

Uso de lógica difusa

*Evaluación de una nueva tecnología de construcción.
Estrategia de negociación.*

Evaluación de una nueva tecnología de construcción

Referencia

Li-Chung Chao (National University of Singapore, Singapore) and Mirosław J. Skibniewski (Purdue University, Indiana, USA). *Fuzzy Logic for Evaluating Alternative Construction Technology*. Journal of Construction Engineering and Management. Vol 124, N° 4, July/August, 1998. ASCE, USA.

Debido a los cambios e incertidumbres en la construcción, cada método alternativo de trabajo puede tener costos con estimaciones optimistas y pesimistas, y sus correspondientes probabilidades de ocurrencia. Los valores esperados de una nueva tecnología no llevan a una decisión directa, y en el caso de una nueva tecnología alternativa, su variabilidad conduce a riesgos suficientemente grandes que afectan su aceptabilidad. Las decisiones convencionales están basadas en la teoría de la utilidad (a partir del beneficio esperado de cada alternativa, se elige el mayor). Como alternativa, en el artículo se propone el uso de la lógica difusa incorporando además la evaluación del riesgo en relación con la aceptación de una nueva tecnología. A la presentación de la propuesta se agrega el ejemplo de alternativas de evaluación entre métodos (uno convencional y otro nuevo) para el encofrado en un edificio alto. Se utiliza un juego de redes lingüísticas de decisión para establecer las prioridades.

Introducción

Cualquier esfuerzo por introducir una nueva tecnología trae consigo incertidumbres y riesgos. Una ganancia aceptable debe compensar este riesgo.

El riesgo es función de dos elementos: la probabilidad de falla, y la magnitud de la pérdida si tal falla ocurre. Su valoración puede incorporarse en una evaluación económica integral, que conduce a diferentes escenarios con sus correspondientes probabilidades.

Otra posibilidad en el tratamiento de la introducción de una nueva tecnología es el uso del proceso analítico jerárquico, en un sistema de comparación por pares. El riesgo es tratado como uno de los factores de decisión en la jerarquía.

En este artículo se presenta un sistema de decisiones basado en lógica difusa incorporando el factor de riesgo para evaluar una nueva tecnología de construcción.

Revisión de la lógica difusa

La idea básica de la lógica difusa es que se puede emular la manera lingüística de pensar y juzgar, con un sistema lógico artificial que alcance consistencia con reglas contables.

Un conjunto difuso F está constituido por un par ordenado (x, y) . Donde x representa a los elementos en el dominio del conjunto, $y_F = y_F(x)$ se conoce

como *función de pertenencia*, con valores en el intervalo $[0, 1]$ que refleja justamente el grado de pertenencia o membrecía de x en el conjunto.

$$F = \{x, y_F(x) | x \in U\}$$

Así por ejemplo, si $U = 2, 4, 6, 8, 10, 12$, un conjunto difuso puede escribirse en la forma: $F = [4/0.8, 2/0.5, 8/0.9, 10/1]$.

La función de pertenencia puede tener varias formas (trapezios, triangulares, campanas), cumpliéndose las siguientes condiciones.

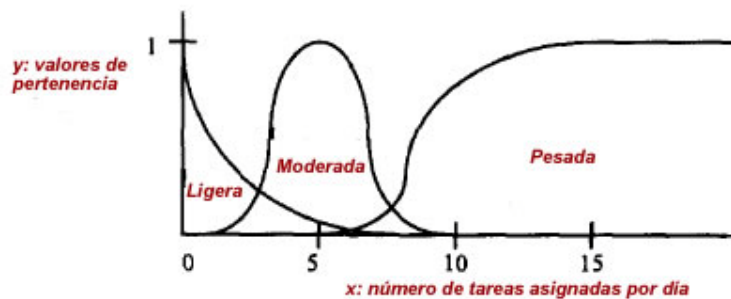
- Si para un valor de x , $y=0$, esto significa que x no pertenece al conjunto difuso F .
- Si $y=1$, entonces x tiene total pertenencia al conjunto difuso F .
- Los valores intermedios indican diferentes grados de pertenencia, pero son igualmente importantes.

Los conjuntos difusos se usan para describir valores de una *variable lingüística*. Esta se expresa con palabras o sentencias.

Por ejemplo, sea la variable lingüística *carga* usada para representar el número de tareas diarias asignadas a un trabajador. Sus *valores* pueden expresarse como: *pesada*, *moderada* o *ligera*. Se asigna una función de pertenencia a cada valor, y se colocan en la misma figura (que se reconoce como una *familia de conjuntos difusos*) aceptándose una superposición entre las funciones de pertenencia.

$$\text{FAMILIA CARGA} = [\text{rango de carga } \textit{pesada}/y_{\textit{pesada}}, \text{ rango de carga } \textit{moderada}/y_{\textit{moderada}}, \text{ rango de carga } \textit{ligera}/y_{\textit{ligera}}]$$

Un ejemplo está en la siguiente figura.



