILLERMO RIOS A.

Ingeniero Químico, M. Ing., MBA  
Profesor Asociado  
Facultad de Tecnología  
Universidad Tecnológica de Pereira  
luis@utp.edu.co

#### YAMAL MUSTAFA IZA

Ingeniero Mecánico, M. Ing.  
Profesor Asociado  
Facultad de Ingeniería Mecánica  
Universidad Tecnológica de Pereira  
yamal@utp.edu.co

campo de la Administración, por ejemplo uno mundialmente conocido en el área de Organizaciones como lo es Gareth Morgan, como en el campo de la Ingeniería, por ejemplo uno mundialmente conocido en el área de la Termodinámica como lo es el Profesor Yunus A. Cengel de la Universidad de Nevada, han utilizado analogías con el objeto de que sus lectores ó estudiantes entiendan mejor, ó más fácilmente, algunos conceptos al relacionar situaciones administrativas con situaciones técnicas, ó viceversa<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Gareth Morgan al estudiar la metáfora de las organizaciones como organismos dice textualmente lo siguiente [6, Capítulo 3]: “Los sistemas cerrados son *entrópicos* dado que tienen la tendencia a deteriorarse y agotarse. Por otro lado, los sistemas abiertos tratan de sostenerse importando energía para ensayar y desechar tendencias *entrópicas*. Por esta razón se dice que éstos se caracterizan por una entropía negativa”. Hay que aclarar que la palabra entropía, la cual se deriva de la palabra griega *e tropé* que significa transformación [7, p. 79], se define a partir de la eficiencia con la que la energía se puede convertir de una forma a otra, es decir, a partir de la Segunda Ley de la Termodinámica. De igual manera Yunus A. Cengel cotejando la Primera Ley de la Termodinámica en la cual se habla de la cantidad de energía, con la Segunda Ley de la Termodinámica en la cual se habla de la calidad de la energía, dice textualmente lo siguiente [8]: “Como una parte de nuestra cultura, nosotros parecemos fascinarnos con la cantidad, y se da poca atención a la calidad. Sin embargo, la cantidad sola no puede dar el panorama completo, y nosotros necesitamos considerar también la calidad. Esto es, nosotros necesitamos observar algo desde los puntos de vista tanto de la Primera Ley como de la Segunda Ley cuando se esté evaluando algo, *aún en áreas no técnicas*. Abajo nosotros presentamos algunos eventos ordinarios y mostramos su relevancia con la Segunda Ley de la Termodinámica”. A continuación Cengel y su coautor presentan dos ejemplos, el primero de los cuales es el siguiente: “Considere dos estudiantes Andy y Wendy. Andy tiene diez amigos quienes nunca se pierden sus fiestas y están siempre cerca de él cuando están pasando bueno. Sin embargo, ellos parecen estar

<sup>1</sup> Como dirían los norteamericanos, estamos hablando de las taken-for-granted-on-the-part-of-engineers ciencias administrativas.

## 2. ACTIVOS FIJOS Y ACTIVOS CORRIENTES

En sendos artículos de esta serie ya habíamos hablado acerca de temas contables. Tales fueron los casos de los costos explícitos, asociados con un desembolso físico de dinero, y los costos implícitos, aquéllos que no están asociados con tales desembolsos. En el primer artículo de la serie [1] se planteó una analogía entre los costos explícitos y el calor sensible relacionado con el cambio termodinámico que experimenta una sustancia pura al ser calentada @  $P = \text{const}$ , y entre los costos implícitos y el calor latente u “oculto” relacionado con el cambio de estado físico ó estado de agregación que experimenta una sustancia pura @ condiciones isobáricas e isotérmicas. En el segundo artículo de la serie [2] se habló de la analogía existente entre el “driver” que conduce los costos indirectos en el sistema de costeo tradicional, que sigue siendo erróneamente la mano de obra directa, MOD, y los “drivers” que conducen los Fenómenos de Transporte, o sea, los procesos de transferencia de momentum, calor, y masa, en ese orden estricto, forzados respectivamente por cambios ó gradientes en los potenciales mecánicos (presión), térmico (temperatura), y químico (ó másico).

