

ESTRUCTURA DE SISTEMAS, REDEFINICION E IMPLICANCIAS FUNCIONALES

Arq. **NORBERTO EDUARDO MEYER**
Arq. **ANTONIO HERNÁN MILANESE**
*Investigadores del Departamento de
Investigación, Facultad de Arquitec-
tura y Urbanismo, Universidad
de Mendoza (Junio de 1983).*

SUMARIO

Aún hoy no existe consenso con respecto al concepto de "estructura" de un sistema. Analizamos la definición de Estructura según S. F. Nadel determinadas propiedades de bucles de realimentación matemática, y características generales de los sistemas. Proponemos representar la estructura mediante un "operador" virtual de transferencia "T", a través del cual nos imaginamos que pasan todas las relaciones de un sistema; este conjunto de entrada-salida del nodo "T", se representa en forma matricial. Indicamos las ventajas y desventajas de tal técnica y describimos algunas características estructurales tipológicas.

Proponemos la definición de estructura como: el conjunto de transferencias instantáneas de información, energía o masa, entre los componentes de los pares "salida-entrada" del conjunto de "operadores" de un sistema.

Si bien podemos afirmar que existe una falta de consenso con respecto al concepto de "estructura", quisiéramos enfocar al mismo desde el punto de vista sistémico.

En forma muy amplia podemos generalizar la definición de sistema como un conjunto de partes y de las relaciones entre éstas.

Jiménez Nieto¹ cita a Granger, según el cual "se llamará estructura a un conjunto de elementos cualesquiera —o sea, abstractos— entre los cuales se hayan definido relaciones igualmente abstractas, es decir, independientes de los eventuales contenidos intuitivos considerados".

Si convenimos que el concepto de sistema es una abstracción, observamos que la definición de estructura de Granger se refiere a un sistema de "elevado" grado de abstracción, que eventualmente podemos interpretar como "modelo" de un sistema, pero que en ningún caso cae fuera de la definición general de "sistema".

Por otra parte, Jiménez Nieto¹, al interpretar el estructuralismo, dice que "lo que define a la estructura, según el estructuralismo, son las relaciones funcionales entre las partes del todo...", quizás reconociendo el carácter predominante de las relaciones, aún cuando en el contexto subsiguiente queda planteada la necesidad de las relaciones pero no una subordinación de las partes.

Creemos que queda incluso el interrogante de la necesidad del concepto de "estructura" y, en caso de una respuesta afirmativa, de cuáles son estrictamente las particularidades de un sistema a las que se refiere tal concepto.

Para precisar el concepto "estructura", lo analizaremos tal como lo planteó Siegfried F. Nadel² en el caso particular de la estructura social, derivando de allí las generalizaciones que buscamos establecer.

A continuación señalaremos características estructurales para el caso de bucles de realimentación matemática determinantes de atractores.

Posteriormente derivaremos el concepto estructural a partir de las características generales de los sistemas.

Basado en los análisis precedentes determinaremos la definición propuesta y utilizada de estructura.

En lo que sigue exponemos según el orden arriba señalado.

1 - UNA DEFINICIÓN DE ESTRUCTURA

Para este tema de análisis, utilizamos la obra de Siegfried Frederick Nadel; "TEORÍA DE LA ESTRUCTURA SOCIAL"².

Nadel (1903-1956) doctor en filosofía y psicología, aportó sustancialmente a la evolución de la antropología social, a través de sus investigaciones de campo durante cerca de 30 años, sus cursos, conferencias y escritos.

Entre sus publicaciones podemos citar "The Nuba", "Nupe religion", "The study of Society: Methods and Problems", "Foundations of Social Anthropology" y "Teoría de la Estructura Social".

De esta última obra, de la que analizamos su concepto de estructura, dijo Meyer Fortes (King's College-Cambridge - 1956), "... este libro está destinado a ser uno de los grandes tratados teóricos de la antropología social del siglo XX..."

Nuestro respeto por Nadel exige aclarar que en la medida en que adaptaremos sus conceptos al caso de estructuras generales, nuestras consideraciones no deben entenderse como referidas al caso especial de la estructura social tratado profusamente en la obra de referencia.

Según Nadel², pp. 36, "estructura significa una disposición ordenada de las partes que puede tratarse como trasponible y relativamente invariante mientras que las partes mismas son variables".

Las palabras nociones clave de la definición son:

- disposición
- ordenada
- partes
- trasponible
- relativamente invariante
- variables

En relación al primer término, Nadel dice que² pp. 31, "todos los dedicados al estudio de la estructura social están de acuerdo en que al estudiar la 'estructura' estudiamos esencialmente la interrelación o disposición de 'parte' de alguna entidad total, de algún 'todo'".

Damos por sobreentendido un uso estricto de la terminología por parte de Nadel, por lo cual interpretamos que la conjunción "o" en "... interrelación o disposición...", indica equivalencia o, en cualquier caso, algún tipo de relación significativa.

En otra parte², pp. 35, el autor afirma, "empezaremos por considerar la definición más general de 'estructura' que subyace al uso del término en todas las demás disciplinas. En ellas la estructura es una propiedad de los datos empíricos-objetos, hechos o series de hechos los cuales la presentan a veces o resultan poseerla una vez sometidos a observación o análisis, y se dice que los datos presentan una estructura en la medida en que presentan una articulación definible, una disposición ordenada de las partes".