FAMILIA DE CONJUNTOS DIFUSOS PARA DESCRIBIR LOS VALORES DE LA VARIABLE LINGÜÍSTICA CARGA

Decisiones para lógica difusa

Las decisiones en lógica difusa asocian un grupo de variables lingüísticas cuyo cumplimiento da como resultado otra u otras variables lingüísticas. La típica regla de decisión en lógica difusa tiene ciertas *precondiciones* y ciertas *consecuencias* resultantes de que se cumplan las primeras.

IF *precondición 1* AND *precondición 2* AND *precondición 3* AND...
THEN *consecuencia 1* AND *consecuencia 2* AND...

Considérese como ejemplo la determinación del *peso* de un martillo para hincar pilotes de concreto dada la *longitud* del pilote y la *dureza* del suelo. Se siguen las siguientes condiciones y consecuencias en la forma siguiente:

IF el pilote es *largo* AND el suelo es *duro*
THEN usar un martillo *pesado*

La regla de este tipo (que se conoce como *regla de decisión*) puede ser escrita como:

$$[\textit{largo, duro}] \Rightarrow [\textit{pesado}]$$

O también:

$$[\textit{corto, blando}] \Rightarrow [\textit{ligero}]$$

Obsérvese que se trata de tres variables lingüísticas: *longitud* del pilote, *dureza* del suelo, y *peso* del martillo. Cada una de ellas debe tener sus propios valores lingüísticos. Por ejemplo: *larga, mediana, corta* para la *longitud* del pilote. Y para cada valor lingüístico, hay una función de pertenencia.

Para pasar de entradas de inicio (*longitud* y *dureza* en el ejemplo) a salidas (*peso* en el mismo ejemplo) en un proceso con magnitudes reales (digamos, longitud del pilote en mm, dureza del terreno en ton/m², peso del martillo en kg) se siguen los siguientes pasos.

- Definir las reglas de decisión.
- Ubicar las entradas (precondiciones) a partir de su función de pertenencia como parte de las reglas de decisión.
- A partir de las reglas de decisión, encontrar las consecuencias.
- *Desfusionar* (darle nitidez o precisar) las consecuencias para producir salidas con magnitudes reales.

Dado un valor de entrada *x*, hay dos o más funciones de pertenencia de la familia de conjuntos difusos que retornan valores de *y* mayores que cero.

Por ejemplo en la figura, si $x=5$, hay dos conjuntos difusos: *moderado* y *ligero* con valores de *y* distintos en cada caso. En consistencia, se aplican las reglas de decisión con las precondiciones en donde sean aplicables los valores de *y*. De ahí, se valoran las consecuencias correspondientes. Se puede considerar al centro de la unión de las consecuencias, como la magnitud resultante final.

Planteamiento del ejemplo

◆ Datos básicos

Se trata de la construcción de un edificio de departamentos de 20 pisos con distribución similar por piso de 800 m² para cuatro viviendas. La edificación es típica de concreto armado vaciado en el sitio con columnas, vigas, losas y muros estructurales. Los requerimientos de encofrados para el total de componentes son de 2,200 m² por piso. Se trata de evaluar dos opciones de encofrado: la tradicional de madera, y una nueva para la empresa con componentes de aluminio.

La alternativa tradicional demanda de 45 personas, incluyendo carpinteros y otros trabajadores, a fin de alcanzar la meta de un tiempo del ciclo por piso de siete a ocho días (tomando en cuenta el tiempo de otras actividades de construcción en el piso). Por experiencia pasada, el contratista estima que el chance de completar un piso en siete días es del 20%, para ocho días es de 60%, para nueve días es de 80% y para 10 días el 100%. Hay un chance estimado de 50/50 de que un panel típico sea usado de cuatro a cinco veces, costando 11 a 10 dólares, respectivamente, por m² de área de contacto.

La alternativa de un sistema ligero de encofrado de aluminio comprende paneles y otros elementos de soporte. Con el auxilio de un programa, se diseñan y prefabrican todos los componentes con las ilustraciones necesarias para su armado en el sitio. Los paneles son manejables por el

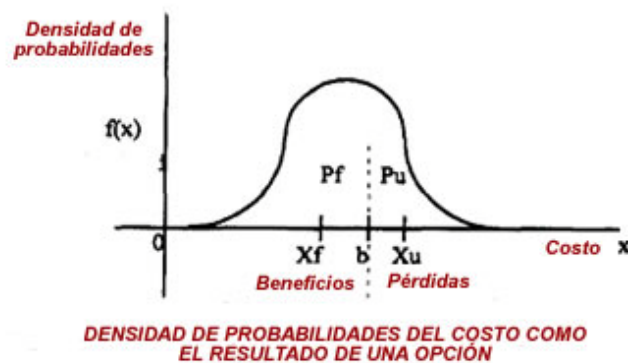
hombre y en general no se requiere de ningún equipo para remover y pasar el sistema al siguiente piso. Es una alternativa de mayor velocidad y calidad de acabado.