Retomamos ahora el camino de las analogías, esta vez para establecer las que existen entre el vapor de agua sobrecalentado y los activos fijos, y el vapor de agua saturado seco y los activos corrientes ó líquidos. En Termodinámica se sabe que el vapor sobrecalentado es un vapor que está @ unas condiciones de  $T$  y  $P$  tales que no está a punto de condensarse. También se sabe que para llegar a este estado termodinámico ha sido necesario utilizar mucha energía, la cual se obtiene a partir de la energía química almacenada en el combustible, vía el calor liberado en la reacción de combustión exotérmica que tiene lugar en el hogar de combustión de la caldera; el vapor sobrecalentado es posteriormente distribuido a los distintos usuarios en las plantas de las industrias químicas, sean estos turbogeneradores ó bien procesos químicos u operaciones físicas de alta demanda térmica. Vale decir entonces que dicho vapor sobrecalentado obtenido a partir de agua líquida tratada que se bombea hacia la máquina de combustión externa ya mencionada, donde tiene lugar un calentamiento del líquido, seguido de un cambio de fase de líquido a vapor, y de un calentamiento adicional del vapor obtenido, no es más que un almacén de energía<sup>3</sup> y que su condición termodinámica es tal que no está a punto de condensarse

muy ocupados cuando Andy necesita de su ayuda. Por otro lado, Wendy tiene cinco amigos. Ellos no están nunca ocupados para ella y ella puede contar con ellos en tiempos de necesidad. Tratemos ahora de responder la pregunta: ¿Quién tiene más amigos? Desde el punto de vista de la Primera Ley, la cual considera solamente la cantidad, es obvio que Andy tiene mas amigos. Sin embargo, desde el punto de vista de la Segunda Ley, la cual considera también la calidad, no hay duda de que Wendy es la persona con más amigos”.

<sup>3</sup> Un cambio de fase es generalmente una buena forma de almacenar energía [9, p. 41].

en líquido. Cabe citar aquí el papel que cumplen los activos fijos en la empresa productiva en marcha; dichos activos también han sido obtenidos con mucho esfuerzo, esto lo puede afirmar fácilmente cualquier micro ó macro empresario, preferiblemente el primero, ó bien cualquier persona que al menos esté al tanto del funcionamiento de una economía doméstica. Por esta razón estos activos reciben este nombre tan determinativo, y nadie está pensando en venderlos, por lo cual en la Contabilidad Financiera podemos decir que los activos fijos “son los que no están a punto de liquidarse ó convertirse en dinero”. A propósito existe aquí otra analogía de tipo semántico entre condensar (“liquidar”) un vapor sobrecalentado y liquidar un activo fijo<sup>4</sup>.

Paralelamente al caso anterior hay que plantear la analogía existente entre el vapor saturado seco y los activos corrientes. En Termodinámica se sabe que el vapor saturado seco<sup>5</sup>, a diferencia del vapor sobrecalentado, es un vapor que está @ unas condiciones de  $T$  y  $P$  tales que sí está a punto de condensarse en líquido. Cabe citar aquí que el papel que cumplen los activos corrientes ó activos líquidos en las empresas no es otro que el de “convertirse fácilmente en dinero” no solo desde el punto de vista de su fácil realización (v. gr. activos financieros) sino también desde el punto de vista de la intención de hacerlo.

## 3. LANZAMIENTO DE UN NUEVO PRODUCTO

Pasando del campo de la Contabilidad Financiera al campo del Mercadeo, encontramos otra analogía muy importante entre el lanzamiento de un nuevo producto al mercado y el cambio de entalpía en un proceso termodinámico.

En Termodinámica se sabe que para un proceso de cambio de estado físico ó estado de agregación v. gr.

<sup>4</sup> A pesar de que exista claridad en el argumento anterior, hay que decir que por otro lado existe una diferencia entre estas entidades desde el punto de vista de lo que los contadores denominan intención, en el sentido de que además de que el activo fijo no es, en general, de fácil realización, tampoco se tiene la intención de venderlo. No ocurre así con el vapor sobrecalentado, el cual si bien no está a punto de condensarse, como ya se dijo, sí fue obtenido con la intención de condensarse posteriormente a lo largo de las etapas subsiguientes que completan el ciclo termodinámico que se lleva a cabo en esa gran (por el tamaño descomunal) máquina térmica denominada de varias formas en las industrias químicas, entre ellas central de energía y vapor (de calentamiento) ó steam power plant.

