

LA TOMA DE DECISIONES DE LA EMPRESA EN RED BAJO UN ENFOQUE SISTÉMICO DIFUSO

Lozano Gutiérrez, M.C.
Fuentes Martín, F.
Universidad Politécnica de Cartagena

RESUMEN

En el presente estudio experimental se analiza cómo un tratamiento difuso-sistémico de los datos facilita el modelado e implementación de mecanismos de toma de decisiones en sistemas complejos afectados por un elevado número de variables, algunas de ellas con un comportamiento no claramente definido, situación que se adapta perfectamente al perfil de la empresa en red dadas las peculiaridades de su entorno extremadamente competitivo con frecuentes contradicciones entre la predicción de una demanda más bien constante y unos pedidos que fluctúan de manera imprevisible sin pautas repetitivas, lo que impide al decisor el poder hacer uso de la experiencia, e invalida la efectividad de la intuición en su toma de decisiones.

PALABRAS CLAVE: Dinámica de Sistemas; Lógica Difusa; Empresa en Red.

ABSTRACT

Presently experimental study is analyzed how a diffuse-systemic treatment of the data facilitates the modeling and implementation of mechanisms of taking of decisions in complex systems affected by a high number of variables. Some of them have a behavior not clearly defined, situation that adapts perfectly to the profile of the company in net in view of the peculiarities of its extremely competitive environment with frequent contradictions among the prediction of a demand rather constant and some orders that they fluctuate in an unforeseeable way without repetitive rules. This impedes to the decisor the power to make use of the experience, and it invalidates the effectiveness of the intuition in his taking of decisions.

KEY WORDS: Dynamics of Systems; Fuzzy Logic; Company in Net.

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos de toma de decisión están basados por lo general en la intuición, la experiencia acumulada por el decisor (construyéndose a partir de pautas repetitivas) y la información. En la empresa en red, resulta especialmente significativa la complejidad en la que se han de tomar las decisiones¹, basadas fundamentalmente en la información proveniente del consumidor y/o usuario, que a menudo, presenta comportamientos anti-intuitivos en los que se manifiesta una contradicción entre la predicción de una demanda más bien constante y unos pedidos que fluctúan de manera imprevisible. La inexistencia por tanto de pautas repetitivas, impide al decisor el poder hacer uso de la experiencia, e invalida la efectividad de su intuición. A partir de ésta problemática, en el presente estudio, se muestra una metodología que sigue los principios inspirados en la lógica difusa, capaz de tratar el subjetivismo y la imprecisión, bajo una visión sistémica del problema, en la que se tengan en cuenta las consecuencias de la interacción entre las variables que intervienen en su aparición.

La situación problemática de la que se parte en el presente estudio ha sido el bajo porcentaje de visitas anuales en la web de una empresa. Con el fin de encontrar una solución a éste problema se ha trazado como objetivo la creación mediante un enfoque sistémico de un

modelo de simulación en computadora para representar el sistema en el que se ha de desarrollar la decisión y de ésta forma buscar una explicación al comportamiento del sistema con base en los indicadores de utilidades y porcentaje de visitas, teniendo como influencia la asignación de precios y calidad del servicio.

En el presente artículo se incide en la complementación del enfoque sistémico en la toma de decisiones, con un tratamiento difuso de los valores de las variables implicadas^{2 3}, con lo que además de conseguir dar un mayor realismo a los resultados se facilita el proceso de modelado e implementación de mecanismos de decisión, lo que resulta especialmente interesante en sistemas complejos en los que se mueve la empresa en red, afectados por un elevado número de variables, algunas de ellas con un comportamiento claramente no definido.

El desarrollo del estudio comienza con un análisis en el que se trata de explicitar y mapear la percepción de los participantes intentando acercarse al cómo y por qué el navegante se comporta en la manera que lo hace en un modelo de simulación, bajo un compromiso entre la complejidad del modelo y la fidelidad del comportamiento. En la segunda parte del estudio se plantea una metodología difusa para la búsqueda de una línea de actuación del decisor acorde con el objetivo de logro de una ventaja competitiva, terminando el estudio con la incorporación de los resultados obtenidos en el diseño de una solución o la implantación de cambios en alguna política de la empresa bajo un enfoque sistémico. Un caso práctico desarrollado en la última parte del estudio, permitirá al lector seguir adecuadamente la concepción del problema decisional y sus posibles soluciones.

El aprendizaje generado durante la modelación se considerará un resultado de gran valor para el objetivo propuesto, y para ello resulta fundamental el comprobar que los resultados obtenidos resulten factibles, así como analizar la potencialidad de aprendizaje durante el proceso de modelación mediante la utilización de simuladores; de éste modo, el conocimiento tácito obtenido empezará a ser expresado y compartido en un modelo de simulación de toma de decisiones; ésta constituirá la línea de una futura línea de investigación que completará el presente estudio.

2. LA TOMA DE DECISIONES BAJO UN ENFOQUE SISTÉMICO-DIFUSO

Cuando se toma una decisión, generalmente se tienen en cuenta las partes aisladas del problema, y se actúa sobre el síntoma del problema antes que sobre la causa que lo originó. Según esta forma de pensar, en las decisiones se llega a soluciones sintomáticas que mejoran el sistema temporalmente, sin eliminar la raíz del problema dado que se han considerado las partes y no el todo. El pensamiento sistémico es una disciplina para ver totalidades, para ver las estructuras que subyacen a las situaciones complejas, y de éste modo, conseguir que la toma de decisiones conduzca a mejoras significativas y duraderas (Bertalanffy. L,1976⁴).

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la empresa en red en la toma de decisiones, se debe a que, en tales decisiones, suele influir de manera fundamental la información proveniente del consumidor y/o usuario en forma de opiniones, gustos, preferencias..etc. Dada la imprecisión y en muchos casos la vaguedad con la que se manifiestan las preferencias humanas, así como la inexistencia habitual de pautas repetitivas de

comportamiento, es por lo que, en numerosas ocasiones, el decisor se ve limitado a no poder hacer uso de la experiencia ó a que se vea invalidada incluso la efectividad de su intuición ⁵. Por tanto, en un modelo decisional como el planteado para la empresa en red, en el que la imprecisión de sus parámetros se formaliza a través de situaciones en las que existe una gradación entre la pertenencia absoluta y la no pertenencia (el sí y el no) , resulta especialmente adecuada la utilización de la lógica difusa, al proporcionarnos esquemas matemáticos más flexibles y por tanto adecuados a la realidad, basados en la existencia de grados de pertenencia (Quintana, M.A. 2003⁶).

Las posibilidades que los subconjuntos difusos ofrecen para abordar problemas de decisión en los que interviene la imprecisión de manera fundamental ó se caracterizan por la inexistencia de pautas repetitivas que obligan a la consideración de campos de posibilidad frente a probabilidad, pueden ser enriquecidas y complementadas por planteamientos sistémicos en los que queden reflejadas las interdependencias que existen o se presupone que existen en las variables consideradas, considerando de ésta forma, la empresa como un sistema en movimiento. El gran potencial de la dinámica de sistemas se encuentra precisamente en que se trata de un modelamiento dinámico ^{7,8} es decir que se centra en el tiempo, permitiendo observar las consecuencias que pueden producirse a corto, medio y largo plazo ante las decisiones adoptadas.

El método seguido en la resolución de un problema decisional, empieza con la identificación de la situación problemática y el propósito del modelo, y termina con el diseño de una solución o la implantación de cambios en alguna política de la empresa, en definitiva con la decisión. Los pasos a seguir en la utilización de un modelo de dinámico-difuso para la toma de decisiones son los siguientes (Vennix, 1996⁹):

1.- Identificación del problema y propósito del modelo, lo que supone la identificación de variables de entrada y salida, y determinación de conjuntos difusos. Esta primera fase es fundamental y determinante, ya que si identificamos correctamente todos los aspectos implicados lograremos elaborar un modelo dinámico que sea representativo del comportamiento real del sistema, permitiendo de ese modo, la simulación de distintas políticas alternativas y en consecuencia, conocer cual de ellas resulta más idónea para su posterior aplicación.

2.- Conceptualización del sistema, en la que se seleccionará un método para fusificación (consiste en la conversión de observaciones reales a etiquetas o valores lingüísticos) y defusificación (consiste en la conversión de datos lingüísticos a datos numéricos mediante ponderación y normalización de las sentencias lógicas antecedentes). Deberán especificarse cuales son los límites del sistema, es decir, discernir qué factores se van a incluir en el modelo y cuáles se excluirán, seleccionando aquellos que, intuitivamente parecen ser los más significativos (Senge, 1995¹⁰).