Aunque la alternativa de aluminio ofrece ahorro en salarios, es incierto el tiempo que tomará a los trabajadores llegar a un nivel de eficiencia dada su inexperiencia con este sistema. Así, con el mismo grupo de 45 personas se estima que el tiempo del ciclo por piso será de seis a doce días. Se requerirán de tres a diez pisos para alcanzar una meta de cinco días de tiempo de ciclo por piso. Según la oferta, para 2,200 m² el costo es de 300 dólares por m². Pero dependiendo de las condiciones de la operación y la previsión de contingencias se necesitaría de 3,000 m².

Se propone una aproximación de lógica difusa para evaluar los riesgos y tomar una decisión.

Metodología de análisis

◆ Distribución de probabilidades de los costos de una opción



Con propósitos de comparación entre alternativas en construcción, considérese el costo x como un resultado. En condiciones de incertidumbre, cuatro parámetros caracterizan el costo a partir de su densidad de probabilidades $f(x)$, y de haber calculado el punto de equilibrio b .

P_f : probabilidad de obtener un beneficio o ganancia.

$P_u = 1 - P_f$: probabilidad de obtener una pérdida.

X_f : costo medio para $x < b$.

X_u : costo medio para $x > b$.

Siendo b el costo límite para aceptar la ejecución de la operación, P_f y X_f representan las condiciones favorables, así como P_u y X_u las correspondientes desfavorables.

Además de P_u , que se deduce de P_f , también pueden deducirse los siguientes valores:

$M_p = b - X_f$: beneficio medio para $x < b$.

$M_l = b - X_u$: pérdida media para $x > b$.

◆ Reglas de decisión a partir de los costos

Las *precondiciones* se establecen a partir de las siguientes variables difusas:

- El *chance de tener un beneficio o ganancia*.
- El *beneficio esperado en las condiciones favorables*.

- El *chance de tener una pérdida* (que puede obviarse al deducirse directamente del *chance de obtener un beneficio*).
- La *pérdida esperada en condiciones adversas*.

Se considera una sola *consecuencia*: el *ranking* asignado a la opción.

Así, puede darse la siguiente regla:

IF una opción tiene un *alto* chance para obtener ganancia AND un *alto* beneficio cuando se obtiene una ganancia (AND un *bajo* chance de tener una pérdida) AND una *baja* pérdida esperada cuando se tiene una pérdida,
THEN el ranking de la opción es *muy favorable*.

O bien:

$$[alto, alto, bajo] \Rightarrow [muy favorable]$$

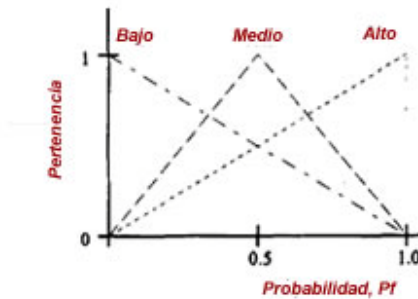
En el otro extremo estará la opción de entrada con calificaciones [*bajo, bajo, alto*]. La cual da como salida [*muy desfavorable*].

De otro lado, como criterio general pudiera pensarse que las opciones con [*alto, medio, medio*] y [*medio, alto, bajo*] podrían tener el mismo ranking de *favorable*. Sin embargo, al tomar en cuenta los valores de pertenencia, seguramente no se tendría una evaluación idéntica.

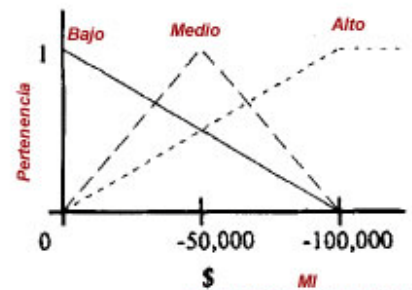
◆ Funciones de pertenencia

Hay que formular una familia de conjuntos difusos para cada variable difusa que aparece en la regla de decisión.

