

## SEMINARIO DE COMPOSICION AUTOMATICA DE ESPACIOS ARQUITECTONICOS

---

Participantes: V. Demonte, J. A. de la Fuente, E. García Camarero, R. Garriga, M<sup>a</sup> V. Gutiérrez Guitián, J. I. Sagus, A. Sánchez Aurióles, G. Soto, R. de Soto, J. Sarquis, G. Searle, J. Seguí, C. Sevilla.

Ponente: María Victoria G. Guitián.

Tema: 1°) Planteamiento del Seminario.  
2°) Formalización de Resolución de Problemas.

Discusión: Monopolizada por R. de Soto y E. García Camarero. Se centró, a partir de la definición de "qué cosa es problema", sobre la dialéctica del "problema" y la visión dialéctica de la realidad.

Proposición para la sesión siguiente: A partir de la discusión R. Garriga propuso tratar el libro "Cibernética y materialismo dialéctico" de Guillauman y se le asignó a él esta tarea por consenso general.

### COMUNICACION AL SEMINARIO EL 20 DE MARZO

Por M<sup>a</sup> Victoria Gutiérrez Guitián

Hace 4 ó 5 días me planteé cuál habría de ser el tema objeto de mi comunicación al Seminario.

Surgieron las dudas, y analizada la situación, me pareció interesante proponeros, en primer lugar, la necesidad de explicitar los objetivos generales del Seminario para el curso pre-

sente. Cuestión que me parece debemos abordar todos, si queremos que el Seminario tenga una existencia fecunda y no languidezca en discusiones peregrinas, redundantes e ineficaces que nos hagan dar palos de ciego en múltiples direcciones.

Asimismo es interesante considerar cuál va a ser el funcionamiento o la dinámica interna del grupo. Esto tiene también que ver con la explicitación de los objetivos y con los medios con qué cumplirlos. Según éstos, la nuestra puede ser o no la de un equipo de trabajo, o de discusión, sobre temas que interesen a todos, etc. ...

Los temas a tratar son también función de los objetivos y la dinámica considerados anteriormente.

Supongamos que es un objetivo del Seminario el de la información y transmisión de la misma, de forma que favorezca la incorporación de nuevos y posibles elementos integrantes del Seminario; los temas de discusión habrían de ser muy generales. Pero otra alternativa sería la de plantear como objetivo inmediato el establecimiento de una convención o código de términos manejados en las discusiones, que una vez admitido permitiría la integración gradual de cualquier elemento en la marcha del Seminario. Esto no es difícil, cuando en este momento existe alguna bibliografía en castellano y prácticamente todos estamos interesados en estos temas (1). Personalmente pienso que el aprendizaje de cada uno de nosotros puede hacerse individualmente, siempre y contando con el apoyo y soporte seminarial; y reservar las sesiones del Seminario para plantear nuevos temas de interés y discusión que van surgiendo tanto en el desarrollo del trabajo que estamos realizando, como de la información que vayamos adquiriendo.

Estos temas han de ser temas centrales, pero la forma de afrontarlos permitiría ir desentrañándolos. Para ello es necesario plantearlos y establecer cuando menos una lista de los posibles temas y un programa de las sesiones en las que se van a discutir los mismos (2).

Lo anterior permite que tengamos un programa de trabajo, aunque sea flexible, durante un tiempo, y que personas que habitualmente no formen parte de nuestro Seminario, si se interesan por uno o varios de los temas, pueden participar con nosotros en las discusiones.

---

(1) Por lo tanto este código puede irse elaborando a través de las sucesivas sesiones del Seminario, pero sin concederle una excesiva dedicación.

(2) Mi propuesta sería, el estudio de los siguientes temas:

- Una axiomatización de la geometría para la Arquitectura.
- Modelos lingüísticos generativos. Su aplicación y uso.
- Resolución de problemas.

Otra alternativa es la de exponer trabajos ya realizados, la sesión se convierte en sesión-crítica del trabajo.