Entendemos que estas especificaciones expresan el orden como distinguible del azar, como un derivado de las 'leyes' de la realidad.

Nadel no precisa el concepto 'parte', utilizándolo², pp. 31, en su acepción genérica de "porción indeterminada de un todo".

Referido a la "trasponibilidad"² pp. 36, el autor afirma que: "Cuando describimos estructuras abstraemos los rasgos relacionados partiendo de la totalidad de los datos percibidos, ignorando todo lo que no sea 'orden' o 'disposición'; dicho brevemente nos limitamos a definir las posiciones de las partes componentes unas respecto de otras". Y más adelante continúa, "esto tiene la importante consecuencia de que las estructuras pueden trasponerse sin tener en cuenta los datos concretos que las manifiestan; dicho de otro modo: el carácter concreto de las partes que componen una estructura puede cambiar sin alterar la identidad de la estructura".

Es uso del término "trasponibilidad" es suficientemente claro; por lo que pasaremos al de "relativamente invariante", que si bien es conceptualmente claro, cabe adelantar que no lo es en cuanto a los límites del término "relativamente".

Por último, el significado de "variables" queda claro en la frase de Nadel² pp.36, en la cual afirma: "Así podemos describir la estructura de un tetraedro sin decir si es de cristal o de madera, o si es un cubito de sopa.

podemos describir la disposición de una fuga o una sonata sin producir sonidos musicales; y podemos describir el orden sintáctico sin referirnos al material fonético o al contenido semántico de las palabras así ordenadas".

En lo que sigue analizaremos la definición de Nadel en base a los mismos conceptos por él utilizados.

Entendemos que a nivel general, el uso del término "relación", también empleado por Nadel, es más específico que "disposición".

El término "disposición" pone el acento en propiedades de la "parte" específicamente, la colocación o distribución de cada una de las partes" con respecto a las demás; este "... con respecto a...", está restringido a vinculaciones significativas en función de la exigencia, de orden; la "disposición" no hace referencia a la "función".

Puede suponerse que la selección de tal término sea expresa, por cuanto Nadel específicamente contrapone "estructura" a "función"², pp. 36.

Compartimos esta contraposición en la medida que existen relaciones, y en consecuencia una estructura, al margen de las características cualitativas y cuantitativas de esas relaciones.

Sin embargo debemos señalar que pueden darse sistemas particulares con estructuras "compuestas"; por ejemplo, la combinación de una (sub) estructura física con otra (sub) estructura informática, problemática que no se presenta a Nadel cuando éste habla de relaciones sociales genéricas. El mismo Nadel^{2, cap. 6, secc. 2, 3, 4} acepta algún grado de variación de la estructura en relación a vínculos directamente reconocidos o determinados estadísticamente.

Entendemos que el término 'relación' presenta la ventaja de incluir claramente el último tipo de vinculación, otras relaciones abstractas (como por ejemplo la existente entre la típica familia argentina y la familia esquimal) y relaciones reconocibles como entidades concretas.

En resumen, enfocamos los componentes de la estructura, más que como propiedades (relacionables) de las "partes", como entidades con autonomía propia, a menudo reconocibles, cuantificables y eminentemente funcionales.

Todo esto tiene implicancias fundamentales, ya que acentúa el carácter causal de las relaciones, distinguiendo (pero sin negarlos) relaciones comparativas como las señaladas dos párrafos atrás.

Dicho de otro modo, al utilizar el término "relación" obviamos la relación de "orden" y por lo tanto la necesidad de recurrir a las partes con un carácter determinante de la estructura.

Aclarando esto, diremos que si bien una estructura, al igual que un sistema, requiere de "partes" y "relaciones", al enfocar la estructura como conformada principalmente por relaciones, acentuamos el rol secundario de las partes en tal contexto.

En cuanto a la "trasponibilidad", estamos de acuerdo con el concepto, en la medida que es posible reconocer tipologías estructurales, su pertenencia

a sistemas cualitativamente distintos y su participación en el comportamiento de éstos.

En lo que hace a la noción de estructura "relativamente invariante", estimamos que para Nadel esto es así por un requerimiento especial del sistema por él estudiado, pero que no es un requerimiento esencial a nivel general.

Fundamenta este hecho la existencia de sistemas reales cuya subsistencia o comportamiento requieren, o se basan en variaciones cuantitativamente significativas del conjunto de las relaciones involucradas, así como la circunstancia de que la "permanencia" de tal variación, no está contemplado específicamente por la "definición" de estructura.

Un ejemplo de la característica arriba indicada, es el del aprendizaje por parte del sistema nervioso³ en donde la habituación y la sensibilización implican respectivamente la anulación y establecimiento de conexiones sinápticas y la consecuente variación de los circuitos activos (conjunto de relaciones) del sistema de neuronas.

