

Un ensayo sobre la concepción sistema aplicada a la empresa de seguros

Por
JESUS VEGAS ASENSIO

I. Introducción

En la concepción moderna del problema actuarial el ente asegurador o en general, el empresario, si consideramos la empresa como unidad de decisión con riesgo, actúa como decisor en ambiente de riesgo, (las decisiones dán lugar a consecuencias con distribución de probabilidad conocida por el decisor), o de incertidumbre (ley de probabilidades desconocidas) necesitando captar la máxima información del medio en que actúa y tener en cuenta las interrelaciones entre los flujos de información del ambiente, sus posibles estados y respuestas a las acciones del decisor. Es decir, la concepción del ente asegurador como sistema de Información-Decision.

De ahí nos surge la necesidad de ir incorporando la sucesiva información del ambiente (con su grado de «credibilidad») al caudal de conocimientos (con su grado de «fiabilidad») que posee el decisor para tomar decisiones, y esto se consigue dando entrada a los principios de la Estadística Bayesiana y de la Teoría de la Información. En efecto, la predicción y el aprendizaje, la búsqueda de leyes de comportamiento (ya sean naturales, físicas, estadísticas o técnicas) cuyo conocimiento asegure la eficacia en la acción, consiste en aumentar la redundancia del ambiente en que se actúa, es decir, el stock relativo de información que de él posee el decisor.

De esta forma el decisor disminuye su entropía subjetiva \hat{H} acercándose a la entropía objetiva H , que es su límite más pequeño. El valor de H nos expresa el riesgo estadístico de una determinada actividad económica, siendo:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i, \text{ en donde } n \text{ expresa el número de estados posibles del sistema}$$

y P_i la probabilidad del accedimiento del estado X_i ($i=1, 2, \dots, n$).

Si definimos la entropía subjetiva del decisor por medio de la expresión: $\hat{H} = - \sum_i \hat{P}_i \log \hat{P}_i$ en donde \hat{P}_i es la probabilidad subjetiva o grado de creencia del decisor acerca de la presentación del estado X_i , se demuestra que $\hat{H} \geq H$ y la diferencia

entre la entropía subjetiva \hat{H} y la entropía objetiva H , nos mide la incertidumbre del decisor. Cuando el decisor está en situación de plena información, entonces desaparece su incertidumbre, verificándose que $\hat{H} = H$; en este caso se dice que el decisor se encuentra en equilibrio estadístico con el ambiente en que desarrolla su actividad.

Esta nueva concepción del proceso de la dirección (concepto de *managing by system*) ha irrumpido de manera especial en la segunda mitad del presente siglo contribuyendo en gran medida a ello, en primer lugar los avances en el estudio de la informática como ciencia que versa sobre la captación, procesamiento y utilización de la información en la toma de decisiones óptimas, y en segundo lugar la aplicación de los ordenadores electrónicos, como técnica al servicio de la Dirección, lo que ha permitido la instrumentación de los sistemas cibernéticos de información-decisión al conseguir la recogida de un volumen de datos extraordinariamente elevados de forma semejante a cómo actúa un organismo humano.

Por todo ello y junto al concepto básico de regulador cuyo objetivo es mantener las variables esenciales del sistema dentro de los límites adecuados, previamente prefijados, y por muy diversas que sean las perturbaciones que influyen sobre dichas variables esenciales, un sistema de decisión consiste en considerar a la unidad de decisión como una estructura input-output, lo más similar posible a un sistema biológico.

II. Metodología de los sistemas

El término «sistema» es hoy día uno de los más empleados en la gran mayoría de las disciplinas científicas (física, química, matemáticas, economía, cibernética, etc.); sin embargo el concepto de sistema es utilizado en cada una de ellas de manera diferente y se aplica para resolver problemas muy distintos. Estas diferencias son principalmente debidas a los métodos y objetos específicos de cada ciencia.

En las ciencias experimentales tales como la física, la biología o la economía, el sistema representa una abstracción que se debe usar cuando la realidad se examina desde un punto de vista de una disciplina particular. Cuando investigamos acerca de la realidad, fijamos nuestra atención en alguna parte que nos interesa especialmente en un momento dado. Esta parte de la realidad se llama *objeto*, mientras que el resto lo denominaremos *ambiente*. Podemos comprender fácilmente que los límites entre ambos conceptos no son claramente diferenciables.

Para el estudio de ésta parte u objeto, y dada su complejidad, nos limitaremos a observar ciertos valores o medimos ciertas magnitudes. Aquí aparece el concepto de *variable* sin ninguna dimensionalidad, ni interpretaciones concretas.

Klir¹⁾ distingue las siguientes clases de variables; externas, internas, inputs, outputs, feedback, perturbaciones y variables de estado.

En el estudio de los Sistemas Dinámicos las variables son función del tiempo, existiendo unas relaciones funcionales o de otra índole entre las variables de estado y las de entrada al Sistema, así como entre las de salida y las de entrada del Sistema.

La teoría clásica hace especial referencia a la relación existente entre las variables de salida y las variables de entrada; sin embargo la Teoría moderna hace especial hincapié en las relaciones existentes entre las variables de estado y las variables de entrada, aproximándose a la concepción cibernética. Al tener en cuenta el tiempo interno aparecen flujos materiales, energéticos o de información. Con ello variables que en la consideración estática del sistema son datos ahora son variables de decisión para conseguir objetivos a largo plazo del decisor.

La teoría clásica de los sistemas dinámicos centra su interés en la posible relación funcional existente entre las variables de entrada $u(t)$ y las correspondientes señales de salida $y(t)$.

Si podemos expresar la citada relación por medio de una ecuación diferencial lineal de orden n , de coeficientes constantes, podemos escribir:

$$Y(s)[s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + \dots] - [0^+] = U(s)[b_0 s^n + b_1 s^{n-1} + \dots + b_n].$$

Siendo $[0^+]$ un término que es función de las condiciones iniciales de la señal de salida y que en la teoría clásica sería nulo. Despejando $Y(s)$ obtendremos,

$$Y(s) = \frac{b_0 s^n + b_1 s^{n-1} + \dots + b_n}{s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + \dots + a_n} U(s) + \frac{[0^+]}{s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_n}.$$

Por tanto si conociéramos la transformada señal de entrada al sistema $u(t) \rightarrow U(S)$ podríamos obtener la transformada señal de salida $Y(S)$ con sólo conocer $G(S)$ y el término de condiciones iniciales que son función de la ecuación diferencial.

En el estudio clásico se supone que todas las condiciones iniciales son nulas para obtener la respuesta forzada del sistema o lo que es lo mismo, suponer que el sistema parte del reposo. En estas condiciones, conociendo $U(S)$ y el factor $G(S)$, que es fiel reflejo de la ecuación diferencial, podemos calcular $Y(S)$; por lo tanto $G(S)$ es la relación funcional que caracteriza al sistema en el dominio de la variable S .

Por lo tanto en lugar de resolver la ecuación diferencial en el dominio del tiempo pasamos al campo complejo donde caracterizaremos al sistema por una función algebraica que llamaremos *función de transferencia*.

Por el contrario, la Teoría Moderna, pone su acento, en la relación existente, en lugar de entre las señales de entrada y de salida del sistema (función de transferencia), entre el estado del sistema y las perturbaciones o señales de entrada.