Según la hasta ahora inexplicita dinámica del grupo, en la que parece pretenderse un grado de participación extenso a múltiples niveles, no encuentro adecuado discutir y plantear trabajos en curso, que obligarían a centrar el interés en problemas muy específicos que podrían no alcanzar un grado elevado de participación. Por eso me inclino más por la alternativa de exponer en sesión-crítica los trabajos realizados, además, y por supuesto, de utilizar las sesiones para discutir y plantear problemas de interés general, como apuntaba más arriba.

En resumen, propongo la necesidad de:

- 1.- Plantear los objetivos generales del Seminario para el presente curso.
- 2.- Explicitar la dinámica interna del Seminario, carácter de las sesiones, metas (1) a cumplir, niveles de participación, compromisos de trabajo, etc. ...
- 3.- Temas objeto de las sesiones. Elaboración de un programa de trabajo.

Sobre estos tres puntos os he sugerido algunas posibles alternativas y sus relaciones.

Algo acerca de la resolución de problemas y su analogía con los procesos de diseño.

Una vez apuntada la necesidad de la organización interna del Seminario, continué preguntándome cuál podría ser un tema que permitiese a la vez que un nivel de participación alto, la profundización, o por lo menos el análisis del mismo, y que fuera acorde con las sugerencias anotadas anteriormente respecto a la organización seminarial.

Y recordé las sesiones anteriormente celebradas, en las que estuvimos hablando confusamente de método, proceso, procedimiento, método científico, certeza y rigor científico, proceso de diseño, procedimientos y técnicas para construir teorías o simular procesos, y creo recordar que se hablaría, como siempre, de algoritmizaciones y heurísticas, así como del valor de la "intuición" en los procesos de diseño.

Hacía dos días (el lunes 13) que había recibido información de un simposio celebrado en Washington en 1964 bajo el patrocinio de la Office of Naval Research y la Bunker-Ramo-Corporation sobre la implementación potencial del computer, técnicas de resolución de problemas, inteligencia artificial, etc.

---

(1) Me refiero a las personales.

Puesto que muchas de las técnicas de resolución de problemas pueden ser utilizadas, y de hecho lo son, para resolver problemas de diseño, y puesto que la actitud del que resuelve problemas es en muchos casos, si no en todos, análoga a la actitud del diseñador que proporciona respuestas formales, me pareció éste un tema de interés para discutir. Como además, en la teoría de la resolución de problemas aparecen localizados muchos de los conceptos que hemos manejado en las anteriores sesiones, puede servirnos para ir estableciendo ese lenguaje común del que hablaba anteriormente.

Mihajlo Mesarovic en el citado simposio, expuso una formalización de las técnicas de la resolución de problemas que va a servirnos para establecer analogías, puntos de conexión o de discordancia con la resolución de problemas de diseño.

## 0. Introducción

"Usaremos el término "problem solving" para indicar nuestra preocupación por los procesos lógicos y heurísticos además de la simulación de los sistemas que existen en la naturaleza y la sociedad".

"Casi todos los más satisfactorios de los programas heurísticos son los que se basan en experimentos psicológicos y tratan de simular el proceso de pensamiento humano".

Obsérvese el énfasis aquí anotado, tanto en la simulación de los procesos de pensamiento, considerada la psicología como ciencia de lo artificial, como de los sistemas naturales y sociales. La formalización de las técnicas de resolución de problemas pueden ser utilizadas en muchas áreas del conocimiento, entre ellas la del diseño; siendo interesante no sólo la explicación del proceso de diseño seguido por el diseñador (que tiene que ver con la propia y específica lógica del diseño), sino también la acción de diseño como resultado que transforma, utiliza y ajusta sistemas naturales y sociales (1).

## 1. Fundamentos para una teoría de "problem-solving"

"En el desarrollo de una teoría de la descripción de la conducta de un sistema que busca objetivos, es muy importante distinguir el objetivo del sistema, del método que el sistema usa para conseguir este objetivo". (2)

---

(1) Según Simon, "The Sciences of the artificial". M.I.T. Press, 1969, podríamos mejor hablar de sistemas artificiales (conjuntos de artefactos, disponibilidades, planes, estrategias, etc.) que transforman el medio ambiente natural.

(2) El subrayado es mío. Lo he hecho para señalar la importancia del apoyo en la teoría de sistemas, sobre todo en el aspecto del comportamiento de un sistema para la consecución de metas.