También quisiéramos señalar que frente a la consideración de "estructura" como dado por las partes y relaciones "permanentes" de un sistema, son posibles los siguientes casos:

- Si se considera sistemas que mantienen todas las relaciones y partes (funcionales) a largo plazo, el sistema "coincidiría" con su estructura, por ejemplo, el sistema circulatorio humano.
- Más clarificador de lo que se quiere señalar es el caso en que se considera el tipo de sistemas en donde las relaciones y partes en funcionamiento varían permanentemente, por lo cual, por definición, podrían existir sistemas reales sin estructura; por ejemplo, y dentro de cierto límite temporal, el sistema circuital de una computadora.

Se presenta aquí con toda claridad las limitaciones lógicas expuestas por Nadel en su campo de estudio particular², cap. 6. secc. 2, 3, 4, ya que, en un período "x" ("relativamente" largo para la "computadora"), podríamos descubrir que la "computadora" no tiene estructura, y en otro período "relativamente más" largo podríamos hallar que la estructura de la "computadora" coincide con el sistema.

Por último, señalamos nuestro acuerdo de principio con la aceptación de la variación de las partes al efecto de una "estructura" restringiéndola, sin embargo, a variaciones de estado de las partes de un sistema específico, señalando que, un cambio de las "partes", cuando implican un cambio de comportamiento de éstas, puede significar un cambio de la estructura específica (por ejemplo, si determinan la anulación de relaciones existentes).

Creemos conveniente hacer resaltar que la variabilidad de las partes hace referencia a aspectos distintos a los de trasponibilidad de los componentes de una estructura (relaciones).

Específicamente, entendemos que cada parte puede considerarse como conjunto vacío de tal modo que resaltan las relaciones en su carácter de elementos (componentes) de la estructura.

Tal premisa nos permite generalizar e incluir el concepto de estructuras "instantáneas", hecho que permite el análisis, tanto de permanencias como de variaciones estructurales a largo plazo.

2- EXPRESIÓN MATEMÁTICA DE LA ESTRUCTURA

Al efecto del segundo tema de análisis, el de características estructurales para el caso de bucles de realimentación matemática determinantes de atractores, utilizamos los artículos "TEMAS MATEMÁTICOS"⁴ y "NOISY CHAOS"⁵, de Hofstadter y MacDonald respectivamente.

La teoría de "atractores" surgió de la iteración de funciones de variable real, del tipo $x, (x), (f(x)), f(f(f(x)))$.

Esto significa que para determinada función se calcula 'y' para un cierto valor inicial 'x'; luego el valor calculado 'y' es considerado como un nuevo valor 'x', en base al cual se determina un nuevo valor 'y', y así sucesivamente.

Cuando la función a utilizar no es monótona (que para valores crecientes de "x" e "y" no crece o decrece indefinidamente), es decir, cuando la función es del tipo de la parábola, $y = 4 \lambda x (1 - x)$, aparecen los denominados "atractores".

Cuando λ es un parámetro entre 0 y 1, y si los valores de "x" son positivos y varían también entre 0 y 1, y si los valores de "x" son positivos y varían también entre 0 y 1, la función arriba mencionada determina una parábola abierta hacia abajo que parte de 0, llega a una altura máxima, y disminuye nuevamente hasta 0.

El hecho es que para un λ debajo de cierto valor (0,75 para el caso de la parábola), las salidas de las sucesivas interacciones tienden a un único punto fijo estable, atractor (x^*). (Gráfico 1).

En cambio, cuando λ es superior y próximo a 0,75, observamos que inicialmente las salidas de las sucesivas interacciones tienden hacia un punto x^* , para luego alejarse de éste y tender a estabilizarse alternativamente hacia dos puntos laterales a x^* (Gráfico 1).

Ese par de puntos conforma un nuevo sistema atractor, pero esta vez inestable.

Luego, a medida que aumentamos λ , se multiplican sucesivamente los atractores.

Tanto es así, que para determinadas funciones, y un λ crítico superior a 0,892486418..., la curva determinada por las salidas de las sucesivas iteraciones son indistinguibles de una curva generada al azar.

Este comportamiento matemático es tan universal, que podemos compartir la suposición de que existen dos factores que aparentemente son exclusivamente responsables del comportamiento caótico:

- un parámetro λ , perteneciente a las "partes";
- la realimentación, propiedad de las "relaciones".

Hallamos así una característica tan significativa del conjunto de "relaciones" que podemos adjudicarle significado a nivel estructural.

Más aún, podemos afirmar que el hecho de que la necesaria existencia de la realimentación, al efecto de un comportamiento caótico, determina una tipología estructural (la que posee realimentación) netamente distinguible de otras, como las que pueden representarse mediante otras secuencias (esquemas en árbol, lazos cerrados pero sin realimentación, etc.).

Cabe agregar que las características que responden cuantitativamente al tipo de modelo matemático arriba indicado, se han encontrado en sistemas físicos reales.

Al margen del aspecto que aquí pretendimos analizar, consideramos interesante señalar la importancia que tendría el eventual descubrimiento de parámetros ' λ ' en conjunción con circuitos de retroalimentación en el caso de sistemas sociales de comportamiento notoriamente caóticos.

Eventualmente tal hecho pudiera implicar posibilidades de control a través de la variación de ' λ ' o el debilitamiento del vínculo de realimentación.