3.- Formulación del modelo y estimación de parámetros, creando una base de conocimiento mediante la utilización de reglas del tipo Si_ entonces_

4.- Análisis del comportamiento del modelo mediante el diseño de un mecanismo de inferencia

5.- Evaluación del modelo

6.- Uso del modelo o implantación y realimentación de la información. Hay que señalar que esta definición no hace referencia exclusivamente a decisiones conscientes o explícitas sino también a decisiones inconscientes o implícitas. La utilidad que se desprende del estudio de la realimentación informativa es la posibilidad de comprender de qué modo el volumen de las acciones correctivas y de las demoras en el tiempo entre acción y efecto en los componentes interconectados de un sistema pueden originar comportamientos fluctuantes o inestables. El modelo se acaba perfeccionando mediante un proceso de aprendizaje que tiene lugar tanto durante la realización del modelo como en posteriores simulaciones. Mediante la simulación ponemos al modelo “en movimiento”, es decir que en un contexto virtual reproducimos el comportamiento esperado de la organización o problema a fin de observar el impacto en los indicadores relevantes de decisiones, políticas, cambios de escenarios etc, y permite ver en un breve lapso los efectos en el tiempo y espacio de decisiones. Hoy en día disponemos de herramientas informáticas que han facilitado la posibilidad de desarrollar modelos y simularlos¹¹. Esta sexta fase del estudio es la que actualmente nos encontramos desarrollando.

7.- El último paso, consiste en aplicar las políticas consideradas óptimas en la fase anterior.

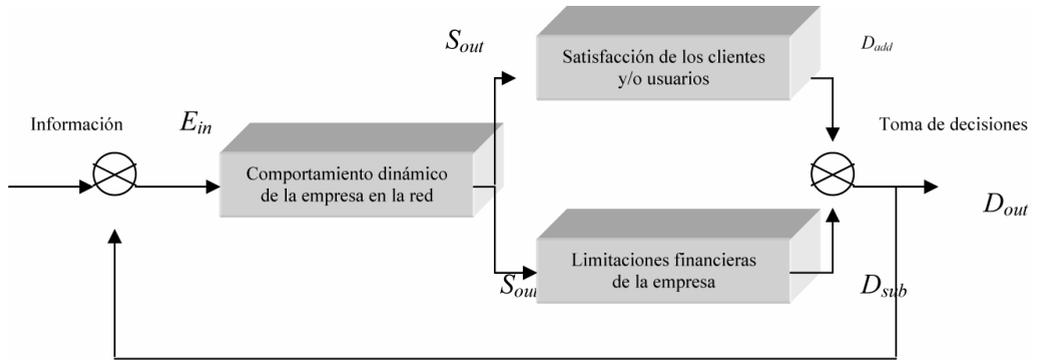
A continuación desarrollaremos mediante un ejemplo la toma de una decisión en una empresa de Internet ante una situación problemática como es el bajo número de accesos al sitio web, para lo cuál, mostraremos la metodología difusa que podría ser utilizada para la detección del origen del problema y sus posibles soluciones, todo ello bajo una concepción sistémica de las variables consideradas.

3. MODELACIÓN DE UNA DECISIÓN EN UNA EMPRESA EN RED A PARTIR DE UN ENFOQUE SISTÉMICO DIFUSO

La situación problemática de la que se parte ha sido el bajo porcentaje de visitas anuales en la web de una empresa. Con el fin de encontrar una solución a éste problema se creó con los métodos propuestos un modelo de simulación en computadora para representar el sistema en el que se ha de desarrollar la decisión.

Los objetivos del modelo fueron explicar el comportamiento del sistema con base en los indicadores de utilidades y porcentaje de visitas, teniendo como influencia la asignación de precios y calidad del servicio. La solución propuesta fue crear un modelo compuesto por tres subsistemas (Figura 1). El objetivo del primero fue representar el comportamiento dinámico de la empresa en la red (presencia, calidad del servicio ofrecida, imagen de marca); el objetivo del segundo representar la transformación de información directa percibida de los usuarios y traducida a visitas, a toma de decisiones, y el tercer subsistema refleja las disponibilidades financieras de la empresa para asumir las decisiones que se produzcan (*Figura n° 1*).

Figura 1 Diagrama del modelo difuso en que se basa la toma de decisiones



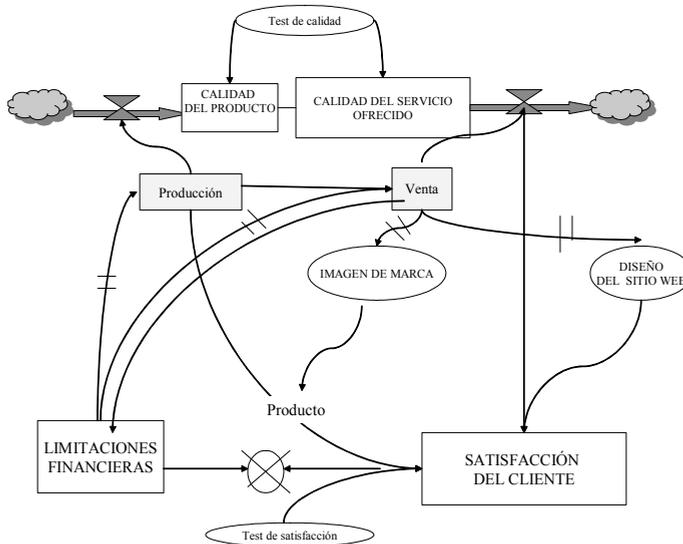
Fuente: elaboración propia

Se modeló el primer subsistema con técnicas de dinámica de sistemas. La satisfacción de clientes y las apreciaciones en su comportamiento no escritas fueron elementos y relaciones tomados en cuenta en el segundo subsistema que se modeló mediante un tratamiento difuso de las variables. Mientras que en el tercer subsistema se consideraron políticas para el control del negocio como la parte del conocimiento de los tomadores de decisión, así como disponibilidades financieras para llevar a cabo la decisión que se adopte, y se representaron por reglas del tipo Si_Entonces, de la siguiente forma:

Si	(Desviación en utilidades)	es (Negativa) y
	(Tendencia de la desviación en utilidades)	es (Negativa) y
	(Desviación en visitas)	es (Positiva) y
	(Tendencia de la desviación en visitas)	es (Negativa)
Entonces	(Incremento en precio)	es (Cero)
	(Incremento en calidad de servicio)	es (Positivo)

Actualmente no se conoce con exactitud la relación que existe entre la satisfacción del cliente y el porcentaje de visitas a la página web de la empresa aunque se estima que puede expresarse mediante una curva cuasilineal. Se utilizará la satisfacción del cliente como un conocimiento impreciso para el desarrollo de los intervalos difusos que determinarán el componente estático (variables de entrada y variables de salida) del modelo a desarrollar. A continuación mostramos un diagrama causal en el que aparecen las variables que van a incorporar tablas internas y se han señalado los retrasos en las flechas (Figura n° 2).

Figura 2



El subsistema *Comportamiento dinámico de la empresa en red*, acepta como entrada la variable E_{in} que representa los parámetros relevantes como proveedor del servicio, traducidos a terminología del nivel de transporte (vídeo, datos, audio CD...), así como los parámetros del nivel de aplicación (función del diseño y de los objetivos de la aplicación), y proporciona como salida la variable S_{out} que corresponde con el nivel de calidad del servicio necesaria para lograr un estado satisfactorio al usuario/navegante.

Tanto la variable de entrada como la variable de salida se han dividido en intervalos, conformando las reglas de inferencia del subsistema. A modo de ejemplo, un nivel de servicio $E_{in} = 150$ (obtenido de la medición de parámetros de dispositivo, tráfico, sistema y/o aplicación) se incluirá en los intervalos de entrada [95,130,160] y [145,180,210], que corresponden respectivamente a los intervalos de salida [50,75,90] y [80,90,105]. Para obtener el valor de salida S_{out} se toma el centroide de ambos intervalos ponderados previamente por la probabilidad de pertenencia del valor $E_{in} = 150$ a los dos intervalos de entrada mencionados, como se muestra a continuación:

Tabla 1 Intervalos de entrada y correspondientes de salida para el subsistema comportamiento dinámico de la empresa en la red.