En nuestro caso, si el sistema que busca objetivos es el diseñador, es preciso poder distinguir fundamentalmente el resultado de la acción de diseño, del método o estrategia que el diseñador utiliza para producirlo.

Para describir un problema es necesario recurrir a plantearlo sistemáticamente.

"Es esencial la descripción de un problema o subproblema en términos de sistemas o subsistemas, entendiendo por sistema una transformación, una aplicación, o más generalmente una relación definida sobre un conjunto, producto cartesiano".

"¿Cómo podríamos especificar una tarea del tipo que requiere el razonamiento humano en términos de sistemas?"

Considerada la tarea en términos de sistemas, tiene que ver con las relaciones entre 2 conjuntos.

$X = \{x_i\}$  conjunto de términos de input y

$Z = \{z_i\}$  conjunto de estados del sistema,

siendo el output  $Y = \{y_i\}$ . Llamaremos T al sistema de transformaciones que hace

$$Y = \{y_i : y_i = T(x_i, z_i)\}$$

que puede ser también escrita

$$Y = T(x, z)$$

El sistema es pues un conjunto

$$S = \{(x_i, z_i, y_i)\} ; S \subset X * Y * Z \quad *(producto\ cartesiano)$$

Los conjuntos Z y X constituyen el dominio de la función T. Formemos el producto cartesiano

$$X * Z = \{(x_i, z_i)\}$$

y llamemos al dominio de la función T,  $X * Z$ , W. Claramente  $W \subset X * Z$ .

Y el sistema es pues

$$S = \{(w_i, y_i)\} \quad Y = T(w)$$

Es muy importante hacer una distinción entre S y T.

S designa el sistema mismo, mientras que T representa un procedimiento constructivo que especifica cómo obtener Y dado algún  $w \in W$ . (1)

(1) Esto tiene que ver con lo que también subrayaba arriba, la diferencia entre el objetivo y el método o proceso para obtenerlo.

El sistema es ahora

$$S_p = \{W, Y, T\}$$

Nótese la distinción entre  $S$  y  $S_p$ .

Con referencia al sistema especificado  $S_p$ , se pueden formular tres tipos básicos de problemas.

$\alpha$ ) El primer tipo de problemas se refiere a la situación (1) en la que la información acerca de  $W$  y  $T$  es dada y la información acerca de  $Y$  se deduce.

$\beta$ ) La información de  $Y$  y  $T$  es dada y la información de  $W$  es desconocida. Es ésta una situación más difícil, pues es necesaria la inversión de las relaciones del sistema constructivo.

$\gamma$ ) En el tercer tipo de problema, la información acerca de  $W$  e  $Y$  es dada y es preciso descubrir  $T$ . Se requiere esto para encontrar los sistemas funcionales sobre las bases de una especificación incompleta. Esto es usado en problemas de generalización, inferencia inductiva, generación de conceptos, etc. Si empezamos por este tipo de problemas podremos pasar posteriormente a desarrollar la teoría de la resolución de problemas.

Empecemos por tratar el problema  $\gamma$ .

Supongamos que  $W$  e  $Y$  son dados junto con un conjunto de relaciones  $F = \{f_i\}$ . El conjunto  $F$  es una familia de funciones definida como una clase inductiva. Esto significa que la clase  $F$  es definida por las dos especificaciones:

a) Una clase finita llamada básica  $B$ . Los elementos de  $B$  son llamados elementos iniciales.

b) Una clase finita, la clase  $M$ , cuyos elementos son llamados modos de combinación (2).

Todos los elementos de la clase inductiva son generados de los elementos básicos  $B$  usando un conjunto de modos de combinación de  $M$ .

Existen dos formas de aplicar los modos de  $M$  para producir una clase inductiva.

(1) Nótese de nuevo la referencia al aspecto comportamental del sistema.

(2) Obsérvese la importancia de la definición de elementos operativos para construir una clase inductiva.

a) Una clase finita llamada básica B. Los elementos de B son llamados elementos iniciales.

b) Una clase finita, la clase M, cuyos elementos son llamados modos de combinación (1).