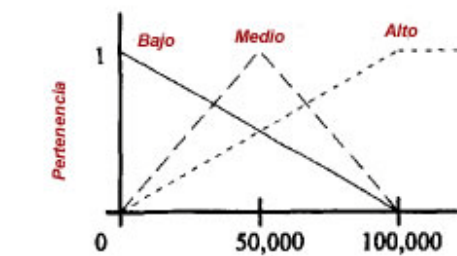
Considérese que para las variables difusas de *precondición*: *chance de tener un beneficio*, *beneficio esperado en las condiciones favorables* y *pérdida esperada en condiciones adversas*, los valores lingüísticos para cada una de ellas son tres: *alto, medio, bajo*.



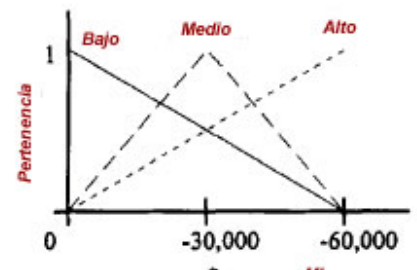
CHANCE DE TENER BENEFICIOS



PÉRDIDAS ESPERADAS EN CONDICIONES SIMILARES A LOS BENEFICIOS



BENEFICIO ESPERADO EN CONDICIONES FAVORABLES

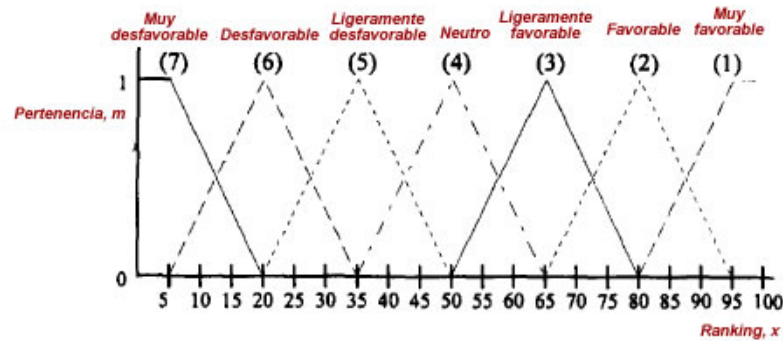


PÉRDIDAS ESPERADAS CON MAYOR AVERSIÓN AL RIESGO

EJEMPLOS DE FUNCIONES DE PERTENENCIA

Entonces también para cada una de ellas, se deben establecer tres funciones de pertenencia (aunque se superpongan entre partes de ellas, como en los ejemplos de la figura).

Para la variable difusa de *consecuencia* denominada *ranking*, pueden considerarse los valores lingüísticos siguientes: *muy favorable*, *favorable*, *ligeramente favorable*, *neutro*, *ligeramente desfavorable*, *desfavorable*, *muy desfavorable*. Como en la figura, pueden ser medidos en una escala de 0 a 100.



EJEMPLO DE FUNCIONES DE PERTENENCIA PARA LA VARIABLE DIFUSA RANKING COMO CONSECUENCIA EN LAS REGLAS DE DECISIÓN

En este estudio se adoptan funciones de pertenencia lineales en forma triangular y trapezoidal. Tómese en cuenta que a cada valor lingüístico le corresponde un rango de valores x . En ese rango, la pertenencia $m_r(x)$ varía entre 0 y 1.

◆ Evaluación de alternativas tecnológicas

Los responsables de tomar decisiones deben preparar un cuadro de todas las posibles *reglas de decisiones*. En caso de adoptar las tres variables difusas P_f , M_p , M_l , y para cada una de ellas tener igualmente tres valores (*alto*, *medio*, *bajo*), se tendrían 3^3 o 27 combinaciones de *precondición*, a cada una de las cuales se le debe asignar uno de los valores de la *consecuencia*. A partir de ello, el proceso de evaluación requiere lo siguiente.