A continuación trataremos de derivar propiedades estructurales a partir del concepto general de sistema.

3 - ANÁLISIS SISTEMICO DEL CONCEPTO ESTRUCTURA

En general se define a todo sistema como "un conjunto de partes y de relaciones entre esas partes".

Los elementos de la definición (conjunto, partes, relaciones), se pueden agrupar del siguiente modo:

- 1 - Cada una de las partes consideradas individualmente.
- 2 - Las partes consideradas en forma conjunta.
- 3 - Cada una de las relaciones consideradas individualmente.
- 4 - Las relaciones consideradas en forma conjunta.
- 5 - El "conjunto de las partes" consideradas en conjunto con el "conjunto de las relaciones".

De cada uno de estos conjuntos podemos decir lo siguiente:

1 - Las partes consideradas individualmente representan el caso del enfoque presistémico.

El análisis de cada parte en forma individual, no sólo es válido, sino inevitable al efecto de la comprensión de todo sistema.

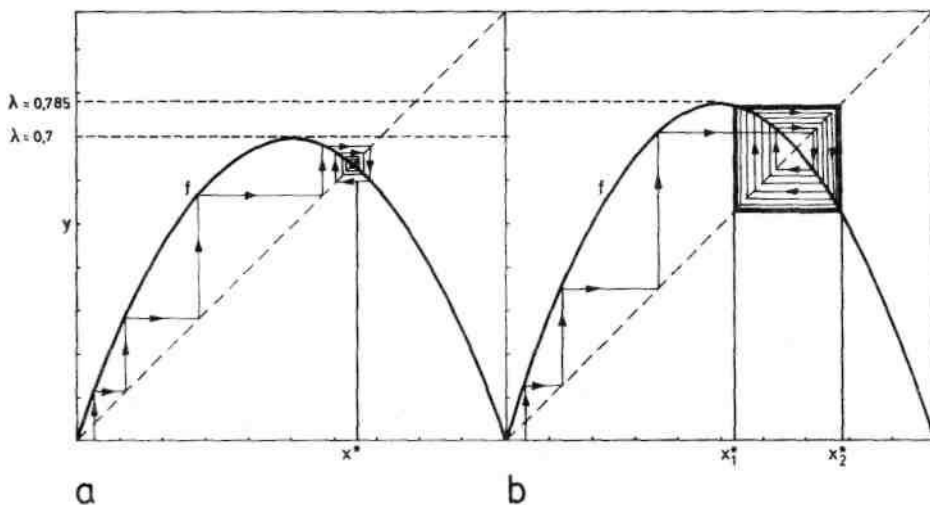


Gráfico 1—Cuando sucesivamente se itera cierto tipo de funciones, la parábola $y = 4 \lambda x (1-x)$ en este caso, haciendo sucesivamente $x_n = y_{n-1}$; se observa que la curva descrita por la secuencia de los y' , tenderá a un punto de equilibrio cuando λ es pequeño ($\lambda < 0,75$ para el caso de la parábola), y que a medida que se incrementa λ , la curva se irá haciendo cada vez más compleja hasta que, para $\lambda > 0,892486418$, aquella será prácticamente indistinguible del azar. En el gráfico "1a", se representa las sucesivas iteraciones para $y = 4 \lambda x (1-x)$ con $\lambda = 0,7$, que partiendo de $x = 0,04$ tiende a estabilizarse alrededor de x^* . En el gráfico "1b", para $\lambda = 0,785$, observamos que en las sucesivas iteraciones la curva ya tiende a estabilizarse alrededor de dos puntos, X_1^* y X_2^* . Esto nos indica que aparentemente existirían únicamente dos factores responsables del comportamiento caótico; un factor X , característica propia de las partes de un sistema, y un factor de tipo estructural, la iteración o realimentación. (Origen de los gráficos "a" y "b", referencia bibliográfica4).

2 - La consideración de las partes en forma conjunta es un tema de análisis absolutamente válido, y además productivo en la medida que colabora significativamente a la comprensión y explicación del tema bajo estudio.

Esto es así por cuanto comparando las características "internas" de distintas "partes", es posible inferir semejanzas y relaciones de causa y efecto.

Sin embargo, según este tipo de análisis, las relaciones son entidades altamente abstractas, prácticamente del tipo de la "acción a distancia" mediatizada instantáneamente por alguna entidad "misteriosa".

Este tipo de problemas es bien conocido en física, por ejemplo el caso de la gravedad, en donde la antigua noción de una misteriosa "acción a distancia" de un cuerpo físico sobre otro, se busca explicar ahora a través de la mediación de entidades, denominados gravitones, que viajarían a la velocidad de la luz.

En conclusión, el análisis de las partes en forma conjunta es válido en sí mismo debido y a pesar de sus restricciones.

Afirmamos asimismo que tal análisis no debe abandonarse, pero que es necesario tener presente; 1) sus ventajas y, por supuesto 2) sus imitaciones.

Pero lo más significativo, al efecto de la presente temática es que tal análisis es básicamente un análisis de propiedades de las partes y no estrictamente estructural, por cuanto no analiza relaciones reales, sino alguna entidad abstracta altamente subjetiva.