Todos los elementos de la clase inductiva son generados de los elementos básicos B usando un conjunto de modos de combinación de M.

Existen dos formas de aplicar los modos de M para producir una clase inductiva.

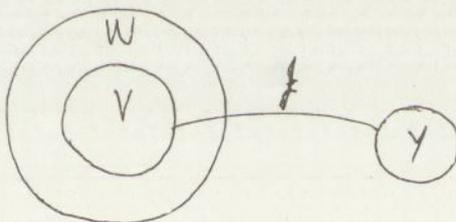
a) La clase básica B es tomada para ser el conjunto de inputs de un sistema, cuyo sistema funcional es dado por M. El conjunto de output de un sistema tal es pues la clase inductiva F.

b) Elementos de la clase inductiva F son los elementos de la básica B y todos los elementos que pueden ser obtenidos por aplicación de los modos de combinación sobre los elementos de B o sobre algún elemento previamente generado.

El problema  $\gamma$  puede ser formulado ahora según Mihajlo D. Mesarovic (2). Dado 3 conjuntos W,  $V \subset W$  e Y, junto con una familia inductiva de funciones F tal que

$$[f \in F] \quad \leftrightarrow \quad [f : V \rightarrow Y]$$

encontrar una función  $f \in F$  que cumpla una propiedad dada p



Es esta relación, y como la propiedad p es definida, la que permite formalizar problemas de generalización, inferencia inductiva, comprobación de teoremas, "pattern recognition" y otros problemas, lo que hace Mesarovic utilizando estos supuestos, y construyendo sistemas de funciones, tanto entre conjuntos como con otros sistemas funcionales previamente establecidos.

(1) Obsérvese la importancia de la definición de elementos operativos para construir una clase inductiva.

(2) "Toward a formal theory of problem solving" en "Computer Augmentation of Human Reasoning". Ed. Sass/Wilkinson, 1965, Washington y Londres.

Incluso si queremos estructurar más el problema, restringiendo la generalidad de la propiedad  $p$ , se pueden proponer clases conectadas en  $W$ , usando familias de funciones transformativas.

Para usar esta formalización de la teoría de resolución de problemas, es preciso estudiar el enunciado, la estructura del problema, separando los rasgos no esenciales y descubrir así la estrategia para obtener la solución.

Otra ventaja que proporciona esta teoría, es el poder evaluar la complejidad de un problema dado, lo cual es una guía en la selección de estrategias para su solución, incluso en ciertos casos es posible anticipar la existencia de una solución.

## 2. Proceso de "problem solving"

Haber empezado por la formalización del problema dado, nos permite ahora desarrollar la teoría del proceso de problem-solving. Esta teoría tendrá que ver con la estructura y características básicas del proceso.

Primero consideraremos el proceso de problem-solving como recursivo según Mihajlo D. Mesarovic.

Existe una secuencia finita de transformaciones  $T = \{T_i\}$  que son aplicadas para ordenar el problema original

$$P = \{ W, H, Y, F \} \quad \text{para} \quad H \subset W$$

La aplicación de la primera transformación produce otro problema  $P' = \{ W', H', Y', F' \}$ ; la segunda transformación es aplicada sobre  $P'$  para obtener  $P''$  hasta que se encuentra la solución del problema.

Esta descripción del proceso es muy simple pero sin embargo

a) Enfatiza la naturaleza  $\left| \begin{array}{l} \text{recursiva} \\ \text{iterativa} \end{array} \right.$  de todos los procesos.

b) Arroja luz sobre el comportamiento de las máquinas de pensamiento que mediante transformaciones cambian la situación de partida.

Realmente las  $T$  consisten en un extremado y largo número de transformaciones, pero que pueden ser agrupadas en un corto número de secuencias, cada una de las cuales tiene un especial rol en el proceso. Podemos asumir aquí que  $T$  es una secuencia de sólo cinco transformaciones (cada una de las cuales serán descompuestas más tarde). (1).

---

(1) En ellas podemos describir procesos actualmente realizados con ordenadores.