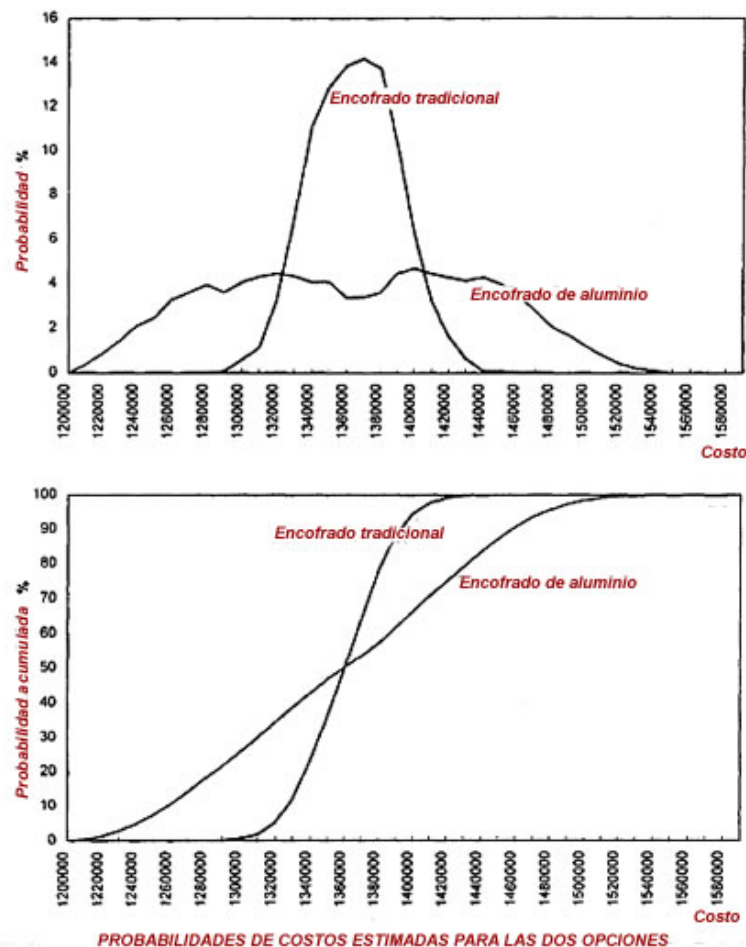
1. Se debe determinar *para cada opción tecnológica* las variables difusas de *precondición*: P_f (chance de tener beneficios), M_p (beneficio esperado en las condiciones favorables), M_l (pérdida esperada en condiciones adversas).
2. Encontrar el valor de pertenencia para cada familia de los conjuntos difusos de las precondiciones, los cuales resultan m_1 , m_2 , m_3 en correspondencia a P_f , M_p , M_l . Para cada opción pueden darse diferentes arreglos m_1 , m_2 , m_3 , cada uno de los cuales es designado como la instancia i .
3. Determinar el *valor o fortaleza de las precondiciones para cada i* como una medida de su valor de pertenencia expresado como $F_i = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3$. La variable F_i resume o agrega la precondición de la instancia i , y se apreciará que su magnitud está entre 0 y 1.
4. Siempre para cada opción y en relación con la *consecuencia*. A partir de la tabla de reglas de decisión, y dadas las precondiciones, se establece el valor lingüístico propio de la consecuencia y el rango correspondiente del ranking x , entre 0 y 100. Para ese rango, le corresponde los valores de pertenencia $m_r(x)$, que están entre 0 y 1. Aquí, el valor F_i es usado para escalar proporcionalmente la función de valores de pertenencia de la consecuencia, en la forma: $s_i(x) = F_i \cdot m_{ri}(x)$.

5. Habrá tantos $s_i(x)$ como instancias tenga la opción. Digamos n . Para agregar (en forma lógica) estas consecuencias, se tiene una consecuencia total de la opción como: $S(x) = \max(s_1(x), s_2(x), \dots, s_n(x))$. El valor resultante $S(x)$ (entre 0 y 1) puede corresponder a un polígono en x . El centro del área definida por $S(x), x$ corresponde a la evaluación de la opción con un ranking entre 0 y 100 como salida de la lógica difusa.

Ejemplo: decisión respecto al uso de un nuevo tipo de encofrado

◆ Análisis probabilístico de costos

A partir de los datos del edificio de 20 pisos ya citado, y para las dos opciones de encofrado, se utilizó una aproximación básica de 8 horas de trabajo por día, y un salario horario de 15 dólares. Para generar una distribución de probabilidades de los costos, se hicieron simulaciones con la técnica de Monte Carlo en un total de corridas de mil veces para cada alternativa. Los costos de materiales y salarios fueron tratados en forma separada. Para el caso de la opción tradicional, cada corrida fue independiente de la otra. Pero para la opción nueva, se introdujo un algoritmo de aprendizaje para alcanzar entre 3 a 12 días la meta de cinco días de tiempo de ciclo por piso. Las distribuciones obtenidas se muestran en la figura, lo cual permite obtener los parámetros necesarios, así como observar la mayor dispersión para la nueva tecnología.

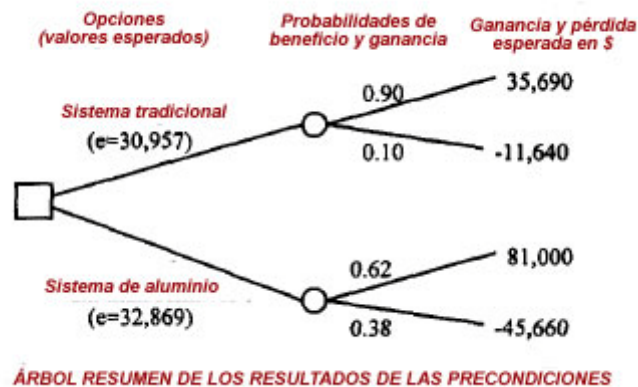


El costo medio de las operaciones usando el encofrado tradicional es de 1'369,000 dólares con una desviación estándar de 24,000 dólares. Para el

encofrado de aluminio, estos valores son de 1'367,000 y 71,000 dólares respectivamente.