¹⁾ Klir, G. J. «General Systems Theory», 1969.

Básicamente se entiende como estado de un sistema en un instante t_0 la mínima cantidad de información que se requiere de él en ese instante para, conociendo la entrada a partir del t_0 , conocer su respuesta en cualquier tiempo posterior a t_0 .

La descripción matemática de un sistema en variables de estado se realiza con un conjunto de n ecuaciones diferenciales de primer orden de forma que cada una de ellas expresa los valores futuros (la derivada) de cada variable de estado en función del estado y las entradas actuales. Es decir, vectorialmente podemos expresar:

$$\vec{\dot{X}}(t) = \phi[\vec{X}(t), \vec{U}(t)], \quad \vec{X}(t_0) = X_0.$$

Ecuación diferencial cuya solución nos dá la trayectoria del sistema en el espacio de estados.

Una de las ventajas principales de esta forma de representación de sistemas es que permite plantear de forma unificada el problema del control, independientemente de que el sistema sea continuo o discreto, lineal o no lineal, variable o invariable con el tiempo, con varias entradas, etc. . . .

Las variables o atributos se observan a un determinado nivel (por ejemplo los numéricos con dos cifras decimales) y en un determinado punto del espacio-tiempo.

Esta fase de análisis se conoce como «nivel de resolución espacio-tiempo» de forma que cuánto mayor sea la precisión y la frecuencia de las observaciones, mayor será el citado nivel y viceversa.

La investigación experimental de un objeto (por ejemplo una empresa, un circuito eléctrico, etc.) desde un determinado ángulo de observación no concluye con la formulación de las relaciones entre las variables observadas.

Es necesario explicar dichas relaciones, es decir su descomposición en nuevas relaciones más sencillas. Por tanto la observación experimental de un objeto implica la investigación de un conjunto de variables diferenciado a un nivel dado de resolución, en la búsqueda de una expresión sencilla de la relación entre las variables y en el hallazgo de las propiedades que determinan las relaciones mencionadas. Diremos entonces que hemos definido un sistema sobre un objeto dado y desde un determinado punto de vista. Los elementos citados (*variables, relaciones, nivel de resolución y propiedades*) son los rasgos fundamentales de los sistemas estudiados por las disciplinas experimentales de la Ciencia.

En resumen, para nosotros el sistema se concibe como un conjunto de elementos interrelacionados entre sí, de forma que las variaciones de algunas magnitudes de cada elemento, llamadas variables de sistema pueden influir o ser influidas por las variaciones de las de los demás. Si las variables que se consideran en éstos elementos son físicas, económicas, biológicas, etc., nos encontramos respectivamente ante un sistema físico, económico, biológico, etc.

La teoría de sistemas lleva implícitamente un conjunto de actitudes, un marco elemental, una determinada forma de pensar acerca del objeto en estudio, tanto como una teoría definitiva y explícita. Cada vez que tenemos en cuenta los efectos indirectos que origina la variación de cualquier variable económica (por ejemplo, las variaciones en el consumo y en el precio de otros bienes al aumentar el precio de un bien), estamos aplicando el concepto de sistema.

III. Sistemas de control – servosistemas

Una característica esencial de los sistemas es que su diseño refleje el esfuerzo de controlar las interrelaciones de las distintas variables que los componen con el fin de regular el resultado final o las variables esenciales del sistema.

El control requiere:

- Un conjunto de elementos fundamentales u objeto de control, que constituye el proceso. Se pretende que la señal de salida que será normalmente la controlada, tome unos determinados valores (sistemas de control) o bien siga la señal de entrada (servosistema).
- Un *sensor* o dispositivo de medida del output o salida del proceso del sistema.
- Un dispositivo *regulador* que compare la salida obtenida del sensor con el nivel deseado de la misma.
- Finalmente un dispositivo *controlador* que genere una señal correctora o variable del control, que actuando sobre el proceso del sistema consiga reducir la diferencia entre la señal de salida lograda y deseada al mínimo posible.

Un sistema puede diseñarse como de «control por circuito abierto» o de «control de circuito cerrado». La diferencia estriba en que en éste segundo caso los cuatro elementos de control pertenecen al mismo sistema con lo que se efectúa un control mucho más riguroso. Una parte esencial de los sistemas de circuito cerrado es la realimentación; esto es, la salida del sistema es medida continuamente en términos de elemento controlado y la entrada es modificada adecuadamente para reducir el error o divergencia del sistema al mínimo posible.

Fig. 1

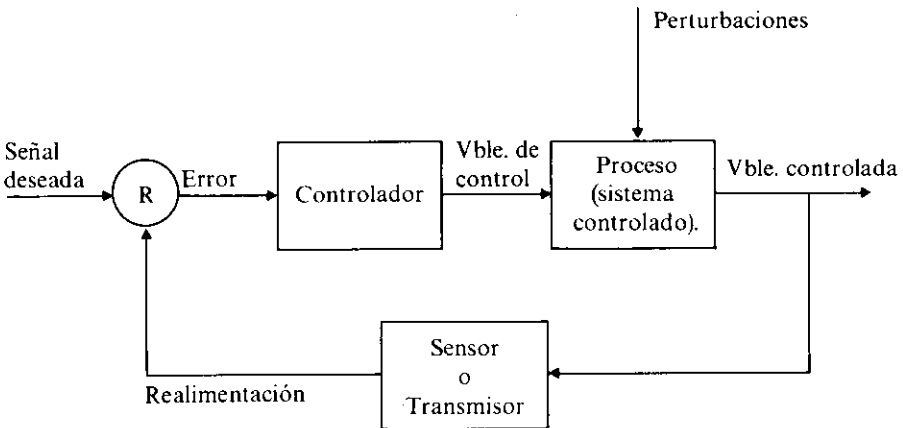
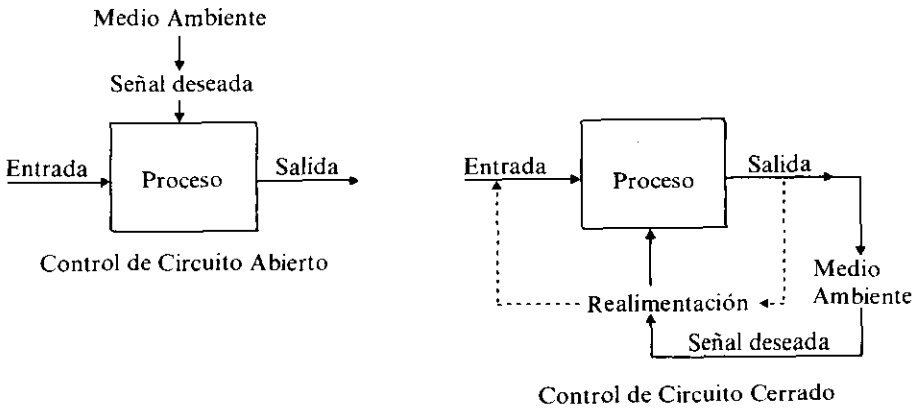
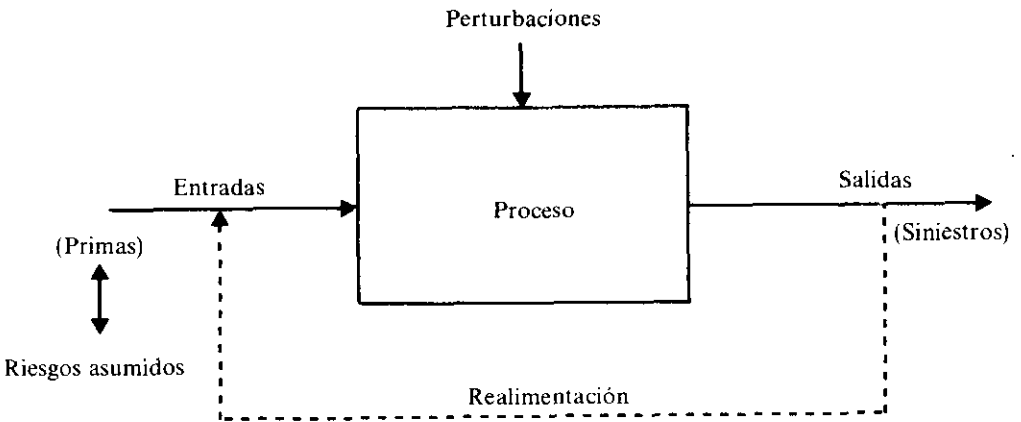