E_{in}	S_{out}
[0,60,70]	[20,21,23]
[65,90,110]	[22,50,58]
[95,130,160]	[50,75,90]
[145,180,210]	[80,90,105]
[190,230,260]	[95,105,110]
[240,280,310]	[105,110,115]
[290,330,450]	[115,118,120]

El segundo subsistema *Satisfacción de los clientes y/o usuarios* queda definido por la variable de entrada S_{out} ; la variable de salida D_{add} correspondiente al nivel de satisfacción generado en el cliente y/o usuario por la calidad del servicio ofrecida por la empresa en la red. En la tabla 2 se muestran los intervalos en que se ha dividido la variable de entrada y los correspondientes intervalos de salida.

Tabla 2 Intervalos de entrada y correspondientes de salida para el subsistema satisfacción de clientes y usuarios

S_{out}	D_{add}
[20,20,25,30]	[0.65,0.7,0.75,]
[25,30,35,40]	[0.55,0.65,0.7]
[35,40,45,50]	[0.5,0.55,0.65]
[45,50,55,60]	[0.4,0.45,0.5]
[55,60,65,70]	[0.3,0.35,0.45]
[65,70,75,80]	[0.25,0.28,0.35]
[75,80,85,90]	[0.2,0.225,0.3]
[85,90,95,100]	[0.15,0.175,0.25]
[95,100,105,110]	[0.12,0.13,0.2]
[105,110,115,120]	[0.1,0.1,0.125]

Por último el subsistema *Limitaciones financieras de la empresa* recibe como entrada la variable S_{out} y proporciona la variable de salida D_{sub} que se corresponde con las disponibilidades financieras netas (consumidas y generadas) como respuesta a las acciones conducentes a la obtención de satisfacción en el cliente derivada de la calidad del servicio ofrecido por la empresa. En la tabla nº 3 se muestran los intervalos en que se ha dividido la variable de entrada y los correspondientes intervalos de salida.

Tabla 3 Intervalos de entrada y correspondientes de salida para el subsistema limitaciones financieras de la empresa

S_{out}	D_{sub}
[20,20,25,30]	[0.35,0.35,0.45]
[25,30,35,40]	[0.45,0.475,0.5]
[35,40,45,50]	[0.475,0.525,0.55]
[45,50,55,60]	[0.525,0.575,0.6]
[55,60,65,70]	[0.575,0.615,0.63]
[65,70,75,80]	[0.615,0.64,0.65]
[75,80,85,90]	[0.64,0.66,0.67]
[85,90,95,100]	[0.66,0.69,0.7]
[95,100,105,110]	[0.69,0.71,0.72]
[105,110,115,120]	[0.71,0.73,0.75]

La variable de entrada E_{pre} se corresponde con la información previa recogida de usuarios, navegadores y consumidores a través de un test lanzado en la web de la empresa, mientras que la variable (D_{out}) representa el nivel de calidad del servicio resultante tras la toma de una decisión de cambio en la oferta actual de la empresa.

La descripción de la metodología difusa que emplearemos para el análisis estará basada en la existencia de las 29 variables relacionadas con aspectos relativos a la mejora comercial de la empresa, y que representaremos por : $\xi = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_{29}\}$ sobre las que se realizará una encuesta a los consumidores y/o usuarios de la empresa, acerca del grado de presencia de éstas en la empresa, para lo cuál quedarán expresadas las respuestas en décimas entre 0 y 1 (no cumplimiento a cumplimiento total). Un agregado de las respuestas obtenidas vendrá dado por un subconjunto difuso de E, por ejemplo:

$$P \approx$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0.8	0.2	0.4	1	0.5	0.5	0.5	0.2	0.3	0.1	0.8	0.9	1	0.3	0.5	0.6	0.8	0.3	0.4	0.5	0.6	0.3	0.2	0.1	0.3	0.5	0.6	0.1	1

Imaginemos ahora un perfil ideal de competitividad para una empresa tipo del mismo sector al que pertenece la empresa valorada, forma también un subconjunto difuso, al que llamaremos :

$$I \approx$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0.9	0.9	0.9	1	1	1	1	0.9	0.8	0.1	0.8	0.9	1	0.7	0.8	0.9	0.8	0.6	0.6	0.9	0.6	0.9	0.6	1	0.9	0.7	1	1	1

Se puede construir un coeficiente de adecuación de P a I, de la siguiente manera: Si: $\mu_p(x) \geq \mu_I(x)$, entonces se escribirá $K_x(p \rightarrow i) = 1$ y si $\mu_p(x) < \mu_I(x)$ se escribirá $K_x(p \rightarrow i) = 1 - \mu_I(x) + \mu_p(x)$, lo que permite también la siguiente notación globalizadora: $K_x(p \rightarrow i) = 1 \wedge (1 - \mu_I(x) + \mu_p(x))$, de esta forma el coeficiente de adecuación K(p,i) se obtendrá sumando los $K_x(p \rightarrow i)$ y dividiendo el resultado por el cardinal de ξ , con objeto de obtener un número en [0,1]:

$K(p,i) = [0,7+0,1+0,3+1+0,5+0,5+0,5+0,1+0,1+1+1+1+1+0+0,3+0,5+1+0,1+0+0,4+1+0,2+0,2+0,1+0,2+0,2+0,6+0,1+1]/29 = 0,4724$. A continuación se calcularán los coeficientes de adecuación para cada una de las 6 empresas consideradas, determinando como empresa que ofrece una mayor calidad de servicio, a aquella que obtenga un coeficiente de adecuación más elevado. Los resultados obtenidos en los coeficientes de adecuación para las 6 posibles líneas de decisión consideradas a continuación se muestran en la tabla nº 4:

LÍNEAS DE DECISIÓN:

- a) Modificar aspectos de su página/s web relativos a diseño con el fin de hacer más atractivo el acceso a la información de la empresa.

b) Reforzar la imagen corporativa de la empresa, a través de una mejora en sus comunicaciones correo electrónico, foro, chat, revista electrónica,...., con el fin de llegar a más navegadores (potenciales consumidores y/o usuarios)

c) Reforzar la campaña de publicidad y buscar nuevos sitios en los que anunciarse con el fin de llegar a más gente.

d) Ampliar la oferta de servicios de la empresa a fin de fidelizar a los clientes actuales y captar nuevos clientes.

e) Mejorar la imagen de seguridad de la empresa a partir de una inversión en consultoría e ingeniería de seguridad, con el fin de que la empresa transmita a sus potenciales clientes una mayor sensación de seguridad.

f) Promover el conocimiento y el uso de los datos de medición de audiencias on-line con el fin de especializar la oferta a determinados sectores de consumidores.

<i>Líneas de Decisión</i>	<i>Coefficientes de adecuación</i>
A	$K(p1,I)= 0,4724$
B	$K(p2,I)= 0,75$
C	$K(p3,I)= 0,345$
D	$K(p4,I)= 0,12$
E	$K(p5,I)= 0,24$
F	$K(p6,I)= 0,52$

De donde se deduce que la decisión b) Reforzar la imagen corporativa de la empresa, a través de una mejora en sus comunicaciones correo electrónico, foro, chat, revista electrónica,...., con el fin de llegar a más navegadores (potenciales consumidores y/o usuarios) es la que mejor grado de competitividad podría otorgar a la empresa, según los criterios señalados. Aunque el método señalado presenta una clara limitación, debida al hecho de que el incumplimiento en una empresa de algún aspecto relativo a alguna de las variables consideradas (que supondría una valoración en la variable de 0), asociado al hecho de que en el perfil ideal tampoco se hallara precisado en un grado distinto de 0, implicaría la obtención de un $K=1$ que indicaría una máxima adecuación al perfil referente, al igual que en el caso de que la empresa presentara un grado de cumplimiento en un aspecto por encima del ideal (ambas obtendrían el mismo nivel de adecuación pero sin embargo en éste último caso el nivel de competitividad alcanzado por la empresa estaría por encima del ideal) . Para evitar éste problema, deberíamos enriquecer la información con una medida más precisa que nos permitiera comparar subconjuntos de un mismo referencial, para lo cuál disponemos del concepto matemático de distancia., por el que se obtendrían las “diferencias” existentes entre los niveles de competitividad alcanzados en cada una de las 6 posibles líneas de actuación y los ideales del sector.