Las transformaciones básicas en T son

$$T = \{T_1, \dots, T_5\}$$

donde

- $T_1$  = selección de la partición P sobre W; descripción del problema.
- $T_2$  = generación de las propiedades B a partir de P; descubrimiento de las características del problema.
- $T_3$  = selección de una  $f \in F$ .
- $T_4$  = reducción del conjunto F; eliminación del conjunto F de un subconjunto que no incluye la solución.
- $T_5$  = generación de una nueva descripción del problema (particiones de W).

Con estas transformaciones podemos describir prácticamente todos los procesos de resolución de problemas, y entre ellos claro está los del proceso de diseño, con características iterativas y de transformación de situaciones tan notorias.

Asimismo la analogía con las máquinas de pensamiento nos permitirá ir construyendo la propia lógica de cada proceso, las secuencias de transformaciones utilizadas, localización de las pruebas y sus características, etc., que si en otros procesos ya ha sido abordado, es necesario señalar aquí, la urgente necesidad de hacerlo para el proceso de diseño (1). Formalizar una nueva lógica no binaria de relaciones de lo complejo, utilizable en los procesos de diseño, ha sido siempre una poderosa atracción para mí.

Sólo unos cuantos procesos de resolución de problemas programados en ordenador tienen las transformaciones  $T_1$  y  $T_2$  construidas dentro del proceso. La mayoría de ellos seleccionan las propiedades y rasgos iniciales, y el proceso consiste sólo en aplicar  $T_3$  y  $T_4$  (descritas secuencialmente) de una manera recursiva. Sin embargo es más dificultosa la situación de proveer el cambio en la descripción del problema, para poder observarlo desde diferentes ángulos.

Esto es lo que los rasgos generativos del sistema tienen que proveer.

Un método general para sintetizar los rasgos generativos del sistema es el siguiente:

---

(1) En el momento actual, J. Seguí y yo nos encontramos trabajando en la simulación del proceso de diseño en el que estas consideraciones se hallan planteadas.

La transformación  $T_2$  está implícitamente definida como un sistema formal con capacidad de generar un número arbitrario de rasgos. Los sistemas funcionales que relacionan el input (propiedades originales) dentro del output (nuevos rasgos) consisten en dos conjuntos de transformaciones:

- a) Un conjunto de transformaciones que reflejen la información acerca del problema (axiomas relacionales o postulados).
- b) Un conjunto de reglas deductivas de lógica apropiada.

Un sistema generativo de rasgos puede ser representado por un sistema formal axiomático (1).

Finalmente las  $T_4$  representan los aspectos de aprendizaje de todos los procesos.

### 3. Sistemas de resolución de problemas

Para resolver un problema complejo podemos utilizar el proceso de resolución de problemas aquí descrito.

Pero podemos distinguir 3 tipos de sistemas que difieren en el número de procesos usados y en el camino seguido. En el primer tipo un proceso simple se usa casi como lo discutíamos en el punto anterior. En el segundo tipo, se usa un proceso simple, pero en combinación con un conjunto de sistemas generadores de rasgos. En el tercer tipo el sistema se compone de un conjunto de procesos de "problem solving" separados según una jerarquía y sobre las bases de la descomposición de un problema original. Los dos primeros tipos son análogos al camino que sigue un individuo para resolver problemas, el tercero es análogo a la resolución de problemas por una organización.

#### 3.1. Método de transformación o abstracción

El plan general de afrontarlo se presenta en la figura 1; después de cada secuencia el problema es transformado en otro cuya solución le conduce a otro problema. El problema que se presenta linealmente, a menudo se representa en forma de árbol. Esencialmente existe un resolutor del problema que encuentra la rama correcta del árbol en la que está la solución

---

(1) Hay que señalar la importancia que atribuye Mesarovic a los aspectos generativos del proceso, que permiten el cambio en la descripción del problema. En el caso de nuestro proceso de diseño no serían sólo los instrumentos generativos utilizados por el diseñador, sino la acción de diseño considerada como proceso generativo, véase mi trabajo "Planteamiento de un modelo del proceso de Diseño".