Fig. 2



En el ámbito actuarial, podemos encontrar interesantes aplicaciones de los sistemas de control. En efecto, consideremos el esquema input-output más sencillo de un asegurador directo:



El circuito de realimentación expresa el hecho de que los siniestros ocurridos estimulan la necesidad de buscar en el seguro la correspondiente cobertura de riesgos, con la consiguiente entrada de flujo de primas en el asegurador directo.

Se observa fácilmente que el *reaseguro de riesgos o reaseguro proporcional constituye un mecanismo de control de circuito abierto* ya que los elementos de control miden y actúan sobre las entradas del sistema, que en este caso son los riesgos asumidos que dan origen a una corriente o flujo para el asegurador directo.

Este mecanismo se observa que no tiene en cuenta las perturbaciones y no garantiza por tanto un control efectivo de la variable controlada (el índice de estabilidad en este caso).

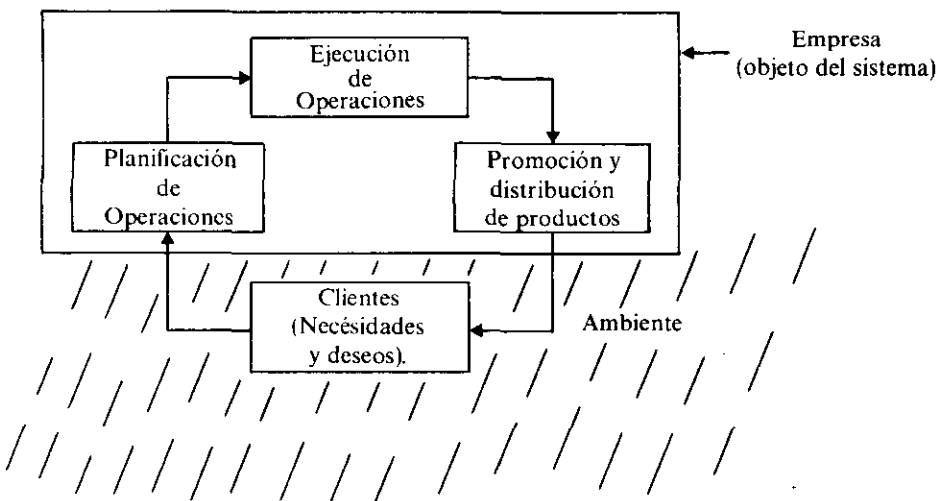
Por el contrario el *reaseguro de siniestros constituye un mecanismo de control por circuito cerrado*, ya que actúa sobre las salidas del sistema – siniestros habidos –, por lo que neutraliza los efectos de las perturbaciones y realiza un control mucho más perfecto de la estabilidad del sistema. En consecuencia, tomado como modelo de decisión el mecanismo de control óptimo, la modalidad de reaseguro más adecuada desde el punto de vista del cedente, es el reaseguro de siniestros (no proporcional), si bien en este caso el reasegurador asume el «peso» del control efectivo del sistema para lo que exigiría un precio normalmente mucho más alto del que demandaría en el supuesto de un control por circuito abierto (como sería la modalidad cuota-parte).

En las operaciones de *tarificación podemos encontrar otro ejemplo de sistema de control en la empresa de Seguros*. En efecto, siendo la variable controlada la siniestralidad real de cada póliza asegurada en relación con la prima que paga, la tarificación a priori o *class-rating*, es en realidad un sistema de control por circuito abierto, mientras que la tarificación a posteriori, por ejemplo el método del *bonus-malus*, constituye un mecanismo de circuito cerrado ya que la prima para cada período se vá determinando en este caso en función de la siniestralidad tenida en los períodos anteriores.

La Teoría de Sistemas considera a la Empresa como un *servosistema de decisión*. Y es importante resaltar la diferencia entre los – conceptos de sistema de control y de servosistema.

Si se quiere mantener el sistema en un punto de funcionamiento, es decir que las variables esenciales se mantengan estables en ciertos límites a pesar de las perturbaciones, estaremos ante un sistema de control. Por el contrario si queremos que las variables controladas sigan en el tiempo los valores de ciertas entradas al sistema, es decir las variables esenciales que se ajusten a unos límites que a su vez dependen

Fig 3



de las señales de entrada, entonces nos enfrentamos con el problema de diseño de un servosistema.

En la Fig. 3 se representa la empresa como servosistema apreciándose claramente cómo la organización está orientada hacia el mercado procurando generar y distribuir productos que satisfagan las exigencias y deseos del público a quién van destinados.

Pero éstas necesidades y deseos de los clientes cambian frecuentemente en las sociedades modernas, por lo que si el decisor quiere proveer con éxito los productos requeridos en cada instante, debe estar en continua comunicación con el mercado en que desarrolla su actividad. La índole de los cambios tiene que «realimentarse» al proceso de planificación por medio del cual se determinan para un período venidero, la naturaleza del producto, así como su creación, distribución y comercialización. Este proceso de realimentación (feedback) es a todas luces esencial para el éxito permanente de la empresa y es lo que caracteriza a los servosistemas empresariales.

IV. Estructura del sistema actuarial

Los sistemas actuariales de decisión son aquéllos que consideran a la empresa de Seguros como el objeto del sistema y por tanto tratan los componentes económicos actuariales del ente asegurador, integrándolos en un todo unitario con la finalidad de conseguir un marco apropiado para la toma de decisiones racionales.

Esta idea no es nueva en la Ciencia Actuarial; siempre que un autor ha pretendido abordar un problema complejo con criterio operativo ha tenido presente la idea del sistema. Sin embargo cuando se estudia aisladamente una componente cualquiera (primas, reservas, reaseguro, etc.), prescindiendo de las demás y del ambiente en que se toma la decisión ésta no constituirá una decisión dentro de un sistema.