Se pueden utilizar distintos esquemas para determinar la distancia, por lo que para un mismo problema se obtendrían resultados no idénticos. Uno de ellos es la llamada distancia de

HAMMING que nos suministra información sobre aquello que diferencia a dos subconjuntos difusos. La distancia de Hamming entre los resultados obtenidos en las 29 variables consideradas de la empresa P1 y el ideal I se obtendrán de la siguiente forma:

$$d(P_{\approx}, I_{\approx}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \mu_{P_{\approx}}(X_i) - \mu_{I_{\approx}}(X_i) \right|$$

Así para la primera posible línea de actuación trazada, la distancia de Hamming sería:

$$d(P_{\approx 1}, I_{\approx}) = \frac{1}{29} (|0.8 - 0.9| + |0.2 - 0.9| + \dots + |0.1 - 1| + |1 - 1|) = 0,29655172$$

Y para las 5 restantes, se obtendrían las siguientes distancias (Tabla 5):

<i>Distancias de Hamming</i>
d (p1,I)= 0,29655172
d (p2,I)= 0,223
d(p3,I)= 0,31
d(p4,I)= 0,35
d(p5,I)= 0,334
d(p6,I)= 0,24

Obteniendo así el siguiente orden: **P₂>P₆>P₁>P₃>P₅>P₄**

Con lo que según éstos resultados la actuación prioritaria de la empresa sería la relativa al reforzamiento de la imagen corporativa de la empresa, a través de una mejora en sus comunicaciones correo electrónico, foro, chat, revista electrónica,...., con el fin de llegar a más navegadores (potenciales consumidores y/o usuarios), seguida en importancia por promover el conocimiento y el uso de los datos de medición de audiencias on-line con el fin de especializar la oferta a determinados sectores de consumidores.

El estudio se podría completar con un análisis de las ventajas competitivas en cuanto a la calidad de servicio ofrecida por la empresa considerada contemplada desde el aspecto de la imagen corporativa que ofrecen en sus páginas web con respecto a similares empresas del mismo sector al que ésta pertenece, para lo que sería conveniente el realizar un análisis de afinidades en el que se pudieran apreciar éstas ventajas competitivas. Para llevar a cabo éste análisis, determinaríamos las subrelaciones máximas de similitud, para lo cuál se utilizará el algoritmo de Pichat. La finalidad del camino trazado por Pichat es la obtención de submatrices o grafos transitivos. Para describir la metodología de éste algoritmo consideraremos los resultados agregados para seis parámetros de calidad de servicio, correspondientes a la imagen corporativa de la empresa en 6 empresas consideradas (P1,P2,P3,P4,P5,P6) del mismo sector (en donde la P1 es la empresa analizada en el presente estudio):

- X1.- Presentación del producto y de sus características
- X2.- Atractivo visual de la página *web*
- X3.- Regularidad en la actualización del contenido de la *web site*
- X4.- Rapidez en la descarga de páginas
- X5.- Facilidad en la búsqueda y encuentro de contenidos del *web site*
- X6.- Grado de cumplimiento de lo prometido en la página

Tabla 6 valoración obtenida en las 6 empresas para las variables consideradas

Variables	P1	P2	P3	P4	P5	P6
x1	0,3	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2
x2	0,6	0,9	0,5	0,7	0,1	0,1
x3	0,9	1	0,1	0,2	0,7	0,2
x4	1	1	0,2	0,9	0,4	0,3
x5	0,2	0,5	0,4	0,8	0,6	0,2
x6	0,5	0,3	0,3	1	1	0,6

El punto de partida viene dado por la existencia u obtención en su caso de una relación booleana de semejanza (simétrica y reflexiva), para llegar a ella comencemos buscando la afinidad entre las dos primeras empresas, para lo cuál se determinará en primer lugar la distancia de Hamming existente entre ellas:

$$d(P_1, P_2) = 0,21667$$

$$d(P_1, P_3) = 0,4$$

$$d(P_1, P_4) = 0,367$$

$$d(P_1, P_5) = 0,368$$

$$d(P_1, P_6) = 0,35$$

Se obtendría entonces la relación difusa siguiente:

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	0	0,21667	0,4	0,367	0,368	0,35
P2	0,21667	0	0,697	0,67	0,672	0,672
P3	0,4	0,697	0	0,297	0,255	0,253
P4	0,367	0,67	0,297	0	0,571	0,571
P5	0,368	0,672	0,255	0,571	0	0,467
P6	0,35	0,672	0,253	0,571	0,467	0

Esta matriz de distancias es una matriz de “desemejanza”. Su complemento a 1 proporcionará la matriz de “semejanza”:

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	0,78	0,63	0,63	0,63	0,65
P2	0,78	1	0,30	0,33	0,33	0,33
P3	0,63	0,30	1	0,70	0,74	0,74
P4	0,63	0,33	0,70	1	0,42	0,42
P5	0,63	0,33	0,74	0,42	1	0,53
P6	0,65	0,33	0,74	0,42	0,53	1

Hemos podido ver una de las varias maneras de llegar a la obtención de una relación de semejanza. Pasamos a continuación a realizar su tratamiento para hallar las agrupaciones por afinidad. Con objeto de hacer operativo el concepto de afinidad, parece conveniente el establecimiento de unos procedimientos de cálculo que permitan, con la mayor rapidez posible, la utilización de los esquemas presentados. En nuestro estudio hemos determinado las relaciones máximas de similitud utilizando el algoritmo de Pichat. Así, para un nivel $\alpha=1$,

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1					
P2		1				
P3			1			
P4				1		
P5					1	
P6						1

Si consideramos la relación difusa de semejanza S y adoptamos como umbral a partir del cual se considera cumple la necesaria homogeneidad $\alpha \geq 0,78$. Entonces la anterior relación difusa se convierte en la booleana siguiente:

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1				
P2		1				
P3			1			
P4				1		
P5					1	
P6						1

Habida cuenta de la existencia de simetría, se considera únicamente la parte de la matriz situada por encima y a partir de la diagonal principal (ésta incluida).

Así para un nivel $\alpha \geq 0,78$, hallamos así, una suma de productos de elementos. Para cada uno de los sumandos se obtiene un complemento con relación al referencial. Cada uno de estos términos complementarios proporciona una subrelación máxima de similitud.

$$\begin{aligned}
 S &= (p_1 + p_3 p_4 p_5 p_6)(p_2 + p_3 p_4 p_5 p_6)(p_3 + p_4 p_5 p_6)(p_4 + p_5 p_6)(p_5 + p_6)^1 = \\
 &= (p_1 p_2 + p_1 p_3 p_4 p_5 p_6 + p_3 p_4 p_5 p_6)(p_3 + p_4 p_5 p_6)(p_4 + p_5 p_6)(p_5 + p_6) = \\
 &= ((p_1 p_2 p_3 + p_1 p_2 p_4 p_5 p_6 + p_1 p_3 p_4 p_5 p_6 + p_3 p_4 p_5 p_6)(p_4 + p_5 p_6)(p_5 + p_6) = \\
 &= (p_1 p_2 p_3 p_4 + p_1 p_2 p_3 p_5 p_6 + p_1 p_2 p_4 p_5 p_6 + p_1 p_2 p_4 p_5 p_6 + p_3 p_4 p_5 p_6)(p_5 + p_6) = \\
 &= (p_1 p_2 p_3 p_4 p_5 + p_1 p_2 p_3 p_4 p_6 + p_1 p_2 p_3 p_5 p_6 + p_1 p_2 p_4 p_5 p_6 + p_1 p_3 p_4 p_5 p_6 + p_3 p_4 p_5 p_6)^2 \\
 S' &= p_6 + p_5 + p_4 + p_3 + p_1 p_2^3
 \end{aligned}$$

	P1	P2
P1	1	1
P2	1	1

A un nivel elevado como es el 0,78, la empresa P₁, presenta un alto nivel de similitud con la empresa P₂ en los 6 factores considerados como integrantes de la imagen corporativa.