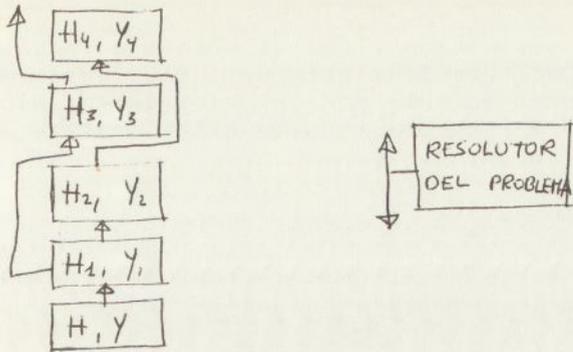


Figura 1

### 3.2. Método de extracción de rasgos

En este método se asume un conjunto de sistemas generadores de rasgos, cada uno de los cuales considera el problema dado, desde un ángulo diferente. Cada uno de los sistemas generadores de rasgos acepta el problema original como un todo y produce un conjunto separado de rasgos. Empezando por alguno de estos rasgos, se generan problemas separados y el sistema de resolución de problemas los considera a cada uno en una secuencia. Se puede asumir que un conjunto de sistemas "problem solving" está trabajando en paralelo sobre el mismo problema. La solución de todos estos problemas se considera por el resolutor del problema simultáneamente y con el objetivo de resolver el problema original. El plan de afrontarlo se muestra en la figura 2. Este método es el propuesto por Selfridge.

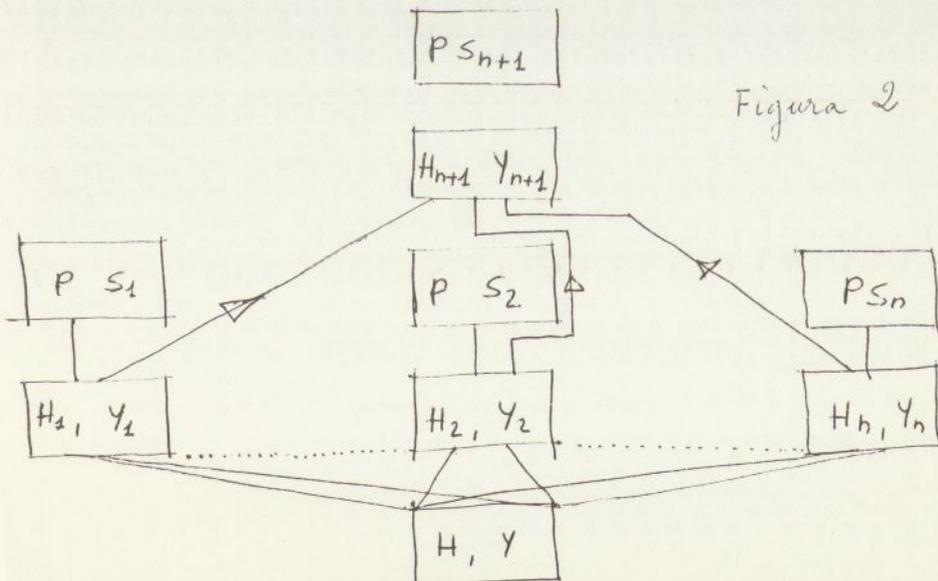


Figura 2

### 3.3. Método descompositivo (sistema de multiniveles y multiobjetivos)

En este punto, consideramos que el método de afrontarlo es la descomposición del problema original. Consideremos esto más formalmente. El proceso comienza por representar el problema original, conjunto  $W$  como el producto cartesiano de algunos conjuntos de más baja cardinalidad.