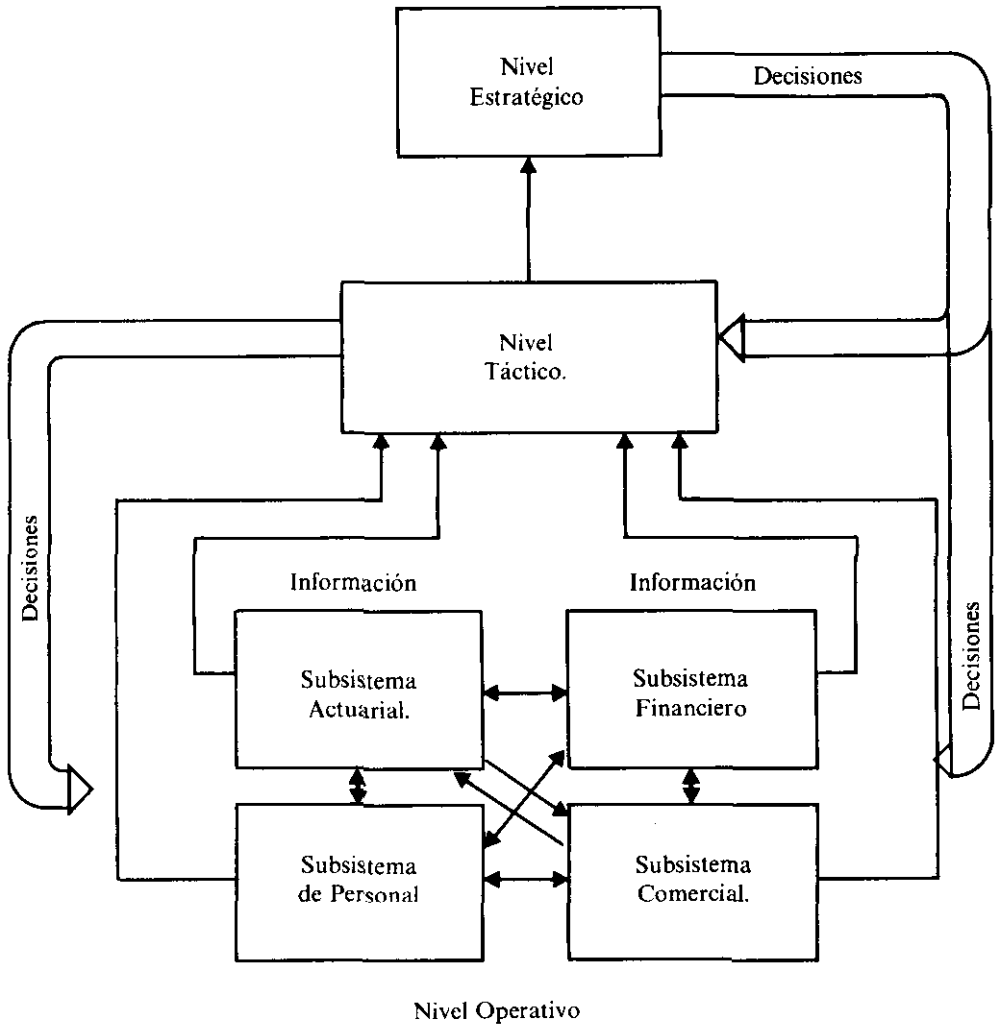
Recientemente han surgido autores que abordan el estudio de las decisiones en el Seguro bajo la concepción sistema, entre las que se encuentran las aportaciones de Pfeffer, Klock y Bohman²¹.

Nosotros vamos a distinguir en la empresa de seguros tres niveles de sistemas, estratégico, táctico y operativo, como indica la figura siguiente.

El nivel *estratégico* genera las políticas, programas y procedimientos que determinan la forma y el grado de interacción entre los otros dos niveles y el ambiente del sistema, así como sirve de lazo de conexión entre la empresa y su ambiente. Corresponde esencialmente a la función de establecimiento de planes y objetivos a largo plazo. El nivel *táctico* corresponde a la elaboración de planes a medio y corto plazo así como a la función de «organización» en la empresa en aras a conseguir los objetivos impuestos por el nivel estratégico. Sirve como canal de transmisión y filtrado de información entre los dos otros niveles.

Finalmente el nivel *operativo* es el que ejecuta los planes y utiliza los recursos de que dispone la empresa con propósitos óptimos.

²¹ Pfeffer, I., Klock, D. «Perspectives on Insurance», 1974. Bohman, H. «Insurance business describes by a Mathematical Model», Skan. Akt. 1973.



En general podemos afirmar que cada subsistema que integra el nivel operativo se caracteriza por el siguiente análisis input-output:

Subsistema comercial

Entradas

- a) *Del ambiente:* Clientes potenciales, productos y tarifas de la competencia, estructura del mercado, nivel de ventas e impacto de los productos de la empresa, política de la Administración (comisiones máximas legales a los agentes, etc.), conservación y caída de cartera, condiciones económicas generales.
- b) *Del sistema:* Capacidad de elaboración de nuevos productos, capacidad de ventas

(personal vendedor), recursos financieros, política comercial establecida por la gerencia.

Salidas

Al subsistema Actuarial sobre requerimientos técnicos, al subsistema financiero sobre ingresos por ventas de productos (primas) e información para la elaboración del presupuesto; al subsistema de personal sobre requerimientos del mismo; al ambiente (venta de seguros y publicidad).

Subsistema de personal

Entradas

Del ambiente: Política laboral, situación económico-laboral, actividad de la competencia.

Salidas

Personal especializado en las funciones de los restantes subsistema operativos (Actuarial, comercial y financiero) o personal directivo o perteneciente al Departamento de Proceso de Datos; nóminas de personal (subsistema financiero); análisis de los costes de administración y de producción, cobro y cartera (subsistema Actuarial).

Subsistema Financiero

Entradas

Ingresos monetarios en concepto de primas, de comisiones y participación en beneficios del Reaseguro cedido, de intereses de préstamos, de la cartera de valores, etc.

Salidas

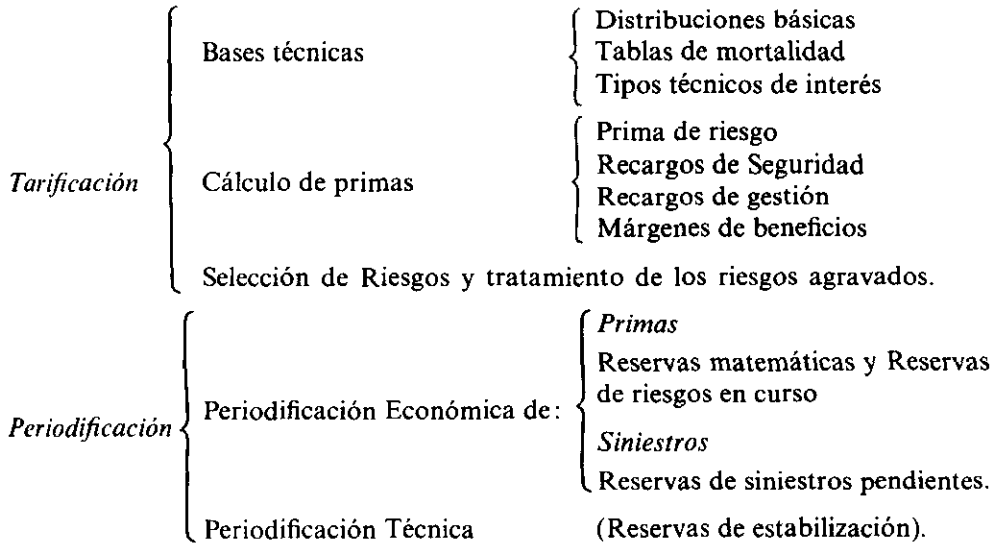
Egresos monetarios en concepto de pagos por siniestros, sueldos y salarios, primas de reaseguro cedido, reparto de beneficios a los asegurados, dividendos, intereses de los depósitos de los Reaseguradores, exacciones e impuestos, etc.