Al nivel $\alpha = 0,74$

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1				
P2		1				
P3			1		1	1
P4				1		
P5					1	
P6						1

$$\begin{aligned}
 S &= (p_1 + p_3 p_4 p_5 p_6)(p_2 + p_3 p_4 p_5 p_6)(p_3 + p_4)(p_4 + p_5 p_6)(p_5 + p_6) = \\
 &= (p_1 p_2 + p_1 p_3 p_4 p_5 p_6 + p_3 p_4 p_5 p_6)(p_3 + p_4)(p_4 + p_5 p_6)(p_5 + p_6) = \\
 &= (p_1 p_2 p_3 + p_1 p_2 p_4 + p_1 p_3 p_4 p_5 p_6 + p_3 p_4 p_5 p_6)(p_4 + p_5 p_6)(p_5 + p_6) = \\
 &= (p_1 p_2 p_3 p_4 + p_1 p_2 p_3 p_5 p_6 + p_1 p_2 p_4 + p_1 p_3 p_4 p_5 p_6 + p_3 p_4 p_5 p_6)(p_5 + p_6) = \\
 &= (p_1 p_2 p_3 p_4 p_5 + p_1 p_2 p_3 p_4 p_6 + p_1 p_2 p_3 p_5 p_6 + p_1 p_2 p_4 + p_1 p_3 p_4 p_5 p_6)
 \end{aligned}$$

$$S' = p_4 + p_3 p_5 p_6 + p_2$$

	P3	P5	P6
P3	1	1	1
P5	1	1	1
P6	1	1	1

¹ Suma de productos para cada fila

² Producto booleano en términos mínimos

³ Obtención del complemento de cada uno de los términos de P.

A un nivel bastante alto como el 0,74, las empresas P₃P₅P₆, presentan afinidades en cuanto a la imagen corporativa que ofrecen a través de su página Web.

Al nivel $\alpha=0,70$

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1				
P2		1				
P3			1	1	1	1
P4				1		
P5					1	
P6						1

$$\begin{aligned}
 S &= (p_1+p_3p_4p_5p_6)(p_2+p_3p_4p_5p_6)(p_4+p_5p_6)(p_5+p_6)= \\
 &= (p_1p_2+p_1p_3p_4p_5p_6+p_3p_4p_5p_6)(p_4+p_5p_6)(p_5+p_6)= \\
 &= (p_1p_2p_4+p_1p_2p_5p_6+p_1p_3p_4p_5p_6+p_3p_4p_5p_6)(p_5+p_6)= \\
 &= (p_1p_2p_4p_5+p_1p_2p_4p_6+p_1p_2p_5p_6+p_1p_3p_4p_5p_6+p_3p_4p_5p_6)
 \end{aligned}$$

$$S' = p_3p_6+p_3p_5+p_3p_4+p_1p_2$$

Al nivel $\alpha=0,65$

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1				1
P2		1				
P3			1	1	1	1
P4				1		
P5					1	
P6						1

$$\begin{aligned}
 S &= (p_1+p_3p_4p_5)(p_2+p_3p_4p_5p_6)(p_4+p_5p_6)(p_5+p_6)= \\
 &= (p_1p_2+p_1p_3p_4p_5p_6+p_3p_4p_5)(p_4+p_5p_6)(p_5+p_6)= \\
 &= (p_1p_2p_4+p_1p_2p_5p_6+p_1p_3p_4p_5p_6+p_3p_4p_5)(p_5+p_6)= \\
 &= (p_1p_2p_4p_5+p_1p_2p_4p_6+p_1p_2p_5p_6+p_1p_3p_4p_5p_6+p_3p_4p_5)
 \end{aligned}$$

$$S' = p_3p_6+p_3p_5+p_3p_4+ p_1p_2p_6$$

Como se puede apreciar, ha sido necesario el descender hasta un nivel de 0,65 para buscar una similitud entre la primera, segunda y sexta empresa en cuanto a la calidad de servicio ofrecida por éstas contemplada desde el aspecto de la imagen corporativa que ofrecen en sus páginas web.

Al nivel $\alpha=0,63$

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1	1	1	1	1
P2		1				
P3			1	1	1	1
P4				1		
P5					1	
P6						1

$$S=(p2+p3p4p5p6)(p4+p5p6)(p5+p6)=$$

$$=(p2p4+p2p5p6+p3p4p5p6)(p5+p6)=$$

$$=(p2p4p5+p2p4p6+p2p5p6+p3p4p5p6)$$

$$S'=p1p3p6+p1p3p5+p1p3p4+p1p2$$

Al nivel $\alpha=0,53$

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1	1	1	1	1
P2		1				
P3			1	1	1	1
P4				1		
P5					1	1
P6						1

$$S=(p2+p3p4p5p6)(p4+p5p6)=$$

$$=(p2p4+p2p5p6+p3p4p5p6)$$

$$S'=p1p3p5p6+p1p3p4+p1p2$$

Al nivel $\alpha=0,42$

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1	1	1	1	1
P2		1				
P3			1	1	1	1
P4				1	1	1
P5					1	1
P6						1

$$S=(p2+p3p4p5p6)$$

$$S'=p1p3p4p5p6+p1p2$$

Al nivel $\alpha=0,33$

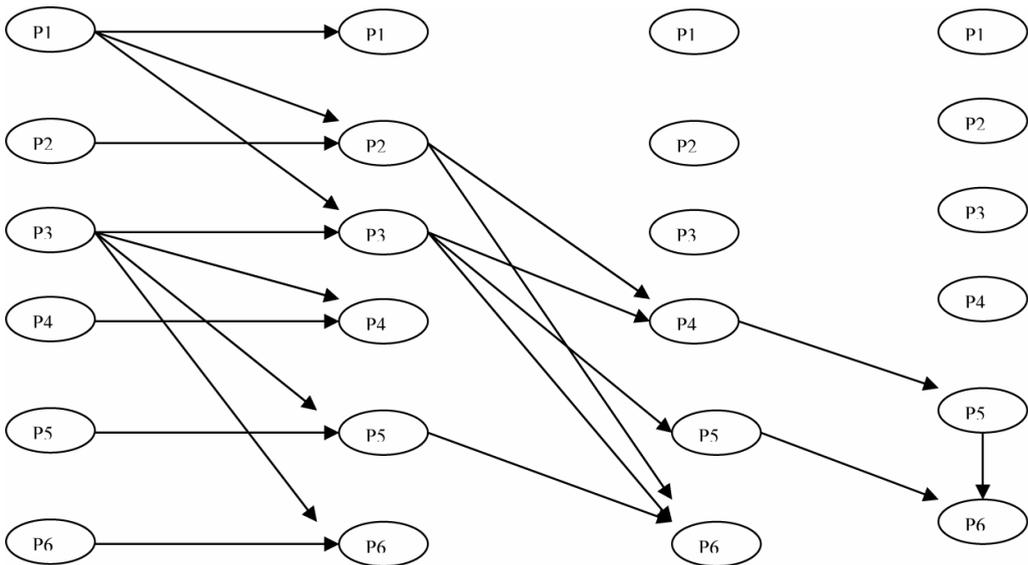
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1	1	1	1	1
P2		1		1	1	1
P3			1	1	1	1
P4				1	1	1
P5					1	1
P6						1

$$S=(p2+p3)$$

$$S'=p1p3p4p5p6+p1p2p4p5p6$$

Con objeto de visualizar mejor el algoritmo presentaremos las aplicaciones funcionales en la forma sagitada:

Figura 3



Fuente: elaboración propia

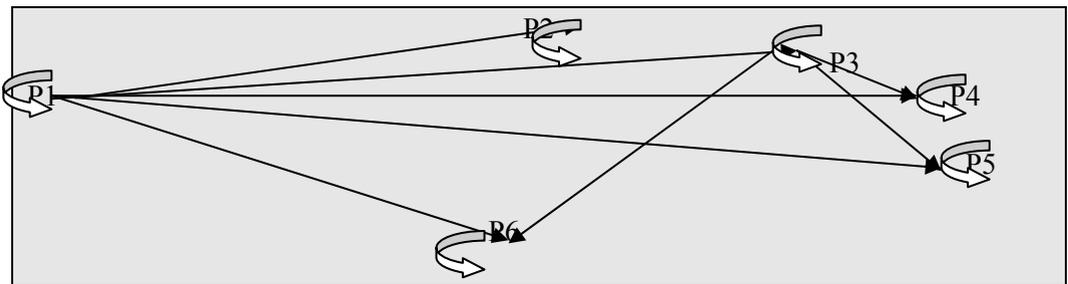
En la representación sagitada anterior, se observa la existencia de dos vértices (que se corresponden con las líneas de actuación P₁ y P₃) de los que parten las diferentes relaciones de similitud con el resto, por otra parte, éstas dos empresas quedaron situadas en una posición central en el apartado anterior del estudio en el que se determinó la ordenación por distancia al perfil ideal de calidad de servicio ofrecida en la página web: **P₂>P₆>P₁>P₃>P₅>P₄**. Se observa que la empresa analizada P₁, ocupa una posición intermedia en cuanto a imagen de calidad corporativa con respecto a sus empresas competidoras, y este resultado puede obedecer en buena lógica al hecho de que situándose éstas empresas en una situación de calidad media sus rasgos diferenciadores respecto a las otras empresas son prácticamente nulos. Por el contrario,

las empresas nombradas como P_2 y P_4 se diferencian claramente del resto (la P_2 guarda ciertas similitudes con la P_1 en cuanto a imagen corporativa) resultando la primera como acreedora de una excelente calidad y la última como de una deficiente calidad de servicio en comparación con el resto.