Antes de terminar este punto, consideramos oportuno señalar algunas consideraciones en relación a las "entradas" y "salidas", cuando se consideran a estas como elementos de las partes (observando a éstas como cajas negras).

Afirmamos que es válido el análisis que distingue entradas y salidas, ya que tal hecho aportará a la descripción y explicación de los sistemas.

Sin embargo debemos prevenir contra la pretensión de inferir de tal tipo de análisis el comportamiento total de un sistema, tal como lo presenta el análisis de 'insumo-producto' de Leontief.

3 - Afirmamos que las "relaciones" son los elementos componentes de la estructura, definibles en forma estricta y que la formalización de su definición aportará significativamente a la comprensión de los sistemas.

Para lograr una definición precisa de relación volvemos nuevamente a la definición de sistemas como conjunto de partes y el conjunto de relaciones entre estas. (Gráfico 2).

Habitualmente se considera que esas relaciones, cuando son físicas, pueden ser del tipo de las redes de servicios (de conexión, de vinculación).

En muchos casos, aquello que fluye por tal tipo de relación queda sujeto a un cambio significativo.

Por ejemplo, un móvil, que sigue una ruta, pasa de un punto a otro, demora un tiempo en realizar ese recorrido y, consume energía.

Algunos "elementos" puede representarse como una función matemática y podemos agregar ahora que lo mismo cabe realizar para el caso de algún tipo de relaciones.

En el caso del automóvil que recorre una ruta, por ejemplo, la hora de llegada (t_n), es función de la hora de salida (t_o), la velocidad (d/t) y la distancia del recorrido (d).

$$t_n = t_o + \frac{d}{v} \quad 1)$$

Características, como las señaladas, para ciertos tipos de relaciones, se las suele aceptar aún cuando influyen notablemente en el comportamiento del sistema.

Definimos como relación de un sistema, a aquel componente del mismo, donde se verifica la condición de que la diferencia entre los valores de la variable considerada, medida a la salida de la parte origen (o), y a la entrada de la parte destino (d), tienda a cero

$$V_o - V_d \rightarrow 0 \quad 2)$$

4 - Demostraremos a continuación que del análisis del conjunto de relaciones tal como se las ha definido, lleva directamente a la definición de "estructura".

También demostraremos que esto permitirá un tratamiento riguroso del análisis estructural de los sistemas, así como su cuantificación.

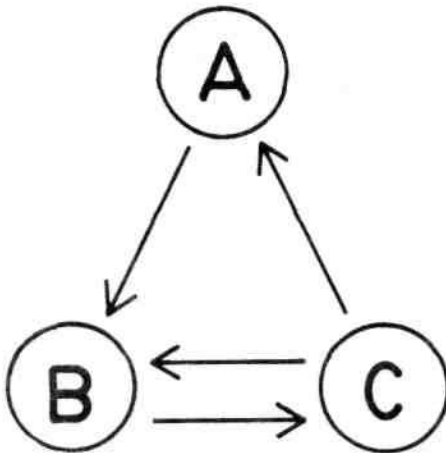


Gráfico 2 - Un sistema es un conjunto de partes y las relaciones entre esas partes.

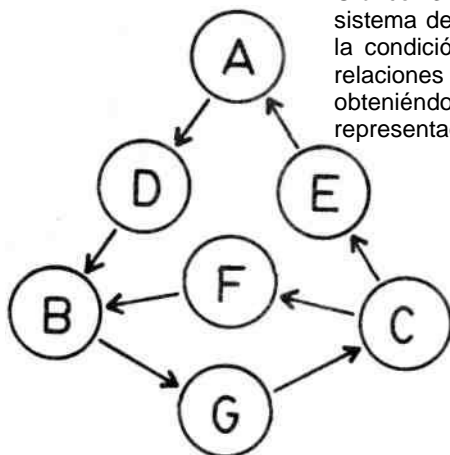
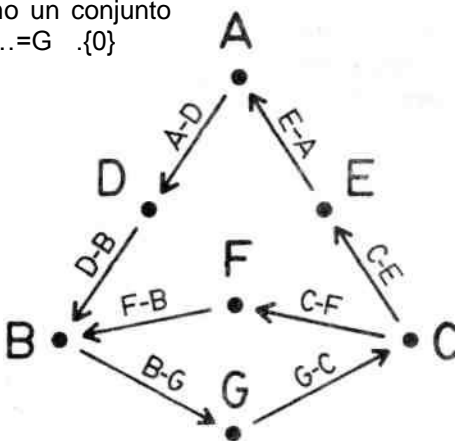


Gráfico 3 – Si las relaciones del sistema del gráfico 2 no cumplen con la condición de la ecuación 2), esas relaciones se considerarán partes, obteniéndose el sistema aquí representado.