Se adoptó un punto de equilibrio de 1'400,000 dólares. Con esta información es posible obtener los parámetros de las precondiciones.

Estos valores son (0.90, 35,690, -11,640) para el encofrado tradicional y de (0.62, 81,000, -45,600) para sistema de aluminio. Los resultados se presentan en el árbol de la figura siguiente con el valor esperado total por alternativa (los cuales no son muy diferentes).



◆ Funciones de pertenencia

Utilizando los valores lingüísticos ya descritos, en figuras previas se presentan las funciones de pertenencia para las variables que permiten la evaluación: P_f , M_p , M_l . Igualmente para la variable *ranking* de salida. Se utilizan trapecios y triángulos según se indicó.

◆ Reglas de decisión

La combinación de posibilidades es de 27 reglas de decisión, y la empresa las adoptó de la siguiente manera.

Regla N°	Chance de beneficio	Beneficio esperado	Chance de pérdida	Pérdida esperada	Ranking con aversión de riesgos	Ranking aceptando riesgos
1	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Muy favorable	Muy favorable
2	Alto	Alto	Bajo	Medio	Favorable	Favorable
3	Alto	Alto	Bajo	Alto	Ligeramente favorable	Ligeramente favorable
4	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Favorable	Ligeramente favorable
5	Alto	Medio	Bajo	Medio	Ligeramente favorable	Neutral
6	Alto	Medio	Bajo	Alto	Neutral	Ligeramente desfavorable
7	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Ligeramente favorable	Ligeramente desfavorable
8	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Neutral	
9	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Ligeramente desfavorable	Muy desfavorable
10	Medio	Alto	Medio	Bajo	Ligeramente favorable	Favorable
11	Medio	Alto	Medio	Medio	Neutral	Ligeramente favorable
12	Medio	Alto	Medio	Alto	Ligeramente desfavorable	Neutral
13	Medio	Medio	Medio	Bajo	Neutral	Neutral
14	Medio	Medio	Medio	Medio	Ligeramente desfavorable	Ligeramente desfavorable
15	Medio	Medio	Medio	Alto	Desfavorable	Desfavorable
16	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Ligeramente	Desfavorable

Regla N°	Chance de beneficio	Beneficio esperado	Chance de pérdida	Pérdida esperada	Ranking con aversión de riesgos	Ranking aceptando riesgos
17	Medio	Bajo	Medio	Medio	desfavorable Desfavorable	Muy desfavorable
18	Medio	Bajo	Medio	Alto	Muy desfavorable	Muy desfavorable
19	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Ligeramente desfavorable	Ligeramente desfavorable
20	Bajo	Alto	Alto	Medio	Desfavorable	Neutral
21	Bajo	Alto	Alto	Alto	Muy desfavorable	Ligeramente desfavorable
22	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Desfavorable	Ligeramente desfavorable
23	Bajo	Medio	Alto	Medio	Muy desfavorable	Desfavorable
24	Bajo	Medio	Alto	Alto	Muy desfavorable	Muy desfavorable
25	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Muy desfavorable	Muy desfavorable
26	Bajo	Bajo	Alto	Medio	Muy desfavorable	Muy desfavorable
27	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Muy desfavorable	Muy desfavorable

Las reglas incluyen una columna final con un ranking alternativo de tomar riesgos. Esta posibilidad es utilizada para el análisis de sensibilidad. También con ese propósito, se hizo un ajuste alternativo a las pérdidas.

◆ Evaluación con lógica difusa

Aplicando esta información y los cinco pasos descritos previamente, se obtuvieron, según el artículo, los siguientes resultados.

Los autores señalan que las operaciones son tediosas como para hacerlas manualmente, por lo que es necesario recurrir a un procesamiento por computadora. En contraste, los métodos alternativos, como teoría de utilidad, pueden ser más simples, pero en este caso, el uso de variables lingüistas facilita el entendimiento del proceso y los resultados.

Sistema de encofrado	Ranking con aversión de riesgos	Ranking con aversión de riesgos usando un ajuste en las pérdidas	Ranking tomando riesgos
Tradicional	68	67	55
Con aluminio	55	47	60

Estrategia de negociación

Referencia

Chien-Liang Lin, Wei Lo and Min-Ren Yan (University of Science and Technology, Taiwan). *Bargaining Strategies for Construction Joint Ventures by Fuzzy Logic*. Joint Conference on Information Sciences 2006. Atlantis Press, Amsterdam - Paris. October 2006.