En cuanto al Subsistema Actuarial un análisis más detallado nos permite identificar los siguientes elementos:

Entradas de información { Interna, de la empresa
Económica, del subsistema comercial
Técnica

La Información Técnica consiste en información sobre distribuciones básicas (del número de siniestros y de la cuantía de cada siniestro), Tablas de Mortalidad, factores de riesgo, función de producción del servicio de seguridad.

Las funciones del Subsistema Actuarial afectan principalmente a las siguientes áreas:



Estabilidad: Estableciendo modelos matemáticos que permitan asignar los valores óptimos a las variables de decisión: recargo de seguridad (λ), modalidades y plenos de reaseguro (M) y Reservas de Estabilización (S). Las Teorías del Riesgo (Individual, Colectivo y Moderno) constituyen un adecuado instrumento para conseguir la estabilidad adecuada del ente asegurador.

Variables esenciales: { Índice de estabilidad o probabilidad de ruina de la empresa (ϵ).
Beneficio y dividendos repartibles.

Inversiones: (conjuntamente con el subsistema de Inversión) dando entrada a criterios de liquidez, solvencia y rentabilidad.

V. Fases del proceso de dirección

En la concepción sistema de la empresa aseguradora se define a ésta como una ordenación de componentes encaminados a conseguir determinados objetivos de acuerdo con un plan. Y el proceso de dirección de la empresa ha de llevar cuatro funciones básicas: Planificación, Organización, Control, Comunicación. Naturalmente que ésto supone una estrecha coordinación de éstas cuatro funciones para alcanzar los objetivos supremos del sistema.

1. Planificación: La función administrativa de la planificación es la que selecciona los objetivos de la organización, así como la política, programas, procedimientos y métodos para lograrlos.

La función de planificación proporciona esencialmente una estructura para la toma de decisiones integradas y es vital para cualquier sistema hombre-máquina. El proceso de planificación es el medio de llevar a cabo el cambio del sistema. Sin

la planificación el sistema no podría cambiar y no podría adaptarse a las diferentes fuerzas ambientales.

Hay dos clases de planificación:

- a) *Adaptativa*: que caracteriza a los sistemas adaptativos, cómo acabamos de ver.
- b) *Innovativa*: que configura a los sistemas innovativos. Es cuando la empresa influye y moldea el ambiente en que desarrolla su actividad; no sólo se adapta a los gustos del mercado, sino que, y ésto es más importante, es ella misma quién crea y satisface estos gustos.

2. *Organización*: Ayuda a coordinar el personal y recursos dentro de un sistema en tal forma que las actividades que ellos realizan los conduzcan a logros dentro de las metas del sistema. Esta función administrativa implica la determinación de las actividades requeridas para lograr los objetivos de la empresa, la subdivisión de éstas actividades y la asignación de autoridad y responsabilidad para sus actuaciones. Así, las funciones de organización proporcionan la interconexión entre los diversos subsistemas del sistema organizador total.

3. *Control*: La función administrativa de control es esencial para lograr que los distintos subsistemas lleven a cabo sus tareas de acuerdo con los planes. El control es esencialmente la medida y la corrección de las actividades de los subsistemas para asegurar el logro de un plan total.

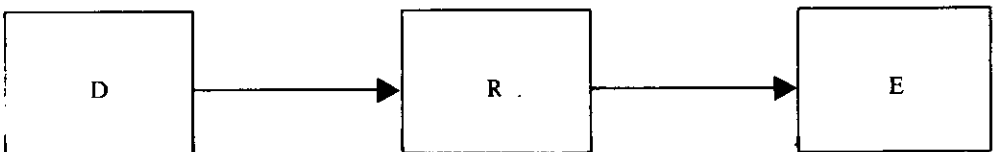
Los aspectos de la regulación y el control constituyen el tema central de la concepción cibernética, que relaciona la información, la regulación y la supervivencia del sistema. Para elaborar el esquema que nos establezca las vinculaciones entre los elementos fundamentales, vamos a representarla por:

D = *Conjunto de perturbaciones de entrada* (técnicas de mercado que afectan a la marcha normal del sistema. Como ejemplo están las perturbaciones que pueden afectar el beneficio de la Compañía como són las variaciones en la producción del servicio de seguridad, en los precios, en la competencia, en la composición de la cartera, etc.

E = *Conjunto de variables esenciales* para que el sistema sobreviva. Estas variables constituyen los objetivos de la empresa (maximización de la utilidad esperada del beneficio, que la probabilidad de ruina no sobrepase un valor dado, etc.).

R = *Mecanismo regulador* que evite las perturbaciones *D* se transmitan a *E* de forma desfavorable. En las empresas de seguros el ejemplo más representativo lo constituyen las Reservas de estabilización (*S*).

El esquema es:



Cuánto mayor sea el efecto de R , mayor será la posibilidad de supervivencia del asegurador. Se trata de evitar que la indeterminación de las perturbaciones afecte a las variables esenciales; por ejemplo se trata de abonar a los accionistas de la empresa unos dividendos estables aún en los años de coyuntura desfavorable.

Para evitar éstas indeterminaciones se puede proceder de dos modos:

- a) Mediante la interposición de algo estable que actúe como bloque pasivo (solución estática), como puede ser un capital C que lleve aparejados unos fondos de inversión fijos. Esta solución es antieconómica porque pueden resultar insuficientes, según las circunstancias, variaciones en las primas y en la siniestralidad, etc.
- b) Mediante un mecanismo dinámico que corrija y evite la indeterminación al ir recibiendo los flujos de información de las perturbaciones.

En la empresa de seguros nos encontramos que de las tres componentes de Estabilidad M (Reaseguro), λ (Recargo de Seguridad) y S (Reservas de Estabilización), las decisiones sobre las dos primeras (M y λ) dependen del resto del sistema.

En efecto, en nuestro país se suele operar en numerosos ramos con tarifas uniformes, en donde las primas puras están calculadas con bases de primer orden, es decir, con márgenes de seguridad implícitos, de forma que no se sabe qué porcentaje de la prima lo constituye la siniestralidad media esperada y qué porcentaje vá destinado a financiar las reservas de estabilización de la entidad aseguradora, es decir, sirve para compensar las posibles desviaciones desfavorables en la siniestralidad. Por otra parte, también es frecuente observar que, debido a la todavía escasa dimensión o potencial económico de los aseguradores directos españoles, lo cual es consecuencia, en parte, de la excesiva atomización del sector, éstos dependen estrechamente de sus reaseguradores extranjeros, los cuales imponen sus condiciones.

En consecuencia, al decisor sólo le cabe actuar sobre S , que será la variable de decisión a largo plazo más importante de la empresa de seguros.

Así pues, las Reservas de Estabilización juegan un papel primordial en una doble variante:

- 1) Constituyen el potencial o dimensión técnica de la empresa
- 2) Actúan como regulador de carácter dinámico para mantener estable el sistema en el tiempo.

