

diga qué tan bien opera el sistema. Entre más elevada sea la anotación, mejor será la actuación. Un alumno en clase a veces llega a pensar que su objetivo es el obtener la calificación más elevada posible. En este caso la medida de actuación se hace bastante evidente y es interesante para muchos profesores observar que los alumnos tienden a obtener una calificación elevada aun sacrificando el verdadero significado del contenido del curso. Van en busca de las calificaciones elevadas porque creen que éstas conducen a becas y otras oportunidades en el futuro. Su objetivo *establecido* es aprender, pero su verdadera medida de actuación es la calificación.

De la misma manera, si observamos cuidadosamente ciertas ciudades, llegaríamos a suponer que el verdadero objetivo de su gobierno es mantener las oportunidades de ingresos elevados para los ciudadanos, proporcionándoles áreas de viviendas adecuadas, con recursos y lugares satisfactorios para su trabajo. Por lo tanto, lo que indica que la ciudad está tratando de servir a *todos* sus ciudadanos se ve refutado por la aceptación por parte del supervisor de la misma de sacrificar estas metas a favor de mantener las oportunidades del grupo de personas con ingresos superiores. La *verdadera* medida de actuación, entonces, es la capacidad de la ciudad de tener grandes industrias dentro de los límites de la ciudad y de mantener el nivel de ingresos del grupo considerado como elevados lo más alto que sea posible.

De igual manera, en el caso de ciertas empresas, algunos economistas piensan que el objetivo de la empresa no son sus utilidades netas, sino el crecimiento de su personal o de su utilidad bruta, representando estas dos medidas el tamaño de la empresa, por así decirlo. El punto es que, en estas empresas, los administradores están dispuestos a sacrificar cierta cantidad de utilidad para poder aumentar el tamaño de la empresa, en términos comprendidos de su personal, de sus ganancias brutas o de sus activos.

No habrá de sorprendernos que un estudio cuidadoso de ciertas universidades y colegios indica que la verdadera medida de su actuación no está en función de su educación, sino en función del número de alumnos que se gradúan.

INSUMO - PRODUCTO

Acabamos de examinar un ejemplo del administrador científico en sus funciones. Ahora llevaremos a cabo un examen de la lógica básica que utiliza y a la cual le llama un "modelo" del sistema. Un modelo, para el científico, es una manera en que el proceso del pensamiento humano puede ser amplificado. Como veremos, este método de amplificación y de hacer más poderoso el proceso del pensamiento toma forma de modelos que pueden ser programados en computadoras. Sin embargo, en ningún momento el científico piensa perder el control de la situación, simplemente porque consigue que la computadora haga por él parte de su razonamiento. Controla las suposiciones básicas: la computadora deriva algunas de las implicaciones más valiosas y más complicadas.

A continuación se ilustrará en forma sencilla el proceso de construcción de modelos. Los administradores científicos han encontrado muy útil en algunas ocasiones, pensar en un sistema como una clase de entidad identificable a la cual se le "incorporan" diversos tipos de insumos (personas, dinero, etcétera), y de lo cual se obtiene algún tipo de productos o servicios. Cuando pensamos de este modo en sistemas, llegamos a lo que se denomina el "enfoque insumo-producto" de sistemas.

Consideremos, por ejemplo, el sistema educativo de un estado. El cuerpo legislativo invierte dinero (un insumo) y se obtienen estudiantes (un producto) con diversos grados académicos.

cos: de secundaria, universidad y maestrías, etcétera. En este proceso el insumo es transformado en edificios, maestros, administradores, libros, etcétera. Y los insumos transformados, entonces, procesan a su vez a personas a quienes se les llama estudiantes, quienes egresan del sistema con varios tipos de educación y entrenamiento. Es interesante observar que cuando consideramos a la educación de esta manera, algunos de los componentes del sistema —por ejemplo, los profesores— son un producto del sistema y también entonces se convierten en uno de los procesadores internos del sistema. O sea, que el sistema crea algo de su propio potencial.

Otro ejemplo es el de transportes. Aquí, el insumo son el dinero y varios tipos de materiales, en tanto que el producto es el transporte de personas y bienes de un lugar a otro.

El enfoque de insumo-producto es una forma excelente de ver a la empresa industrial. El insumo de la empresa puede considerarse como la inversión inicial de fondos y, derivados de esta inversión, surgen varios tipos de productos que son distribuidos a varios consumidores, así como también dividendos que se devuelven a los inversionistas.

Ahora podríamos pensar en el sistema como una "caja cerrada" tal como lo hacen muchas personas. En este caso, únicamente preguntaríamos qué producto produce el sistema para una mezcla dada y la cantidad de insumo. No nos interesaría la parte interna del sistema, o sea la manera en que el contenido del sistema opera en el insumo para transformarlo en el producto. En este caso, la administración del sistema está interesada básicamente con la mezcla y la cantidad de los insumos. Se trata de administrar este insumo de tal manera que sea posible maximizar determinada cantidad y calidad del producto en proceso.