Gráfico 4 – La estructura de un sistema se obtiene al considerar cada elemento como un conjunto vacío, donde $A=B=\dots=G = \{0\}$



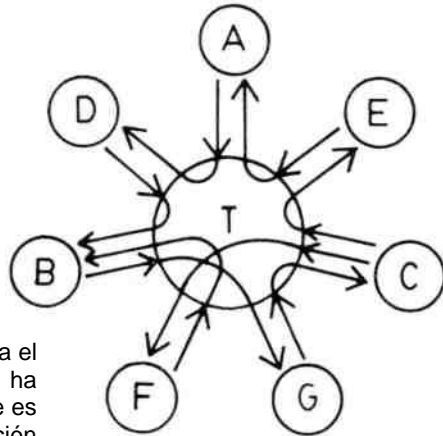


Gráfico 5 – El gráfico representa el sistema del G. 3, al cual se ha incorporado un nodo virtual que es destino y origen de toda relación que parte o llega a un nodo del sistema.

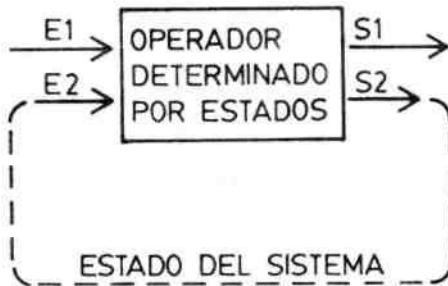


Gráfico 6 – Para el caso de un operador determinado por estados, los estados instantáneos pueden representarse mediante un bucle de realimentación.

Suponiendo que las relaciones del sistema del gráfico 2, no cumplen con la condición de la ecuación 2), el sistema se transforma según el gráfico 3.

Ya una mera conceptualización de la estructura presenta un notable rigor en relación a las acepciones previamente utilizadas.

La estructura de un sistema se obtiene al considerar cada elemento como un conjunto vacío, no funcional, como se muestra en el gráfico 4.

Se observa que, inversamente, el sistema se obtiene al adjuntar a un conjunto de elementos la estructura correspondiente.

Las características de la estructura, según se demuestra en el gráfico 4, comprenden todos los elementos propios del análisis estrictamente estructural.

Así por ejemplo, considerando las entradas a un nodo como positivas y las salidas como negativas, la sumatoria para todas las relaciones es igual a cero.

Designando con "n" al número de nodos (elementos) y con "m" al número de relaciones, y recordando que para el caso del grafo denominado "árbol" es válida la expresión:

$$m_a = n - 1 \quad 3)$$

Se observa que para el caso de la estructura del gráfico 4, se da que:

$$M = m - (n - 1) \quad 4)$$

donde M indica el número de relaciones que exceden al número de relaciones del "árbol".

El hecho de que m sea superior a n - 1, es especialmente importante, por cuanto indica la posibilidad de la existencia de una realimentación.

Un sistema, con relaciones en el sentido estricto aquí planteado, permite la incorporación de un nodo virtual al cual llegan y del cual parten todas las relaciones.

El gráfico 5 representa el caso del sistema del gráfico 3, al cual se ha incorporado el nodo virtual.

Al nodo virtual incorporado al sistema se lo denomina "nodo de transferencia" "T", por cuanto cumple con una función de redistribución de las salidas de los nodos del sistema.

Algunas de las características de los sistemas representados con la incorporación de un nodo T, son:

- 1 - El grafo dirigido del sistema NO es un árbol.
- 2 - El grafo no dirigido del sistema SI es un árbol.
- 3 - El grafo es formalmente simple.
- 4 - El grafo no permite visualmente la estructura real del sistema.
- 5 - Todo sistema, por complejo que sea, puede representarse mediante un grafo planar.

6 - La incorporación del nodo T no modifica el comportamiento del sistema.
7 - El sistema, y específicamente el nodo T, conserva las características estructurales Σ entradas es igual a Σ salidas; $M = m/2 - (n - 2)$; etc.

De todo esto surge que la incorporación de T, no sólo es un artificio válido, sino que significa un real aporte al análisis estructural.

Más aún, las relaciones en el nodo T representan estrictamente la estructura del sistema.

Cabe agregar que el presente análisis, además de aportar soluciones, también señala aspectos que requieren exhaustiva investigación.

Por ejemplo, un sistema cualquiera, representado sin la incorporación de T, puede poseer, sin embargo, nodos con características similares a las de T, (que simplemente redistribuye las entradas hacia las salidas) de tal modo que esto deberá considerarse al efecto de la explicitación de la real estructura del sistema (por ejemplo eliminando el nodo como tal y evidenciando las relaciones).

Consideramos oportuno generalizar la aplicabilidad de T para el caso de operadores determinados por estados.

Para tales operadores, los estados pueden ser considerados como salidas y, a su vez, el comportamiento subsiguiente del sistema está determinado por ese estado (de salida).

En consecuencia, un operador determinado por estados equivale a un operador con realimentación según gráfico 6.

Como se observa, el bucle de realimentación, representativo del estado del sistema, puede pasar por T, tratándolo como cualquier otra relación.

Creemos interesante observar que, representando el estado en forma de bucle de realimentación, se evidencia que un sistema determinado por estados es potencialmente inestable, dependiendo esto de algún valor interno.

Considerando específicamente a T, éste puede analizarse y representarse de diferentes modos; mediante matrices, vectores, conjuntos, etc. presentándose uno de estos modos; mediante el gráfico 7, así como para el caso más complejo de un sistema conformado por subsistemas, según gráfico 8.