Por la complejidad cada vez mayor en las actividades de construcción, una empresa necesita asociarse con otros en alianza con *riesgos compartidos* (joint venture, en inglés), lo cual permite integrar experiencias y aprovechar ventajas competitivas. El estudio se refiere al caso de dos empresas relacionadas en alianza estratégica para afrontar un proyecto. La

división de tareas es fácil, pero no lo es el reparto de beneficios. El artículo plantea una estrategia de negociación (o regateo) en un modelo en lógica difusa para que las partes puedan estimar precios aceptables para ambas partes.

Introducción

El proceso de acordar una alianza estratégica frente a un proyecto de construcción, suelen estar presionados por plazos muy cortos para culminar la negociación (estimado en el artículo a no mayor de cuatro semanas). El arreglo supone: (a) selección de socios, (b) preparación del expediente técnico, y especialmente (c), la negociación para compartir el beneficio total para cada una de las partes. El proceso de regateo es propiamente una secuencia de ofertas y contraofertas así como compromisos adquiridos para llegar a un acuerdo.

A partir del monto más bajo aceptable para cada parte, una de las estrategias usadas es la de *zona de acuerdos*. También se ha buscado una *solución de equilibrio* a partir de una información completa, lo cual lamentablemente no suele tenerse en la mayoría de los casos. Frente a la ambigüedad de la información que se maneja, el artículo propone un proceso de regateo basado en lógica difusa para llegar a una decisión óptima de manera racional. Se consideran conocidos los montos para la preparación del expediente técnico y los correspondientes al trabajo a ejecutar por cada parte. Lo que está en discusión son los beneficios.

Modelo de la secuencia del proceso de regateo

◆ Símbolos

Se designa como *jugadores* a los participantes, y se utiliza la siguiente notación básica:

k : participantes en el modelo de regateo, $k=1$ para el jugador A, $k=2$ para el jugador B.

n : round o ronda de la negociación o regateo.

E : monto total del contrato. $E=x^*+y^*$, donde x^* es el pago para el jugador A, y y^* para el jugador B.

x_n : oferta del jugador A por su trabajo en el round n .

y_n : oferta del jugador B en el round n .

C^k : Costo estimado por el jugador k de acuerdo a su trabajo, incluido la preparación del expediente técnico. Ambas partes conocen los costos en materiales y salarios.

F : beneficio total del proyecto $F=E-C^1-C^2$.

Bc^k : costo de preparación del expediente técnico compartido por el jugador k .

P : probabilidad de falla en la negociación, asumida la misma para cada round de la negociación.

L_n^k : pérdida que incluye el costo previo pagado para la preparación del expediente técnico y de los beneficios potenciales del proyecto.

◆ Secuencia de negociación

Round	Posibles respuestas	Beneficios
Round 1: el jugador A	El jugador B acepta el	$x_1, E-x_1$

Round	Posibles respuestas	Beneficios
ofrece un precio x_1	precio	
	El jugador B rechaza el precio y cierra la negociación	$-L_1^1, -L_1^2$
	El jugador B rechaza el precio y hace una contraoferta	Al round 2
Round 2: el jugador B ofrece un precio y_2	El jugador A acepta el precio	$E-y_2, y_2$
	El jugador A rechaza el precio y cierra la negociación	$-L_2^1, L_2^2$
	El jugador A rechaza el precio y hace una contraoferta	Al round 3
Después de repetidas ofertas y contraofertas		
Round n : el jugador A ofrece un precio x_n	El jugador B acepta el precio	$x_n, E-x_n$
	El jugador B rechaza el precio y cierra la negociación	$-L_n^1, -L_n^2$

◆ El concepto de equilibrio

De acuerdo a este concepto, los jugadores se acercan a una situación final de acuerdo a la que convergen en forma progresiva, llegando a un precio óptimo para ambas partes. La base de este equilibrio es la siguiente: un jugador acepta la oferta de la contraparte en función de sus expectativas en el siguiente round. Cuando el beneficio ofrecido por la contraparte excede o iguala lo esperado es que el jugador acepta la oferta y cierra el acuerdo.

La secuencia final de este proceso es la siguiente.