Pero en este capítulo queremos explorar la parte interna de la caja y determinar qué tipo de actividades deben llevarse a cabo dentro del sistema para elaborar el tipo más satisfactorio de producto.

Con este fin regresamos a la lista de las cinco consideraciones dadas en el capítulo 3, pues son la base del sistema para un administrador científico.

Recapitulando, necesitamos desarrollar una *medida de actuación* que se va a maximizar. Nos damos cuenta de inmediato que la cantidad total de producto no será muy probablemente la medida de actuación. Podríamos quedar impresionados del número de estudiantes que egresan de las instituciones educativas, de los automóviles que pasan por una autopista, o de los artículos que una empresa fabrica. Pero nuestra primera impresión tiene que ser modificada en algo por el costo de este esfuerzo, así como por la calidad del producto. El costo, en general, habrá de medirse en términos del insumo. La calidad tiene que medirse en términos de un objetivo final. Por lo tanto, la medida de actuación para un sistema será algo como un producto ponderado menos el costo del insumo, en donde las ponderaciones son determinadas por los estándares de calidad.

El *medio ambiente* del sistema de insumo-producto es el conjunto de condiciones que son relevantes para los administradores, pero que no están bajo su control. En parte, éstos son expresadas como restricciones al sistema: lo externo limita los recursos disponibles, las características de la demanda para el producto, etcétera. En parte, también, el medio ambiente describe la tecnología del sistema, o sea la manera en que el insumo se transforma en producto, considerando que la investigación y desarrollo no son "partes" del sistema; si lo fueran, entonces el nivel de tecnología puede convertirse en una consideración para los administradores.

Los *recursos* del sistema de insumo-producto son la base para el insumo, generalmente dinero, personal y equipo. Los administradores deberán decidir cuánto tienen disponible de cada recurso y una vez que lo hagan, fijarán las restricciones sobre las actividades del sistema, por ejemplo, en términos de pesos, cuánto puede gastar cada componente, o el personal que cada componente puede emplear. Pero, al contrario de las restricciones del medio ambiente que se consideran constantes y fijas, las restricciones de recursos pueden ser modificadas por los administradores, por ejemplo, pidiendo más capital o reasignando recursos entre los componentes.

A continuación se tienen los *componentes* del sistema. Queremos referirnos a los componentes en términos de varias clases

de "actividades" que se desarrollan dentro del sistema. En el caso de la educación, esto es, el número de profesores u horas-hombre dedicados a la enseñanza, el número de salones de clase disponibles, el número de libros en la biblioteca, etcétera. Tal como se señaló anteriormente, el administrador científico no se dejará impresionar sólo por el tamaño de la actividad, salvo que se pueda demostrar que la actividad es decisiva. El enfoque científico de sistemas consiste en relacionar la cantidad de actividad de cada componente con la medida de actuación, o sea, el resultado del producto.

Por último, deseamos examinar cuidadosamente la administración del sistema insumo-producto en términos del control de tales sistemas.

Para poder aclarar las ideas del administrador científico, necesitamos pedir al lector un poco de condescendencia, para que nos permita hacer algunas consideraciones útiles que sean ideales y simplificadas, con objeto de aclarar la lógica básica del análisis del insumo-producto. En el siguiente capítulo examinaremos una situación más realista que va al otro extremo debido a que sus dificultades e incertidumbres son muy numerosas; muchas de las ideas que aquí se desarrollan, se modificarán para ajustarse a las realidades del ejemplo.

Por el momento consideremos una empresa industrial que fabrica 100 artículos, digamos 100 diferentes tipos de muebles. Supongamos que esta empresa debe vender a un precio fijo cada artículo que fabrica (lo cual es ya una suposición irreal, pero habiendo pedido su condescendencia, por favor sea paciente).

Ahora supongamos que los contadores pueden determinar exactamente cuánto cuesta fabricar y distribuir cada producto (esto también no es muy real, como habremos de verlo más adelante). Estas dos suposiciones de nuestra parte nos permitirán decir que para cada producto, nosotros podemos determinar la utilidad que genera para la empresa. Al pensar en la empresa desde el punto de vista de sus inversionistas, podremos decir por el momento que el principal objetivo es el de maximizar la utilidad neta, o sea el ingreso bruto menos el costo. Obviamente, todo lo que necesitamos hacer es determinar cuán-

tas utilidades genera un producto para la empresa e inversionistas y restar de esto los costos de manufactura y distribución, y así determinar para un año determinado y para cada producto la utilidad total neta.