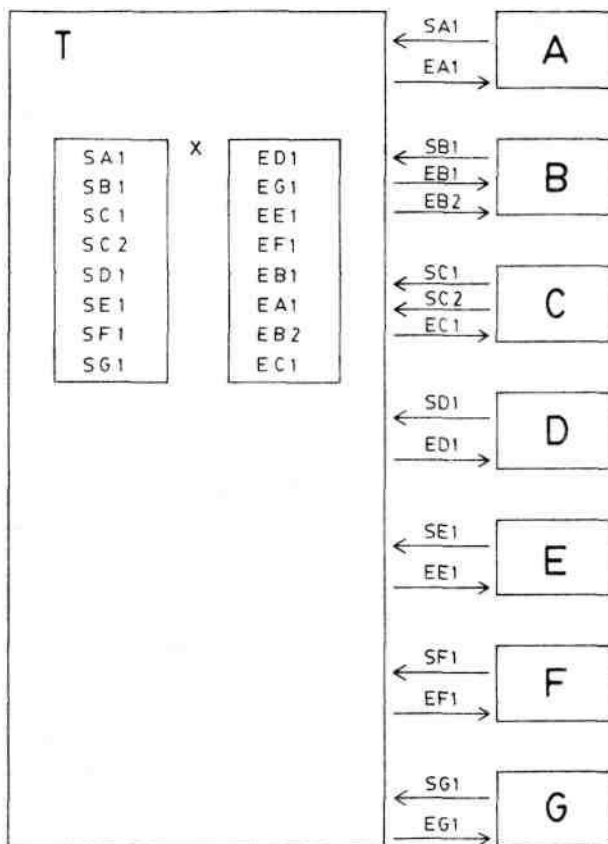
El gráfico 8 no debe interpretarse como representativo de una estructura jerárquica, ya que 'Tc' tiene como entradas y salidas al conjunto total de vínculos del conjunto de subsistemas con el complementario.

Es importante señalar que las consideraciones estructurales, aquí planteadas, no aportan a la delimitación de elementos, subsistemas y de sistemas.

Por ejemplo, queda determinada una relación al cortar un sistema arbitrariamente por cualquier sitio.

También se está en presencia de una relación si, al cortar un sistema en tres partes, una variable que se origina en una parte, al atravesar otra para llegar a una tercera parte, presenta una variación que tiende a cero (es decir, que el nodo intermedio no actúa sobre la relación).

Cabe señalar, por otra parte, que las restricciones propias de la delimitación de los elementos (sus fronteras y contenidos) significará asimismo una real restricción a la arbitrariedad de los cortes determinantes de relaciones.



RESTRCCIONES

$$-S_n \cdot E_m = (S_n)_2$$

— La segunda matriz de T, se interpretará como matriz fila.

Gráfico 7 - Presentamos la formalización del gráfico 5, en donde T representa estrictamente la estructura del sistema. La transferencia de Salidas-Entradas, la hemos indicado mediante el producto de una matriz columna (Salidas) por una matriz fila (Entradas).

A

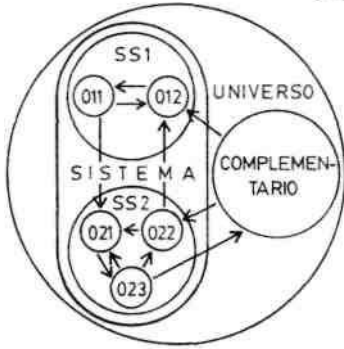
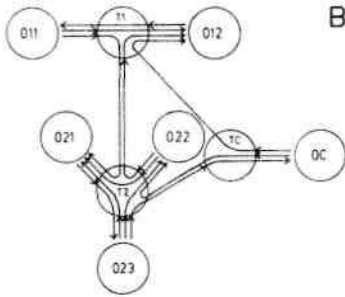
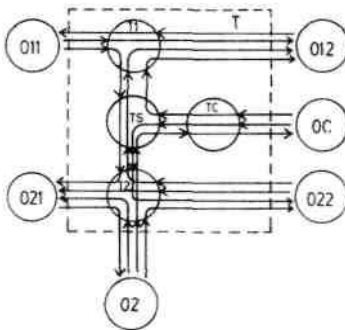


Gráfico 8 - La técnica de representación de la estructura mediante "T", también puede aplicarse al caso de sistemas compuestos por subsistemas. Para ello se halla en primer término los "Tn" de cada subsistema y luego el "Ts" del sistema haciendo pasar por éste toda las relaciones entre subsistemas. Por último se esquematizó la formalización del sistema tal como se ejemplificó en el gráfico 7.