Round	Precio aceptable para el jugador A	Precio aceptable para el jugador B
$n-2$	$x_n - P L_n^1 + P L_{n-1}^2$	$E - x_n + P L_n^1 - P L_{n-1}^2$
$n-1$	$x_n - P L_n^1$	$E - x_n + P L_n^1$
n	x_n	

Un jugador no puede conseguir un mejor precio que el encontrado en el round n . Por lo tanto, el precio de equilibrio sólo puede ser alcanzado cuando la oferta de A en el round n es igual a la del round $n-2$.

$$x_n = x_n - P L_n^1 + P L_{n-1}^2 \Rightarrow L_n^1 = L_{n-1}^2$$

Criterio para el equilibrio

La teoría sobre la situación de los jugadores en el regateo, sugiere que el beneficio potencial considerado por un jugador no puede ser ganado en otro u otros proyectos. Para entender ello, el estudio introduce una variable denominada *demanda por el proyecto*, S^k . Propiamente es un factor, cuyo valor está entre 0 y 1 que se entiende mejor a partir de las pérdidas esperadas por cada jugador.

$$L_n^1 = Bc^1 + (E - y_{n-1} - C^1)S^1 \quad L_n^2 = Bc^2 + (E - x_{n-1} - C^2)S^2$$

Puesto que $E = x^* + y^*$ y también $E = C^1 + C^2 + F$, es posible encontrar que

$$x^* = C^1 + C^1[FS^2 - (Bc^1 - Bc^2)]/[C^2S^1 + C^1S^2]$$

De esta manera, al ser conocidos los costos de preparación del expediente técnico Bc , los costos de ejecución C , y el beneficio total F , la tarea es estimar los factores S de *demanda del proyecto*. Para lo cual, la investigación propone el uso de la lógica difusa.

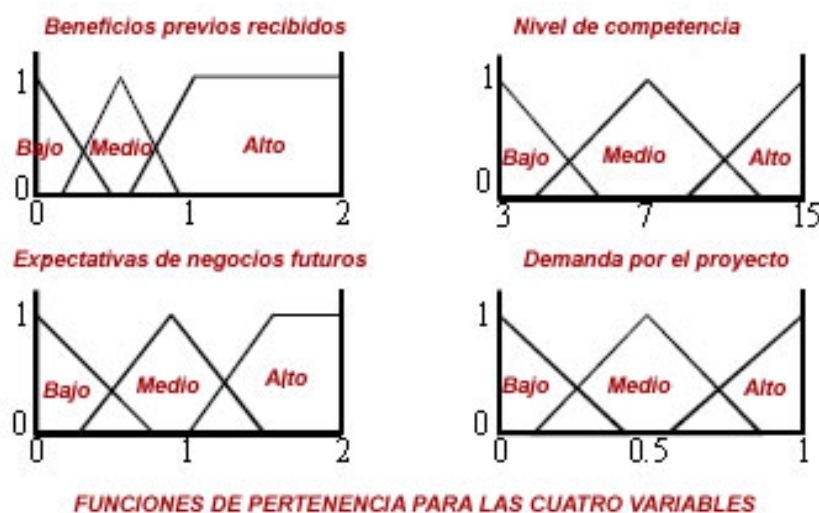
Variables para estimar la demanda

A criterio de los autores, cada una de las partes de la alianza para el proyecto, puede obtener información y especular sobre la *demanda del proyecto*, S , de la otra parte. Por ejemplo, si en los últimos meses, la otra empresa no ha tenido trabajo, es posible que aspire a una demanda *alta*. Esta es una valoración lingüística apropiada para su manejo con lógica difusa.

En el estudio se consideran tres variables como *precondición* y una como *consecuencia*. Esto es, si conozco los tres primeros, puedo conocer el último. Estas son:

- El nivel de *beneficios previos recibidos*.
- La *expectativa de negocios futuros*.
- El *nivel de competencia* de la empresa.
- La *demanda por el proyecto*.

Para las cuatro variables, los valores lingüísticos que adopta el trabajo son: *alto*, *medio*, *bajo*. Las funciones de pertenencia aparecen en la figura.



Reglas de decisión

Son 27 en total, y tienen una presentación del tipo siguiente:

Regla N°		El nivel de beneficios recibidos es		La expectativa de negocios futuros es		El nivel de competencias		La demanda por el proyecto es
1	IF	Alto	AND	Alta	AND	Alto	THEN	Bajo
2	IF	Alto	AND	Alta	AND	Medio	THEN	Bajo
...								
27	IF	Bajo	AND	Baja	AND	Bajo	THEN	Bajo

Conclusiones

A juicio de los autores, las negociaciones y el correspondiente proceso de regateo, afecta directamente la participación y la ganancia de una empresa, por lo que es crucial adoptar una estrategia al respecto. En esta propuesta se considera que el uso de la lógica difusa ayuda a la formulación de tal estrategia, en tanto transforma un conocimiento lingüístico y ambiguo en valores calculables, mejorando por tanto la racionalidad de la decisión. Aunque aquí sólo se considera la demanda por el proyecto, es posible identificar otras variables difusas tratándolas en la misma dirección de esta investigación.