El algoritmo de Pichat está específicamente destinado a la obtención de subrelaciones máximas de similitud, no proporcionando directamente el resto de afinidades, que sí se podrían obtener a partir de otro procedimiento de cálculo de similitudes denominado “*retículo de Galois*”. Con objeto de mostrar la utilización de este algoritmo, vamos a considerar la anterior relación difusa de semejanza a un nivel de $\alpha \geq 0,63$:

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1	1	1	1	1
P2	1	1				
P3	1		1	1	1	1
P4	1			1		
P5	1		1		1	
P6	1		1			1

$$[S_{0,63}] = [B] =$$



Las conexiones B^*A son las siguientes:

$$B^* \phi = E1$$

$B^* \{p1\} = \{p1, p2, p3, p4, p5, p6\}$, $B^* \{p2\} = \{p1, p2\}$, $B^* \{p3\} = \{p1, p3, p4, p5, p6\}$, $B^* \{p4\} = \{p1, p4\}$, $B^* \{p5\} = \{p1, p3, p5\}$, $B^* \{p6\} = \{p1, p3, p6\}$, $B^* \{p1, p2\} = \{p1, p2\}$, $B^* \{p1, p3\} = \{p1, p3, p4, p5, p6\}$, $B^* \{p1, p4\} = \{p1, p4\}$, $B^* \{p1, p5\} = \{p1, p3, p5\}$, $B^* \{p1, p6\} = \{p1, p3, p6\}$, $B^* \{p2, p3\} = \{p1\}$, $B^* \{p2, p4\} = \{p1\}$, $B^* \{p2, p5\} = \{p1\}$, $B^* \{p2, p6\} = \{p1\}$, $B^* \{p3, p4\} = \{p1, p4\}$, $B^* \{p3, p5\} = \{p1, p3, p5\}$, $B^* \{p3, p6\} = \{p1, p3, p6\}$, $B^* \{p4, p5\} = \{p1\}$, $B^* \{p4, p6\} = \{p1\}$, $B^* \{p5, p6\} = \{p1, p3\}$, $B^* \{p1, p2, p3\} = \{p1\}$, $B^* \{p1, p2, p4\} = \{p1\}$, $B^* \{p1, p2, p5\} = \{p1\}$, $B^* \{p1, p2, p6\} = \{p1\}$, $B^* \{p2, p3, p4\} = \{p1\}$, $B^* \{p2, p3, p5\} = \{p1\}$, $B^* \{p2, p3, p6\} = \{p1\}$, $B^* \{p3, p4, p5\} = \{p1\}$, $B^* \{p3, p4, p6\} = \{p1\}$, $B^* \{p4, p5, p6\} = \{p1\}$

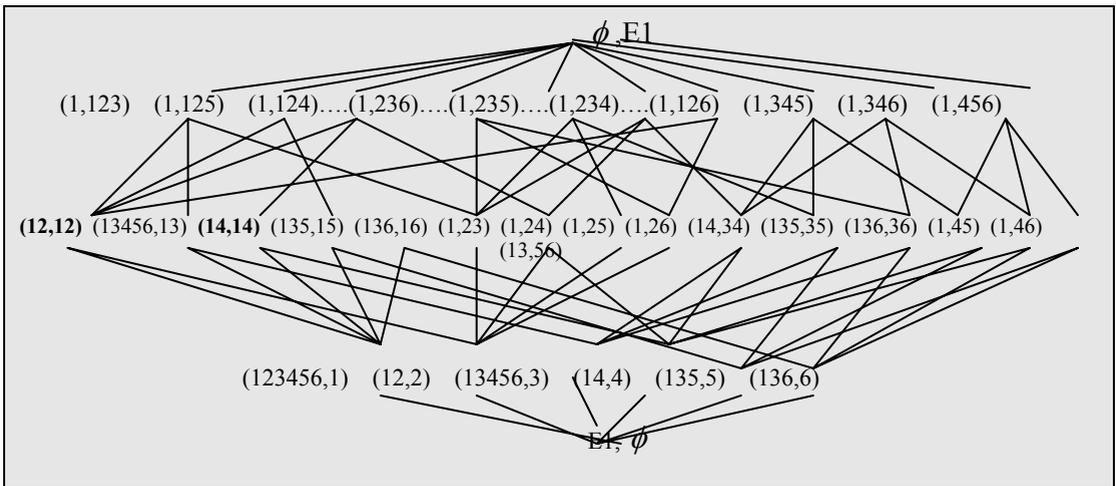
$$B^* E1 = \phi$$

Las conexiones B^*A en las cuales se cumple que $B^*A = A$ son: $B^*\{p_1, p_2\} = \{p_1, p_2\}$, $B^*\{p_1, p_4\} = \{p_1, p_4\}$, resultando así las siguientes subrelaciones máximas de similitud:

	P1	P2
P1	1	1
P2	1	1

	P1	P4
P1	1	1
P4	1	1

En la construcción del correspondiente retículo de Galois se puede observar la ubicación de las subrelaciones máximas de similitud. Los nodos del retículo están entonces constituidos por un par de conjuntos de objetos y atributos que se determinan mutuamente. La relación de orden que constituye el retículo viene determinada tanto por la relación de inclusión entre conjuntos de objetos como por la relación de contención entre conjuntos de clases. En esta sección ilustraremos de manera informal el modo en que esta técnica permite realizar los análisis de dependencia funcional mencionados en la sección anterior.

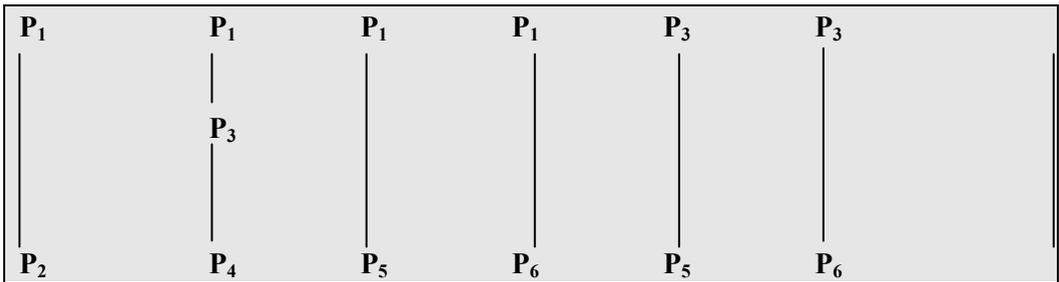


A continuación vamos a determinar todas las posibles cadenas máximas de una relación de orden estricto como la obtenida anteriormente. Luego, todas las partes comunes de las cadenas máximas serán unidas en un mismo trazo. La figura así obtenida se denomina *DIAGRAMA DE HASSE* de la relación de orden dada. Así, sea el referencial: $E = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_6\}$, y la relación de orden estricta obtenida anteriormente:

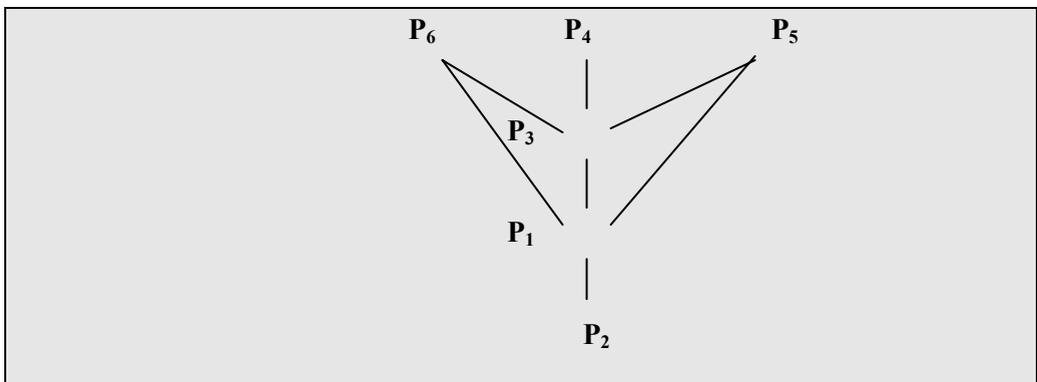
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1	1	1	1	1
P2	1	1				
P3	1		1	1	1	1
P4	1			1		
P5	1		1		1	
P6	1		1			1