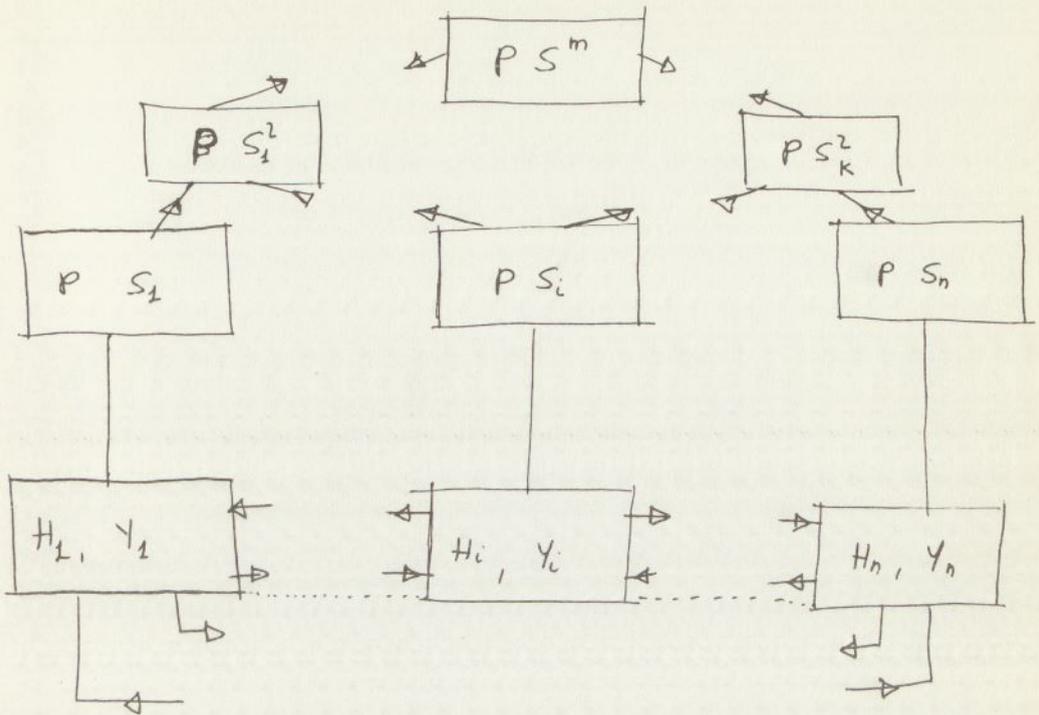
$$W = W_1 * W_2 * \dots * W_n$$

Resulta así la descomposición del problema original  $(H, Y)$  dentro de un conjunto de problemas ordenados

$$(H_1, Y_1) , (H_2, Y_2) \dots (H_n, Y_n)$$

Sin embargo, todos estos problemas son normalmente interdependientes en el sentido de que la solución de alguno de ellos requiere conocimiento de la solución de los otros. Es decir, uno no puede resolver un problema simple, como resolvería problemas  $(H_1, Y_1) \dots (H_n, Y_n)$  uno después de otro, secuencialmente. Todos los problemas han de ser resueltos simultáneamente y sólo en este camino podremos resolver todos los problemas. Es ésta la mayor diferencia entre los métodos 2 y 3. Todos los sistemas generadores de rasgos son independientes y uno puede resolver un problema simple resolviendo los problemas  $(H_1, Y_1) \dots (H_n, Y_n)$  uno después de otro, usando un sistema generador de rasgos apropiado. Por otra parte en el método 3 la solución de alguno de los problemas  $(H_i, Y_i)$  requiere constante cambio de información entre el proceso de problem solving. Para resolver un problema descompuesto, poseemos un conjunto numeroso de procesos "problem solving" cada uno de los cuales resuelve una parte del problema  $(H_i, Y_i)$  y después proveer una jerarquía de un más alto nivel de "problem solving" que unidos forman en efecto, un multinivel, y un sistema de multiobjetivos.

Para resumir pues, es preciso considerar que la característica de multiniveles y multiobjetivos como acercamiento a la resolución de problemas es esencial, puesto que los problemas sobre todos los niveles son mutuamente dependientes y que ninguno de los resolutores del problema es capaz de resolver su propio problema independientemente, la solución de algunos problemas depende del resto del sistema.



#### 4. Conclusión

Hemos visto un planteamiento general de la resolución de problemas, las analogías y conexiones con el proceso de diseño. Sobre todo quiero señalar dentro de los sistemas de resolución de problemas el método descompositivo de multiniveles y multi-objetivos, como la forma de abordar problemas el diseñador, proceso iterativo en el que los problemas y los objetivos son interdependientes. Asimismo es éste uno de los métodos puesto en evidencia en la teoría de juegos y en la simulación de sistemas complejos, como lo son muchos de los que afronta el diseñador.

La discusión queda abierta ...