<sup>5</sup> En realidad el vapor de agua saturado seco es un estado termodinámico ideal que solo existe como tal en las tablas termodinámicas correspondientes, mejor conocidas con el nombre de Steam Tables. En la práctica es cercanamente imposible obtener dicha fase termodinámica en una caldera, por lo cual se define la propiedad termodinámica intensiva calidad ó título de un vapor húmedo, simbolizada con la letra  $x$ , como la fracción másica del vapor saturado presente en la mezcla formada por el vapor saturado y el líquido saturado. A pesar de que este valor puede ser muy cercano a 1, existen procesos en los cuales no se permite ningún arrastre de gotas de líquido por parte del vapor, por lo cual se opta por generar un vapor sobrecalentado, el cual sí está completamente seco.

para convertir el agua líquida saturada en vapor de agua saturado seco @ P y T constantes, es necesario, en primer lugar, romper los enlaces que existen entre las moléculas del líquido para que se pueda formar el vapor, para lo cual se suministra calor al sistema. Sin embargo, la fase vapor que aumenta progresivamente en cantidad a expensas de la fase líquida en la medida en que continúa la transferencia de calor hacia el sistema, no tiene de suyo un espacio físico ganado<sup>6</sup>, y es el propio vapor recién formado el que tiene que abrirse su propio espacio cúbico empujando literalmente los alrededores locales del sistema, lo cual se traduce en una “energía de carga” producto de la presión del sistema por el volumen generado [10, Capítulo 8]. En estas condiciones, el cambio de entalpía asociado con el paso desde el líquido hasta el vapor contabiliza no sólo el ya mencionado cambio endotérmico en la energía interna para romper los enlaces presentes en el líquido, es decir la energía necesaria para obtener el vapor ó producto como tal, sino la energía endotérmica de carga que corresponde al trabajo que dicho vapor tiene que hacer contra los alrededores para poder hacerse acreedor a un volumen propio.

Desde el punto de vista de la empresa productiva en marcha, la situación descrita anteriormente es análoga al lanzamiento de un nuevo producto al mercado. Si bien es posible obtener nuevos productos ó servicios con base en el argumento de la satisfacción de las necesidades de los clientes en términos de calidad, costo, y programación<sup>7</sup>, como lo enseñaron los gurús de la calidad total<sup>8</sup> Philip Crosby, Joseph M. Juran, y W. Edwards Deming, dichos productos ó servicios nuevos no adquieren su propia identidad, ó mejor, no existen como tales, sino en el momento en que aparecen “codificados” ó indizados en las listas de compra de los consumidores. Pero dado que “no hay almuerzo gratis” como dicen los economistas<sup>9</sup>, lo anterior amerita un verdadero, arduo, y largo trabajo de mercadeo que empieza con la obtención del nuevo *producto*, su colocación en los *puntos de venta* claves a un *precio* que no esté atado a los costos de producción sino que sea competitivo en relación con los productos pares ya existentes en el mercado, y el lanzamiento de una campaña de *publicidad* por todos los medios de comunicación masivos. Solo de esta manera, es decir después de estudiar cuidadosamente las famosas cuatro (4) P’s del Mercadeo, los fabricantes del que ahora sí puede decirse que es un nuevo producto, pueden esperar que éste va a ser ensayado por parte de los consumidores con miras a obtener su aprobación. Pero este es sólo el inicio, paradójicamente el nuevo *producto* será tal una vez desaparezcan las restantes tres (3) P’s de la mezcla

de mercadeo, es decir cuando ya no los consumidores sino los clientes comprenden repetidamente el producto sin importar el *precio* que tenga que pagar por él, ni el *punto de venta* hasta el que tengan que ir para conseguirlo, y la *publicidad* no sea pagada por la empresa fabricante a los medios de comunicación, sino hecha por parte de los propios clientes utilizando el canal más efectivo que existe, el denominado por los norteamericanos word of mouth advertising, que en nuestro medio pudiéramos llamar publicidad de “boca en boca”. Reiteramos, solo en este momento<sup>10</sup>, el nuevo producto ya posicionado y codificado en las listas de compra de los clientes merced a la muy positiva relación beneficio-costo que obtienen, entra a tener un peso específico en la mezcla de producción de la empresa fabricante. De lo contrario el anterior no fue más que un ejercicio de producción que no dio los frutos esperados.