A partir de estas informaciones nos proponemos hallar las cadenas máximas. Para ello se empieza por enumerar todas las cadenas, para seguidamente eliminar aquellas cadenas que se hallan incluidas en otra. Una vez realizadas todas las eliminaciones, obtenemos las siguientes cadenas máximas: $P_1 < P_2$; $P_1 < P_3 < P_4$; $P_1 < P_5$; $P_1 < P_6$; $P_3 < P_5$; $P_3 < P_6$

Figura 6



Partiendo de cada una de las cadenas máximas anteriores, del elemento que está más a la izquierda, que lo colocaremos en la parte inferior, se formará una única cadena, reuniendo en una las partes de cadena idénticas. Obteniendo la figura siguiente:



Por tanto, la cadena de máxima similitud obtenida sería la $P_2 < P_1 < P_3 < P_4$, tal y como ya se obtuvo en el algoritmo de Pichat, con lo que :

1) La característica o atributo que de forma mayoritaria ha de ser modificado en su página Web ha sido la característica C (color de fondo) seguida en número de repeticiones por las características D,E: extensión de la página y grado informativo respectivamente.

2) Con el fin de hacer más atractivo el acceso a la información de la empresa y mejorar así su competitividad en el sector, la empresa se ha planteado 6 posibles líneas de actuación: reforzar la imagen corporativa de la empresa, a través de una mejora en sus comunicaciones correo electrónico, foro, chat, revista electrónica,...., con el fin de llegar a más navegadores (potenciales consumidores y/o usuarios), reforzar la campaña de publicidad y buscar nuevos sitios en los que anunciarse con el fin de llegar a más gente, ampliar la oferta de

servicios de la empresa a fin de fidelizar a los clientes actuales y captar nuevos clientes, mejorar la imagen de seguridad de la empresa a partir de una inversión en consultoría e ingeniería de seguridad, con el fin de que la empresa transmita a sus potenciales clientes una mayor sensación de seguridad, promover el conocimiento y el uso de los datos de medición de audiencias on-line con el fin de especializar la oferta a determinados sectores de consumidores.

De éstas 6 posibles líneas de actuación, la metodología propuesta ha permitido secuenciar la toma de decisiones estableciendo como acción prioritaria la relativa al reforzamiento de la imagen corporativa de la empresa, a través de una mejora en sus comunicaciones correo electrónico, foro, chat, revista electrónica,....., con el fin de llegar a más navegadores (potenciales consumidores y/o usuarios), seguida en importancia por promover el conocimiento y el uso de los datos de medición de audiencias on-line con el fin de especializar la oferta a determinados sectores de consumidores.

3) e observa que la empresa analizada, ocupa una posición intermedia en cuanto a imagen de calidad corporativa transmitida en su página web, con respecto a sus empresas competidoras, y este resultado puede obedecer en buena lógica al hecho de que situándose éstas empresas en una situación de calidad media sus rasgos diferenciadores respecto a las otras empresas son prácticamente nulos. Razón por la cuál, si quiere conseguir una mejora competitiva debe procurar acentuar sus diferencias mejorando prioritariamente el atractivo visual de su página web (variable X_2 considerada), así como la presentación de su producto y de sus características(variable X_1 considerada).

El nivel de calidad de servicio previsto tras la puesta en práctica de las líneas de actuación anteriores se representa en la variable (S_{out}) traducida en el sistema a las disponibilidades financieras netas (generadas y consumidas) como respuesta a las acciones conducentes a la obtención de satisfacción en el cliente derivada de la calidad del servicio ofrecido por la empresa. La variable D_{out} realimenta el sistema, constituyendo la entrada E_{in} del primer subsistema para la siguiente toma de decisiones. En la figura nº 8 se muestra el sistema completo.

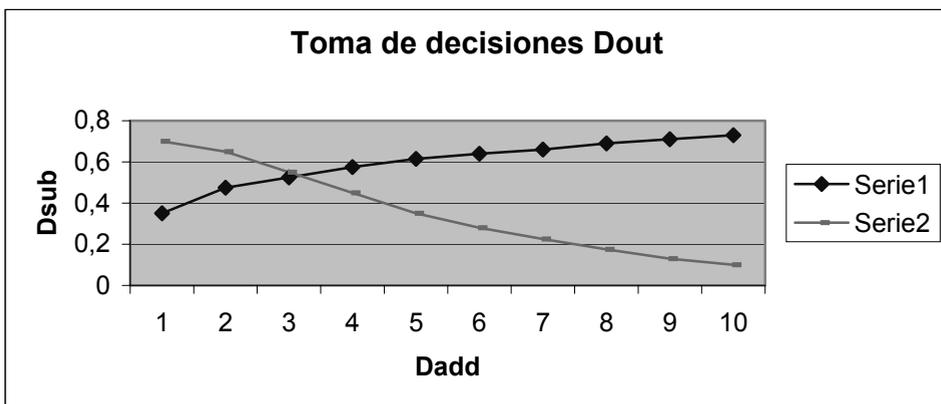
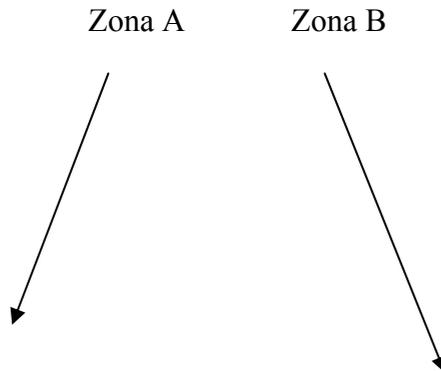


Figura 8 Representación de D_{add} y D_{sub}



Las variables de salida D_{add} y D_{sub} (nivel de satisfacción generado en el cliente y/o usuario por la calidad de servicio ofrecida por la empresa y las disponibilidades financieras netas como respuesta a las acciones conducentes a la obtención de satisfacción en el cliente derivada de la calidad del servicio, respectivamente) han sido presentadas gráficamente en el valor central del número borroso triangular que las representa. Se observa en la gráfica un punto de corte (0,35) que divide la gráfica en dos secciones diferenciadas zona A y zona B. En la zona A, la satisfacción generada al cliente tras emprender las reformas necesarias para el mejoramiento de la calidad del servicio, se encuentra por debajo de las disponibilidades financieras de la empresa, por lo que el nivel de calidad podría ser mejorado en otros aspectos no contemplados inicialmente y financieramente sería sostenible. En la zona B, la situación se invierte y se aprecia una zona en la que financieramente sería insostenible una decisión de mejora en la calidad del servicio ofrecida por la empresa que redundara en un incremento de la satisfacción a sus clientes.

El modelo sistémico-difuso creado en el presente estudio actualmente se está implementado mediante la herramienta Simulink, integrada en el entorno Matlab (The Math Works, Inc)¹². El procesamiento del sistema difuso consta de tres pasos: (1) asignar grados de membresía con respecto a los conjuntos difusos a las variables de entrada; (2) realizar la inferencia de las acciones por realizar utilizando las reglas de mapeo; y (3) emitir la acción correctiva estimada, interpretando los grados de membresía de las variables de salida. Así, el primer conjunto de experimentos permitió comprobar la capacidad del sistema propuesto para lograr un nivel de calidad de servicio partiendo de un nivel de satisfacción del cliente por debajo de la capacidad financiera neta de la empresa para éste tipo de acciones.

La segunda serie de experimentos se orientará al estudio de la capacidad del sistema para retornar al nivel de calidad de servicio al introducir una distorsión puntual instantánea por la que se disminuya o aumente el nivel de satisfacción del usuario/consumidor (podría ser la entrada en el mercado de un nuevo producto o una nueva empresa en la competencia).

En los resultados de experimentación realizados hasta ahora se observa que el modelo implementado reacciona de forma correcta ante distintos niveles de satisfacción y disponibilidad financiera hasta lograr un estado de equilibrio, de modo que se alcanza dicho nivel de una forma gradual y nunca bruscamente. Además, una vez alcanzado ese estado, el modelo consigue mantener los niveles de calidad.

Es importante destacar que para construir el modelo se han establecido unas reglas de inferencia que permitan gestionar el comportamiento de los tres subsistemas señalados de forma adecuada sin necesidad de contar con un número elevado de datos empíricos.