4. *Comunicación*: La función de comunicación consiste básicamente en transferir información entre los centros de decisión dentro de los diversos subsistemas en toda organización. La función de comunicación incluye también el intercambio de información con las fuerzas ambientales.

Tomando como medida de información la función de entropía, ésta función nos puede servir para la toma de decisiones racionales en la empresa de seguros considerando ésta como sistema probabilístico.

En efecto, partiendo de la función general de utilidad de Barnard tendremos:

$$U(X) = E[X^\alpha P^{C-1}]$$

suponiendo que aceptamos el criterio de la medida geométrica podemos escribir:

$$\log U(X) = E[\alpha \log X + (C-1) \log P] = \alpha E[\log X] - (C-1)H(X)$$

siendo

$$H(X) = -E(\log P) = - \int_{\Omega} f(x) \log f(x) dx$$

la entropía de la función $f(x)$ asociada a la cartera.

Ello nos dice que la utilidad disminuye al aumentar la entropía que como sabemos considerada ex-ante, mide la incertidumbre.

Si consideramos y representamos por «X» la siniestralidad de la Cartera y por «Y» una determinada decisión (por ejemplo, elección del sistema o del pleno de reaseguro) y por $H(x/y)$ la función de entropía después de la decisión Y, tendremos:

$$H_c = H(X) - H(X/Y) \text{ es la información de canal (operaciones reaseguro)}$$

Cuando la operación no influya sobre X la información de la misma es nula (el canal es todo ruido) es decir, $H(X) = H(X/Y)$ y por tanto $H_c = 0$.

En el caso en que la operación influya de tal forma sobre X (por ejemplo se reasegura todo) que la información sea máxima se tiene:

$$H_c = H(x) \text{ (canal con máxima información).}$$

Entre dos operaciones que tengan la misma media geométrica y teniendo en cuenta:

$$\log U\{Y(X)\} - \log U(X) = (C - 1)H(X)$$

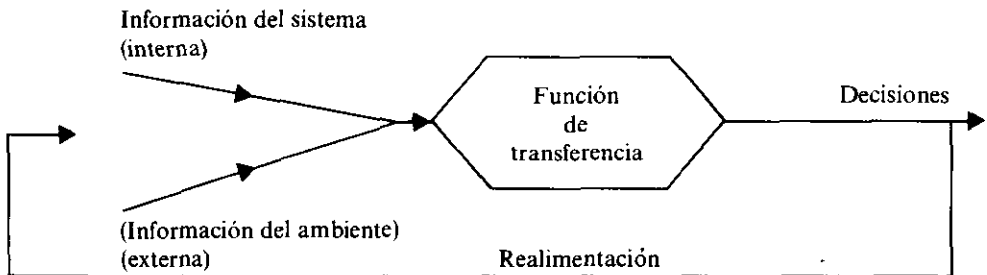
eligiremos aquélla que haga máxima. H_c , es decir que nos proporcione la máxima información. En realidad *el objeto de acudir al reaseguro es disminuir la entropía $H(X)$* y alcanzar de este modo la estabilidad adecuada para el asegurador directo.

Al integrar estos cuatro conceptos básicos llegamos a la consideración de la empresa como sistema de información-decisión.

En el sistema de información-decisión los centros de decisión deben recibir:

- 1) la cantidad de información adecuada. Tan pernicioso es un defecto en los flujos de información como un exceso que no permita ser asimilado a tiempo.
- 2) la clase de información que realmente necesiten
- 3) la información recibida debe llegar al tiempo preciso para la oportuna toma de decisiones óptimas.

El esquema es el siguiente:



Bajo esta concepción vemos cómo los outputs del sistema de un momento dado podrían ser inputs en el momento siguiente (feedback o retroalimentación); es decir, las decisiones que se tomen influirán sobre el ambiente y sus respuestas condicionarán las futuras acciones del decisor. Al llegar a este punto es preciso señalar que la teoría de sistemas no es nueva, sino que gran parte de ella se ha venido aplicando durante varios años en las ciencias naturales, especialmente en la física aplicada, dando origen a los «sistemas de Ingeniería».

Sin embargo, existe una diferencia fundamental entre los sistemas físicos y los sistemas en la empresa, y ésta diferencia radica principalmente en el significado que ambos conceptos asignan al término «función de transferencia».

Para la teoría clásica de los sistemas físicos, la función de transferencia expresa la relación funcional existente entre las entradas y salidas de los diversos componentes del sistema.

Sin embargo, los sistemas económicos, por su carácter cibernético, no pueden ser modelizados por ecuaciones diferenciales identificadas, por lo que el término de función de transferencia tiene un significado diferente. Para nosotros expresa todo *proceso de decisión matemático o no, en un sistema de control.*

Este proceso consta de los siguientes elementos:

Entrada: Información disponible

Salida: Decisión óptima

Función de transferencia: el proceso mediante el cual la información se convierte en decisión.

A su vez, la salida puede ser la entrada de otro proceso de decisión y así sucesivamente.

De esta forma la función de transferencia puede consistir en una expresión matemático-actuarial, en un modelo de programación, en un proceso de análisis estadístico y biométrico, en una regla de decisión, en técnicas de simulación, en juicios humanos subjetivos, en todo ello a la vez, etc.

También se nos puede plantear el problema de seleccionar la función de transferencia apropiada de entre varias posibles. En realidad la elección entra en el contexto de una función de transferencia a nivel superior, esto es, debemos «decidir cómo decidir».

A esta clase de decisiones se las denomina decisiones estructurales ya que identifican el conjunto de procesos de decisión posibles en el sistema.

VI. Diseño e instrumentación del sistema

Antes de proceder a instrumentar un sistema es preciso proceder a su diseño. Esta función de diseño es importante en cuanto relaciona las diferentes partes, fases o etapas del sistema, delimitando las mismas y configurándolas en un todo unitario. La labor de diseño corresponde al analista de sistema.

Es fundamental en este punto no olvidar el control administrativo del sistema global cuyo objetivo es coordinar la interacción funcional de los distintos subsistemas.

en aras a lograr los objetivos supremos de la organización. Se trata de un problema de «racionalidad organizativa» que debe resolverse a nivel administrativo superior; por ejemplo, los conflictos entre el subsistema comercial (agentes) que desean incrementar la cartera a toda costa y el subsistema actuarial que persigue una adecuada selección de riesgos.

En términos generales, podemos afirmar que la solución al problema de conflicto entre los objetivos de los distintos subsistemas puede abordarse por dos medios diferentes:

- 1) Ponderando los objetivos en conflicto
- 2) Imponiendo restricciones o condiciones a ciertas variables que forman parte del criterio económico de decisión. Por ejemplo, un problema que se plantea con frecuencia en la empresa de seguros es el de la conflictividad entre la política de dividendos y el mantenimiento de un índice de estabilidad adecuado para la entidad.

El problema de conflicto afecta en este caso a las funcionales $V(S, Z)$ y $D(S, Z)$, siendo el significado de la primera el valor medio descontado de la suma de los dividendos pagados, y el de la segunda el número medio de períodos durante los cuales la compañía operará, es decir la vida media de la empresa aseguradora.

En este caso concreto las soluciones posibles serían:

- 1) obtener el máximo $V(S, Z)$ respecto a Z , sujeto a la restricción $D(S, Z) \geq D_0$.