#### 4. CONTROL

Una de las formas más socorridas de control que se ha practicado toda la vida en el sector empresarial se conoce con el nombre de *benchmarking*, consistente en compararse con la competencia; este nombre se deriva de la palabra inglesa *benchmark* que significa “punto de referencia”. Las empresas son agrupaciones de personas y por esta razón la cultura empresarial es una función de varias variables cada una con distinto peso<sup>11</sup> adonde van a parar los comportamientos propios de las personas como tales. Todos nosotros recibimos en la infancia modelos de comportamiento recomendados por nuestros mayores en relación por ejemplo con el rendimiento escolar, donde los mejores estudiantes se convertían en objeto de emulación por parte de sus pares, quienes siempre trataron de igualarlos. Pues bien, entre las empresas que pertenecen a los distintos sectores industriales siempre encontramos una ó unas pocas que llevan la delantera del sector mientras que las restantes se convierten necesariamente en seguidoras de las primeras<sup>12</sup>. El descrito, además de ser un fenómeno u ordenamiento completamente natural en el sentido de que siempre habrá alguien que esté adelante y otros que estén atrás, se constituye en un generador de su propio

<sup>10</sup> Es decir cuando el producto está en el “top of mind” de los clientes, como dirían los especialistas en Mercadeo.

<sup>11</sup> Dicen los expertos que estudian el tema que la variable de mayor peso específico es el pensamiento mismo del líder ó cabeza visible de la organización.

<sup>12</sup> En este punto hay que aclarar, sin embargo, que la historia empresarial contiene varios casos en los cuales ser el primero no es siempre lo mejor, y, por el contrario, han sido los seguidores quienes han cosechado los mejores y más abundantes frutos en distintos negocios. Baste para el efecto citar el caso de la fabricación de las videograboradoras, segmento de la industria electrónica en el cual no fue la empresa pionera la que finalmente obtuvo la mayor participación en el mercado, sino otra competidora seguidora, para lo cual empleó una estrategia poco usual en su momento como lo fue el reformateo del producto, lo que llevó finalmente a la reestandarización del mismo en los mercados mundiales.

<sup>6</sup> No ocurre lo mismo con los estados físicos condensados de la materia, el sólido y el líquido, los cuales tienen ganado de antemano un volumen propio.

<sup>7</sup> Programación de la entrega del producto.

<sup>8</sup> O también con el argumento de generar nuevas necesidades de consumo, tal como se practica actualmente.

<sup>9</sup> O que “no hay noche gratis” como dicen en Monterrey, México,

momentum, dado que son precisamente esas diferencias ó gradientes que existen entre los primeros y los segundos las encargadas de mantener el que literalmente puede llamarse “ritmo de competencia”, en el cual los que llevan la delantera no quieren ser alcanzados, mientras que los seguidores siempre quieren acortar estas distancias. Esta es la dinámica que ha mantenido a muchas de nuestras empresas en operación, y en otro plano, la que explica, al menos parcialmente, la superación y el progreso de las personas.

Bueno, ¿pero qué analogía podemos establecer entre la situación administrativa descrita y el campo de la Ingeniería? Una respuesta a esto la encontramos en las plantas de las industrias químicas en lo que tiene que ver con los sistemas de control retroalimentado (feedback control systems) de las operaciones físicas y de los procesos químicos que allí tienen lugar, en los cuales es necesario mantener en todo momento una comparación entre el valor real de una variable en el curso de una transformación, y el valor previamente fijado para la misma en los procedimientos estándar de operación (SOP's por la sigla en inglés). Dicha comparación se lleva a cabo por medio de una malla de control formada por los siguientes componentes: En primer lugar, un sensor de la variable que está siendo monitoreada (variable controlada), el cual envía una señal a un transmisor, el cual a su vez envía otra señal a un controlador, que, como su nombre lo indica, compara el valor real de la variable controlada contra el valor prefijado para la misma, y dependiendo de la diferencia obtenida se envía una orden a una válvula de control (elemento de control final) para que regule en una dirección, ó bien en la dirección contraria, el flujo de otra variable (variable manipulada) que incide directamente en el comportamiento de la variable controlada. De igual manera que en el caso descrito en la primera parte del presente numeral, es la interacción entre las distintas variables que confluyen a las mallas de control, que parte del hecho simple de una comparación, la que imprime la dinámica que sustenta el control, y en últimas, los procesos mismos<sup>13</sup>.