Los resultados obtenidos permiten plantear la posibilidad de diseño de un dispositivo inteligente que, ante distintos niveles de satisfacción detectados fuese capaz de desencadenar las acciones necesarias para lograr un nivel de calidad de servicio deseado.

4. CONCLUSIONES:

Se ha podido observar cómo las técnicas operativas derivadas de los principios de la lógica difusa e integradas en un marco sistémico, dotan de realismo a la vez que facilitan el modelado e implementación de mecanismos de toma de decisiones en entornos complejos caracterizados por la presencia de un elevado número de variables de las que no se conoce o resulta imposible conocer su ocurrencia histórica, o se encuentran afectadas por comportamientos de difícil definición (debido a la imprecisión con la que se formulan, al representar aspectos inherentes a la lógica del pensamiento humano).

Las técnicas presentadas en la resolución del problema, son susceptibles de ser integradas en un proceso de simulación en el que se pueda analizar las diferentes situaciones problemáticas que pueden aparecer y su posible o posibles soluciones, bajo el sistema “*en movimiento*”, ayudando de ésta forma al decisor en su tarea. En éste sentido, actualmente estamos mejorando el estudio empírico que acabamos de presentar, incluyendo en el mismo diferentes escenarios de simulación, así como ampliando el número de restricciones temporales y espaciales en el modelo, a fin de dotarlo de un mayor realismo.

El modelo elaborado cumple con el compromiso entre complejidad del modelo y fidelidad del comportamiento, y su procesamiento informatizado no presenta significativas dificultades.

El aprendizaje generado durante la modelación, en que estuvieron presentes los procesos de elicitación, reflexión y diálogo de supuestos y políticas, se consideró un resultado de gran valor. La elaboración del modelo permitió tener diálogos estructurados que generaron participación y consenso, identificación de puntos clave de mejora y conclusiones no presentes con anterioridad.

Si bien se presentó el modelo mental de los participantes, la investigación deberá continuar contrastando y posteriormente validando el modelo de acuerdo con la realidad percibida. Este proceso demandará la recopilación de datos y ajustes nuevamente del modelo.

Los resultados obtenidos en las primeras simulaciones mostraron factibilidad, así como potencialidad de aprendizaje durante un proceso de modelación, por lo que éstos resultados alentadores nos llevan a la necesidad de continuar perfeccionando tales simulaciones, hasta completar el modelo decisional.

El interés por desarrollar técnicas para la toma de decisiones que permitan experimentar diferentes alternativas y seleccionar la más adecuada, antes de empezar a realizar inversiones, ha sido una de las ideas atractivas para el uso de simuladores. Actualmente existen propuestas interesantes de simulación en la toma de decisiones como la creada por un Grupo de Investigación en Dirección de Empresas Asistida por ordenador (G.I.D.E.A.O)¹³ de la Universidad de Sevilla, que dentro de una prometedora línea de investigación, han creado un

“*simulador empresarial de caja transparente*”¹⁴. Dicho simulador permite, por una parte, la interacción entre las diversas partes de la empresa, y por otra, el acceso permanente del usuario a la estructura interna (variables y relaciones) del modelo de simulación. Ello permite tomar decisiones basadas en el conocimiento de las causas de los resultados y comportamientos observados y no sólo de los síntomas de los problemas, como ocurre en los juegos de empresa tradicionales.

BIBLIOGRAFÍA:

- BERTALANFFY, L. (1976): *Teoría General de Sistemas*. Ed. Petrópolis. Vozes.
- CHRISTENSEN, J; SCHMIDT, M.L; RONBERG, L. (2003): “Turbulence and Competitive Dynamics in the Internet Services Industry” *Industry and Innovation*. Vol XVII. June 2003.
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, J.A. (1990): “Los modelos y juegos de Dinámica de Sistemas como instrumentos para la Dirección de Empresas” *Alta Dirección*, Nº 147 y 150
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, J.A. (1995): *Aprendizaje Sistémico y Simuladores de Caja Transparente para la Formación y Toma de Decisiones en Dirección de Empresas: Algunas Ideas y Desarrollos*, en Dirección de Empresas de los Noventa (Homenaje al profesor López Moreno), Ed. Civitas
- DRIANKOV, H; HELLENDOM, H; REINFRANK, M. (1993): *An introduction to Fuzzy Control*. Ed. Springer Verlag
- FORRESTER, J.W. (1961): *Industrial Dynamics*. The MIT Press Cambridge, Massachusetts. Traducción (1972): Dinámica Industrial. Ed. Ateneo. Buenos Aires.
- G.I.D.E.A.O (Universidad de Sevilla): <http://www.aloj.us.es/gideao>. Consulta realizada el 19 de enero de 2004
- LITTLE, J. (1979): “Decision Support Systems for Marketing Managers”. *Journal of Marketing*. Vol.43
- MARTÍN DEL BRIO, A; SANZ MOLINA, A. (1997). *Redes Neuronales y Sistemas Borrosos*. Ed. RA-MA
- QUINTANA, M.A. (2003): *Modelo híbrido para los procesos de Data Mining en el apoyo a la toma de decisiones basados en tecnologías inteligentes conexionistas y difusas*. Publicado en las actas del XVII Simposio Brasileiro de Redes Neurais
- SENGE, P. (1995): *La quinta disciplina*. Ed. Granica
- SHACHMUROVE, Y. (2002): “Applying Artificial Neural Networks to Business”, *Economics and Finance*. University of Pennsylvania, CARESS Working Paper: 02/08
- SIMULINK: <http://www.mathworks.es/products/controldesign/eventdrv.shtml>. Consulta realizada el 19 de Septiembre de 2003
- SUGIANTO, L (2001): “Management of Data Uncertainty in Dynamic Programming”. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, vol. 73.
- VENNIX, J (1996): *Group Model Building: facilitating team learning using system dynamics*, New York. Ed. John Wiley

NOTAS

- ¹ CHRISTENSEN, J; SCHMIDT, M.L; RONBERG, L. (2003): “Turbulence and Competitive Dynamics in the Internet Services Industry” *Industry and Innovation*. Vol XVII. June 2003.
- ² DRIANKOV, H; HELLENDOM, H; REINFRANK, M. (1993): *An introduction to Fuzzy Control*. Ed. Springer Verlag
- ³ MARTÍN DEL BRIO, A; SANZ MOLINA, A. (1997). *Redes Neuronales y Sistemas Borrosos*. Ed. RA-MA
- ⁴ BERTALANFFY, L. (1976): *Teoría General de Sistemas*. Ed. Petrópolis. Vozes.
- ⁵ LITTLE, J. (1979): “Decision Support Systems for Marketing Managers”. *Journal of Marketing*. Vol.43
- ⁶ QUINTANA, M.A. (2003): *Modelo híbrido para los procesos de Data Mining en el apoyo a la toma de decisiones basados en tecnologías inteligentes conexionistas y difusas*. Publicado en las actas del XVII Simposio Brasileiro de Redes Neurais.
- ⁷ SUGIANTO, L. (2001): “Management of Data Uncertainty in Dynamic Programming”. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, Vol. 73.
- ⁸ DOMÍNGUEZ MACHUCA, J.A. (1990): “Los modelos y juegos de Dinámica de Sistemas como instrumentos para la Dirección de Empresas”. *Alta Dirección*. Nº 147 y 150.
- ⁹ VENNIX, J (1996): *Group Model Building: facilitating team learning using system dynamics*, New York. Ed. John Wiley
- ¹⁰ SENGE, P. (1995): *La quinta disciplina*. Ed. Granica

¹¹ SHACHMUROVE, Y. (2002): "Applying Artificial Neural Networks to Business", *Economics and Finance*. University of Pennsylvania, CARESS Working Paper: 02/08

¹² SIMULINK: <http://www.mathworks.es/products/controldesign/eventdrv.shtml>. Consulta realizada el 19 de Septiembre de 2003

¹³ G.I.D.E.A.O (Universidad de Sevilla): <http://www.aloj.us.es/gideao>. Consulta realizada el 19 de enero de 2004.

¹⁴ DOMÍNGUEZ MACHUCA, J.A. (1995): *Aprendizaje Sistemico y Simuladores de Caja Transparente para la Formación y Toma de Decisiones en Dirección de Empresas: Algunas Ideas y Desarrollos*, en *Dirección de Empresas de los Noventa* (Homenaje al profesor López Moreno), Ed. Civitas

La Revista *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa* recibió este artículo el 12 de febrero de 2004 y fue aceptado para su publicación el 25 de enero de 2005.