En este ejemplo sencillo, pues, podremos identificar fácilmente los cinco pasos de la descripción del sistema:

1. La medida de actuación es la utilidad neta.
2. El medio ambiente es la restricción sobre el capital, el precio de cada producto (observe que éste es fijo de acuerdo con nuestro supuesto), la demanda para el mismo (supusimos que ninguna acción por parte de los administradores podría cambiarla) y el nivel tecnológico (el número de unidades de cada producto que pueden producirse por unidad de recursos).
3. Los recursos son el capital y personal del sistema.
4. Los componentes son las líneas de productos, o sea, subsistemas que producen y venden cada producto (observe que en este ejemplo simplificado, la identificación del componente, o "misión", es más o menos obvia).
5. La administración es quien toma la decisión respecto a la cantidad de recursos que se hayan de asignar a cada línea de producto.

Consideremos ahora los componentes, puesto que éstos son básicos para nuestro diseño del sistema. El número de unidades determinado de un producto que producimos en un determinado año es la medida de la actividad asociada con la línea de producto. Cada actividad de producto representa un componente del sistema total y, asociada con cada cantidad de actividades, constituye un número que representa el beneficio para la empresa.

Específicamente, en este ejemplo simplificado, suponemos que la contribución de cada línea de producto a los resultados totales de la empresa, o sea la utilidad neta total para el año, es exclusivamente una función de su propia actividad. Entre mayor sea la actividad, suponiendo todo lo demás constante, mayor será la utilidad total de la empresa. En otras palabras, cada línea de producto opera "por su propia cuenta" y no interfiere con otra, o mejora la productividad de otras líneas de

productos. En lenguaje de sistemas, se trata de un componente "separable".

Sin embargo, debemos hacer notar que algunos productos pueden rendir más utilidades que otros. Esto significa que su contribución a la utilidad neta por unidad de actividad es mayor que en el caso de otros productos.

La situación puede representarse sencillamente en términos matemáticos si suponemos que la contribución de cualquier actividad a la utilidad total puede mostrarse en una "ecuación de proporcionabilidad" muy sencilla. Si z representa la utilidad neta total de la empresa, entonces todo lo demás permanece constante, supondremos que z tiene una relación específica a la actividad de cada línea de producto. Por lo tanto, si permitimos que x_1 represente el número de artículos de la línea de productos 1, que son manufacturados y distribuidos durante el año, entonces suponemos que z guarda la siguiente relación con x_1 .

$$z = a_1x_1 + b_1$$

Por ejemplo, si cada artículo de la primera línea de producto se vende en 200 pesos y el costo de manufactura y distribución es de 150, entonces la utilidad z aumentará a 50 pesos por unidad del primer producto; de tal manera, a_1 en la ecuación anterior es 50. b_1 representa lo que los contadores llaman "costos fijos" asociados con la planta, administración, etcétera. Éstos son costos que no pueden eliminarse en tanto el negocio esté operando. Los costos fijos se distribuyen entre las líneas de productos de acuerdo a alguna práctica contable, de tal manera que b_1 representa la cantidad de costos fijos (cargos indirectos) asociados con la línea de producto 1. Como veremos, no interesa cómo se llevó a cabo esta distribución en cuanto corresponde al diseño del sistema. Por lo tanto, aun cuando los contadores discuten mucho acerca de lo que llaman "asignación de gastos indirectos" (o sea, las b) a cada departamento, en términos del enfoque del científico a sistemas, esta asignación es irrelevante.

Si procedemos de esta manera, entonces tendremos una visión clara de cómo los componentes contribuyen a medir enteramente la actuación de la empresa. Si consideramos la línea de productos 2, suponemos que la contribución a los resultados de la empresa se da por

$$z = a_2x_2 + b_2$$

Observe que a_2 y a_1 no necesariamente son los mismos; si a_2 supera a a_1 , entonces la segunda línea de productos contribuye más por unidad de actividad que la primera. Esto no necesariamente significa que la segunda línea de productos sea mejor que la primera, porque es posible, como veremos, que la segunda utilice recursos muy escasos, de bajo precio.

En general, tomamos todas las ecuaciones como las antes presentadas, para cada línea de producto y las agrupamos en una gran ecuación que presentamos a continuación.

$$z = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + B$$

En este caso las a_1 , a_2 y a_3 representan la utilidad neta que se deriva de cada uno de los productos 1, 2, 3 y la B al final de la ecuación representa el total de costos fijos de la empresa, o sea, $b_1 + b_2 + \dots$. Parece ser que ahora hemos llegado a una forma sencilla de administrar el sistema. Nuestro problema será determinar las cantidades de cada actividad, o sea x_1 , x_2 , x_3 , de tal manera que se maximice z , la utilidad neta total de la empresa. Inmediatamente vemos que la máxima de z es por completo independiente de B , los costos fijos, así como será independiente de la manera en que se asigne B a las líneas de los productos.

Pero ahora surge algo raro a nuestra consideración. Hemos hecho la observación que x_1 , x_2 y x_3 , que son actividades, no podrán ser negativas. O sea, en la forma de pensar del científico resulta imposible producir cantidades negativas de artículos. Por tanto, todas las x son cero o positivas. En consecuencia, z habrá de aumentar a medida que x aumente y esto sugeriría que entre mayor sea la actividad que se lleve a cabo, esto será