Es decir, se trata de maximizar el valor actual medio de los dividendos repartibles pero garantizando una vida media mínima en un nivel aceptable.

- 2) elaborar una función objetiva ponderada, es decir:

$$\max_Z \{ \alpha \log V(S, Z) + (1 - \alpha) \log D(S, Z) \}$$

siendo α y $1 - \alpha$ los pesos o ponderaciones que el asegurador asigna al Beneficio (α) y a la estabilidad ($1 - \alpha$).

No tiene en este caso sentido maximizar $D(S, Z)$ ya que esto implicaría que la Compañía no abona dividendos.

El valor de Z así obtenido es por tanto la política óptima del sistema y las funciones $D(S, Z)$ y $V(S, Z)$ representan el orden de preferencia del empresario de seguros ya que constituye una aplicación de conjunto de procesos estocásticos en el conjunto de los números reales de forma que se preferirá aquél proceso que tenga mayor vida media, o mayor valor esperado en los beneficios distribuidos en igualdad de condiciones³⁾.

Sin embargo, es preciso tener en cuenta el volúmen de información suministrada al decisor empresarial que debe guardar estrecha vinculación con la capacidad de asimilar esta información por parte del decisor. Y en consecuencia para nosotros, *la función del analista de sistemas es establecer la mínima cantidad de información que asegure el control efectivo del sistema.*

³⁾ Véase a este respecto los interesantes trabajos de deFinetti, B. «Su una Imposizione alternativa della Theoria Colletiva del Rischio», *XV, C.I.A.*, y Borch, K. «Risk Management and Company Objectives», *XIX, C.I.A.*, 1972.

Con la finalidad de aplicar el concepto de sistema se impone su instrumentación dentro del proceso de dirección. Ello ha dado lugar a que durante estos últimos años se hallan desarrollado una serie de técnicas entre las cuales destaca por su importancia la investigación operativa (especialmente los métodos y modelos matemáticos de programación). Pero es preciso insistir en las limitaciones de la programación matemática:

- a) Concentra los objetivos en un criterio único que se trata de optimizar.
- b) Se limitan los problemas tácticos en un cuadro estructural dado.
- c) Que la incertidumbre puede no ser probabilizable.

Por otra parte la *investigación operativa* y las *técnicas del Cálculo Actuarial* son especialmente aplicables en los niveles intermedios de la empresa, para resolver problemas tácticos a corto plazo, en un cuadro estructural dado, en ambiente, generalmente, de incertidumbre o riesgo, proporcionando soluciones de naturaleza cuantitativa.

En resumen, la Teoría de Sistemas en la empresa de seguros, es una Teoría General de la Decisión, mientras que la investigación operativa y el Cálculo Actuarial son un conjunto de técnicas de decisión al servicio de dicha teoría y que actúan fundamentalmente en los niveles táctico y operativo. Así pues, para nosotros la *Teoría de Sistemas* en la Empresa de Seguros es especialmente apta en los niveles altos de la empresa para resolver problemas estratégicos a medio y largo plazo, en ambiente de riesgo e incertidumbre, proporcionando soluciones que son generalmente de tipo descriptivo o cualitativo.

Así mismo existe una tendencia estable de ir sustituyendo ciertas funciones humanas por procesos mecánicos, surgiendo el concepto de sistemas automáticos de información-decisión. Este concepto supone:

- a) El uso de equipos automáticos de procesamiento de datos para la recogida, procesamiento y comparación de la información.
- b) La aplicación de computadores para ayudar directamente en los procesos de decisiones del asegurador.

En conclusión, podemos decir que en la decisión por sistema en la Empresa de Seguros adquiere su verdadera importancia el volumen de información del decisor, el ambiente en que actúa y las interrelaciones entre los subsistemas que componen la unidad de seguros como un sistema complejo.

El proceso de decisión se compone de tres partes, que, situados por ejemplo en el Reaseguro, serían las siguientes:

- 1) *Fijación de objetivos*, es decir, la elección de la modalidad óptima y el cálculo del pleno y de la prima.
- 2) *Criterios utilizados para el decisor*, como pueden ser de estabilidad, económicos o basados en un orden de preferencia.
- 3) *Técnicas* mediante las cuales el decisor alcanza los objetivos de acuerdo con los criterios que se hayan impuesto; como ejemplo de técnicas en el Reaseguro están las diversas teorías del riesgo (individual, colectivo y moderno).

Ahora bien, puede ocurrir que una vez determinados dichos objetivos óptimos, la información del mercado de Reaseguro en que actúa la unidad de seguros le

imponga unas modalidades determinadas, en cuyo caso el volúmen del Reaseguro será un dato y no una variable de decisión.

Esta concepción tronca perfectamente con la expuesta al principio de éstas líneas sobre la problemática actual del ente asegurador.

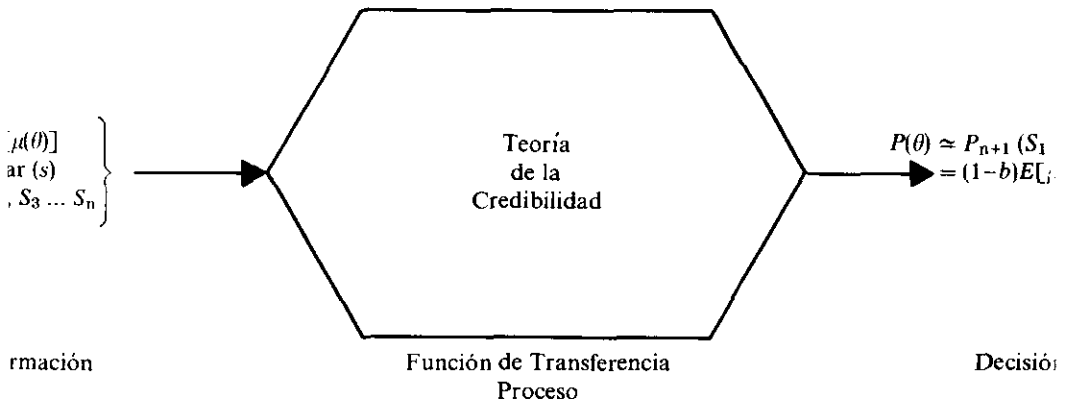
Igualmente hemos de tener en cuenta que los modelos que utilizemos para instrumentar el sistema deben ser adecuadamente identificados en base a los flujos de información provenientes del propio sistema.

En conclusión, para nosotros *la labor del actuario se centra en la elaboración de funciones de transferencias óptimas* en las distintas funciones que integran el Subsistema Actuarial.

Por ejemplo, situándonos en la función de tarificación, sabemos que el cálculo de primas se basa en el principio de equivalencias $P = \psi [F(X, t)]$ siendo ψ la característica funcional que asigna un número P (prima) a cada distribución $F(X, t)$.

Sin embargo la información técnica sólo nos proporciona generalmente el conocimiento de $F(X, t)$ (o de sus principales parámetros) de un colectivo al que pertenecen numerosos riesgos, por lo que deberemos hallar una función de transferencia que nos dé la prima pura óptima de cada riesgo θ conociendo su siniestralidad en los últimos períodos y las características generales del colectivo a que pertenece dicho riesgo.