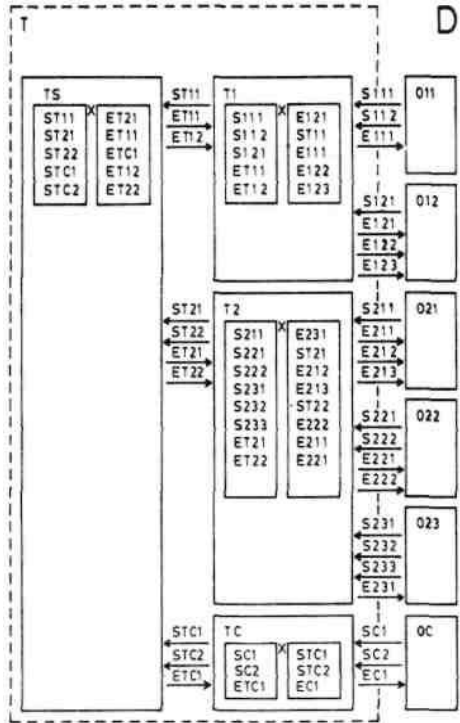
B



C



D



Lo importante de este último concepto, es que tales restricciones, si bien son importantes para el sistema, son propias de los elementos y NO del análisis de tipo estructural.

Este hecho es significativo al momento de la verificación de lo que aquí se ha planteado, por cuanto tal comprobación implica la selección de un sitio de corte virtual adimensional de cualquier sistema real, y la medición de las magnitudes de las variables que atraviesan ese corte imaginario.

Un ejemplo concreto es el de un dispositivo automático de medición del volumen de tránsito de un camino.

Si bien puede darse el caso de que un vehículo queda 'montado' temporariamente sobre ese dispositivo (por problemas mecánicos por ejemplo), la experiencia ha establecido que la probabilidad de tal ocurrencia es ínfima.

Generalizando tal experiencia, es posible afirmar que de hecho existen subconjuntos físicos que responden al comportamiento exigido a una relación.

5 - A este nivel consideramos casi redundante decir que el "conjunto de las partes" en conjunto con el "conjunto de las relaciones", equivale al sistema.

En cambio consideramos que es un aporte proponer una definición alternativa de "sistema" en función de los análisis precedentes.

Diremos que "sistema" es un conjunto de partes vinculadas mediante una estructura.

Estamos ahora en condiciones de proponer una definición más operativa y rigurosa de estructura, como el conjunto de transferencias instantáneas de información, energía o masa entre los componentes de los pares "salida-entrada" del conjunto de "operadores" (o subsistemas, incluido el entorno) de un sistema.

Resta señalar que mediante procedimientos tales como la transformación matricial o la teoría de operadores, se describen en forma rigurosa propiedades de los sistemas que correspondan a nuestra definición de estructura y que tales procedimientos permiten su análisis en profundidad, y su aplicación a las técnicas más diversas, tales como aquellas propias del Estructuralismo que busca establecer algoritmos para la "construcción" de sistemas.

Hemos visto que la definición de estructura de Nadel, es conceptualmente correcta, pero que adquiere mayor precisión reemplazando principalmente "disposición ordenada de las partes", por "conjunto de relaciones entre las partes".

Luego hemos señalado que la iteración de ciertas funciones, presentado para el caso de la parábola, ejemplificaban claramente la existencia de tipologías estructurales que participan en la determinación del comportamiento de los sistemas.

También hemos establecido que el análisis exclusivo de subconjuntos de los componentes de un sistema (partes, conjunto de partes, entradas y salidas, etc.) es válido, colaborando a la descripción y explicación de los sistemas.

Pero también hemos observado que los resultados son solamente válidos dentro de ese ámbito restringido, y que no puede existir la pretensión de comprender y explicar el sistema total únicamente a partir de alguno de aquellos subconjuntos.

Por último hemos analizado el conjunto de relaciones, derivando de allí la definición de estructura en función de la transferencia instantánea de información, energía y materia entre pares entrada-salida de las "partes" del sistema.

Para finalizar, quisiéramos señalar que el concepto de estructura, tal como se lo ha caracterizado, presenta un elevado rigor frente a definiciones precedentes pero que esa misma formalización presenta nuevos interrogantes tales como:

- la relación explícita entre el comportamiento de sistemas y otras tipologías estructurales, tales como las de tipo "árbol"; "en lazo pero sin realimentación", etc.)
- el hecho de que la "máquina de Turing" puede resolver cualquier algoritmo, lo que plantea el interesante interrogante de que eventualmente la estructura de cualquier algoritmo pudiera "reducirse" a la simple estructura de la máquina de Turing;
- la aplicación del presente concepto de estructura a la ingeniería civil (por ejemplo para el caso de la transmisión de momentos);
- etc.

Cualquiera que fuese la evolución del concepto "estructura", creemos que la presente definición es aplicable a un gran número de sistemas y que puede aportar significativamente a su comprensión y resolución.

REFERENCIAS

- 1 - JIMENEZ NIETO Juan Ignacio, 'Teoría general de la administración', Editorial Tecnos, Madrid, 1975.
- 2 - NADEL, Siegfried F., "Teoría de la estructura social", Ediciones Guadarrama S.L., Madrid, 1966.
- 3 - KANDEL, Erik R., "Microsistemas de neuronas", Investigación y Ciencia N° 38, pp. 37-48, 1979.
- 4 - HOFSTADTER, Douglas R., "Temas matemáticos", (Atractores extraños), Investigación y Ciencia, N° 64, pp. 103-113, 1982.
- 5 - MACDONALD, N. "Noisy Chaos", Nature N° 186, pp. 843-844, 1980.