## 5. COMPORTAMIENTO HUMANO

Como se desprende del ejemplo tomado del Profesor Cengel en la introducción del presente artículo, y del segundo artículo de esta serie [2], en el cual se concluyó que la capacidad de trabajo en grupo de los colombianos no es el agregado de las capacidades individuales de los trabajadores, de la misma manera en que el volumen de una solución líquida no es el agregado de los volúmenes de los componentes, existen algunas analogías entre el comportamiento humano y los sistemas de Ingeniería.

Un ejemplo de lo anterior lo constituye la resistencia que muchos adultos oponemos al cambio, aunque la mayoría no lo queramos reconocer. En muchas ocasiones nos sentimos más cómodos ó seguros con nuestra situación actual y evitamos cambios que impliquen modificaciones en nuestros hábitos ya sea laborales ó familiares. Este es uno de los motivos por los cuales un nuevo jefe puede entrar en conflicto con sus subalternos, ya que éstos han adquirido ciertas costumbres y se resisten muchas veces a seguir las nuevas orientaciones que implican cambios fuertes. Lo anterior es análogo a lo que sucede con los estados físicos condensados de la materia, el sólido y el líquido, los cuales exhiben naturalmente una gran resistencia al cambio volumétrico, siendo prácticamente incompresibles. Por el contrario, los niños son mucho más propensos al cambio, se amoldan más fácilmente, y en este sentido pudiéramos decir que el comportamiento de éstos es análogo al de los gases, los cuales exhiben muy baja resistencia al cambio volumétrico, siendo altamente compresibles.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de las ocho (8) analogías discutidas en los dos primeros artículos de esta serie y de las cuatro (4) discutidas en el presente, podemos concluir enfáticamente que sí existen muchas analogías entre los sistemas ingenieriles y los sistemas administrativos. Dichas analogías se constituyen no solamente en “buenos comunicadores” como se señaló en la introducción, sino en herramientas pedagógico-didácticas de una gran utilidad tanto en cursos técnicos como en cursos no técnicos sobre todo en el caso en el que los segundos tales como un curso de Administración ó de Finanzas se dicta a estudiantes universitarios de carreras técnicas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] RIOS A., Luis Guillermo y MUSTAFA IZA, Yamal. “Algunas Analogías entre los Sistemas de Ingeniería y los Sistemas Administrativos”. En: Scientia et Technica, Pereira: Universidad Tecnológica, No. 25, 2004, pp. 175-178.
- [2] RIOS A., Luis Guillermo y MUSTAFA IZA, Yamal. “Algunas Analogías entre los Sistemas de Ingeniería y los Sistemas Administrativos (Segunda Parte)”. En: Scientia et Technica, Pereira: Universidad Tecnológica, No. 28, 2005, pp. 133-137.
- [3] RIOS A., Luis Guillermo y MUSTAFA IZA, Yamal. “Origen de los Actuales Procesos Administrativos”. En: Scientia et Technica, Pereira: Universidad Tecnológica, No. 24, 2004, pp. 231-236.

<sup>13</sup> Máxime cuando el control de algunas operaciones físicas tales como la destilación involucra cuatro (4) mallas de control; ni que decir del control de una planta completa.

[4] GOYAL, Om P. "Add Depth to Technical Training". En: Hydrocarbon Processing, Houston: Gulf Publishing Co., November 2003, pp. 85-91.

[5] DYKSTRA, Clifford E. "Physical Chemistry: A Modern Introduction". Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1997, p. 26.

[6] MORGAN, Gareth. "Images of Organization". Newbury Park, CA: Sage Publications, Inc., 1986.

[7] SILVESTRINI, Vittorio. "Qué es la Entropía". Bogotá: Editorial Norma S. A., 1998.

[8] CENGEL, Yunus A., and BOLES, Michael. "Thermodynamics: An Engineering Approach" Fourth Edition. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2002, pp. 277-278.

[9] TINOCO, Jr. Ignacio, et al. "Physical Chemistry: Principles and Applications in Biological Sciences" Third Edition. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1995.

[10] LEVENSPIEL, Octave. "Fundamentos de Termodinámica" Primera Edición. México: Prentice-Hall Hispanoamericana, S. A., 1997.