La función de transferencia en este caso es el modelo proporcionado por la teoría de la Credibilidad⁴⁾, y que responde al siguiente esquema:



Siendo $E[\mu(\theta)]$ la prima a priori, es decir la obtenida mediante un sistema de tarificación class-rating; S , la variable aleatoria asociada la siniestralidad del colectivo; \bar{S} la siniestralidad media real sufrida por el riesgo en los últimos n períodos de observación y $P(\theta)$ la prima del citado riesgo que estimamos por medio de la prima de credibilidad que resulta ser una media ponderada de la prima a priori y de la información muestral.

⁴⁾ Cuyo estudio puede hacerse en Bühlmann, H. «Mathematical Methods in Risk Theory», 1970.

Bibliografía

- Bohman, H.*: «Insurance business described by a Mathematical Model», Skan. Akt.
Borch, K.: «The Mathematical Theory of Insurance», Risk Management and Company Objectives, XIX, C.I.A.
Bühlmann, H.: «Mathematical Methods in Risk Theory».
Klir, G. J.: «General Systems Theory».
Nieto de Alba, U.: «Concepción Cibernética en la Dirección Actuarial de la Empresa de Seguros», C.I.E.S.I.

Resumen

En este artículo el autor establece la concepción sistema como una metodología de carácter interdisciplinar aplicable a la empresa de seguros definida ésta como sistema probabilístico, lo que, destaca la importancia del análisis de los flujos de información en la adopción de decisiones óptimas en los cuatro subsistemas que integran la empresa – Actuarial, Financiero, Comercial y de Personal –.

La idea del control es básica para asegurar la supervivencia del sistema y el logro de sus objetivos.

Considerando como variable controlada el índice de estabilidad o probabilidad de ruina del asegurador directo, se observa que el reaseguro proporcional es un mecanismo de control por circuito abierto mientras que el reaseguro no proporcional es un mecanismo de control por circuito cerrado y en consecuencia mucho más perfecto.

En el análisis de la Empresa de Seguros bajo la concepción sistema, el autor distingue tres niveles: Estratégico, Táctico y Operativo. En el nivel Operativo se establece el análisis input-output de los subsistemas que lo componen, con especial referencia al subsistema Actuarial cuya actividad se centra principalmente en las siguientes áreas: Tarificación (Primas); Periodificación (Reservas); Estabilidad (Reaseguro); Variables esenciales (probabilidad de ruina y dividendos) e Inversiones.

Se llega a la consecuencia que el Departamento Actuarial tiene por objeto la determinación de funciones de transferencia optimales, entendiéndose por función de transferencia el proceso, normalmente un modelo matemático, que permita convertir información en decisión, como puede ser la Teoría de la Credibilidad en el cálculo de primas de riesgos individuales.

Summary

In this article the author establishes the conception of a system such as a methodology of interdisciplinary character applicable to the insurance company, this being defined as a probabilistic system which emphasizes the importance of the analysis of changes in information for the adoption of optimal decisions in the four sub-systems which make up the enterprise: actuarial, financial, commercial and personal.

The idea of control is basic to insure the survival of the system and the goal of his objectives.

Considering as the controlled variable the index of stability or probability of ruin of the direct insurer, one observes the proportional reinsurance as an open control mechanism while non-

proportional reinsurance is a closed mechanism of control and in consequence is much better.

In the analysis of an insurance company under the conception of the system the author distinguishes three levels: strategy, tactics and operations. In the operational level one establishes an input-output analysis of the sub-systems which composed it, with special reference to the actuarial sub-system whose activity centers principally on the following areas: tarification (premiums); periodification (reserves); stability (reinsurance); essential variables (probability of ruin and dividends) and investments.

One arrives at the result that the actuarial department has as object the determination of functions of optimal transforms, understanding by function of transform the process, normally a mathematical model, which permits the conversion of information into decision, as for example the theory of credibility in the calculations of premiums for individual risks.

Résumé

Dans cet article l'auteur établit la conception d'un système applicable à la société d'assurance, sur la base d'une méthodologie à caractère interdisciplinaire, définie en tant que système probabiliste. Ce système met en relief l'importance de l'analyse des flux d'information pour l'adoption de décisions optimales au sein des quatre sous-systèmes qui constituent l'entreprise: actuariel, financier, commercial et personnel.

L'idée de contrôle est fondamentale pour assurer la survie du système et le but de ses objectifs.

En considérant comme variable contrôlée l'indice de stabilité ou la probabilité de ruine de l'assureur direct on constate que la réassurance proportionnelle est un mécanisme de contrôle ouvert alors que la réassurance non-proportionnelle est un mécanisme de contrôle fermé c'est à dire bien meilleur.

L'auteur distingue trois niveaux pour l'analyse d'une société d'assurances dans le cadre de la conception du système: stratégique, tactique et opérationnel.

Au niveau opérationnel une analyse input-output des sous-systèmes qui le composent est établie avec une référence particulière au sous-système actuariel dont l'activité se concentre principalement dans les domaines suivants: tarification (primes); périodicité (réserves); stabilité (réassurance); variables essentielles (probabilité de ruine et dividendes) et investissements.

L'auteur arrive ainsi à la conclusion que le département actuariel a pour objet la détermination de fonctions optimales de transformation, dans ce sens que la fonction de transformation, généralement un modèle mathématique, permet la conversion d'information en décision, par exemple la théorie de la crédibilité pour le calcul de primes de risques individuels.

Zusammenfassung

Der Autor entwickelt in diesem Artikel die System-Theorie zu einer auf das Versicherungsunternehmen anwendbaren Methode interdisziplinären Charakters. Das Unternehmen wird dabei als Wahrscheinlichkeits-System definiert. Es ist daher wichtig, beim Fassen von optimalen Entscheidungen in den vier Untersystemen des Unternehmens (Versicherungstechnik, Finanzierung, kaufmännischer und personeller Bereich), die Informationsflüsse zu analysieren.

Die Kontroll-Theorie bildet die Basis für das Überleben und das Erreichen der Ziele des Systems.

Betrachtet man den Stabilitätsindex oder die Ruinwahrscheinlichkeit des Direktversicherers als die zu kontrollierende Variable, so stellt man fest, dass die proportionale Rückversicherung ein Kontrollmechanismus mit offenem Regelkreis ist, während die nichtproportionale Rückversicherung einen geschlossenen und damit viel perfekteren Regelkreis hat.

Bei der Analyse des Versicherungsunternehmens mit Hilfe der System-Theorie unterscheidet der Autor drei Ebenen: die strategische, die taktische und die operative. Auf der operativen Ebene wird die Input/Output-Analyse der Untersysteme vorgenommen. Speziell berücksichtigt wird das Untersystem Versicherungstechnik, dessen Aktivitäten sich vor allem auf die folgenden Gebiete konzentrieren: Tarifierung (Prämien), Periodisierung (Reserven), Stabilität (Rückversicherung), wesentliche Variablen (Ruinwahrscheinlichkeit und Dividenden) und Investitionen.

Es ergibt sich die Folgerung, dass die Abteilung für Versicherungstechnik zur Aufgabe hat, die optimalen Übertragungsfunktionen zu bestimmen. Unter einer Übertragungsfunktion versteht man einen Prozess, üblicherweise ein mathematisches Modell, der es erlaubt Information in Entscheidung umzusetzen, wie dies zum Beispiel bei der Kredibilitätstheorie zur Berechnung der Prämien für Einzelrisiken der Fall ist.