



## LÓGICA DIFUSA APLICADA A LA TOMA DE DECISIONES

### Resumen / Abstract

En el presente trabajo se utilizan métodos de análisis cuantitativos, aplicados a criterios con incertidumbre en la toma de decisiones, lo cual permite que se involucren trabajadores, expertos y equipos de trabajo, en la estrategia general de la organización. La Empresa Constructora y Reparadora de la Industria del Níquel ECRIN, pertenece al sector de la Construcción en la región de Moa, el que despunta hacia nuevos retos; el desarrollo de dos fábricas productoras de níquel, constituye un atractivo para capital nacional y extranjero, donde la competitividad se traduce en satisfacción de expectativas de clientes internos, externos y proveedores.

*This paper shows the quantitative analysis methods, these are applied to make decision task in which are involved uncertainty criteria, these method allows the participation of workers, experts and team work, at the general strategy design of organization. The Construction and Repairing Enterprise of Nickel Industry ECRIN, belongs to building sector at MOA region, which open out to a new challenges; the development of two productive factories of nickel raw became in an interesting attractive sector for a national investment and abroad, where competitiveness turn into the expectation satisfaction of internal and external customers and suppliers.*

### Palabras clave / Key words

Lógica difusa, toma de decisiones, operación conjuntiva.

*Fuzzy logic, decision making, conjunctive operation.*

**Idalia Brunet Cortina**, Ingeniera Electro energética, Especialista Principal en la UEB de Reparación Capital de la Empresa Constructora y Reparadora de las Industrias del Níquel en Moa, Ave, 1ro de Mayo Km ½. Moa, Holguín, Cuba.  
e-mail: ibrunet@ecrin.moa.minbas.cu

**Daniel Alfonso Robaina**, Ingeniero Industrial, Doctor en Ciencias Técnicas, Director del Centro de Estudios de Técnicas de Dirección (CETDIR), Facultad de Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE) y Profesor Principal, Escuela Superior Industria Básica, (ESIB), La Habana, Cuba.  
e-mail: dalfonso@ind.cujae.edu.cu

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de formalización del conocimiento impreciso, vago, o expresado exclusivamente de manera lingüística, se ha dado en llamar Lógica Difusa. El profesor Lofti A. Zadeh de la Universidad de Berkeley, fue creador de esta disciplina, en el año 1962 con la publicación del título "De la Teoría de Circuitos a la Teoría de Sistemas". Por otra parte, el profesor de la Universidad de Barcelona, Dr. Jaime Gil Aluja, expresó la esencia de la matemática difusa, a través de lo que llamó el principio de la simultaneidad gradual [1], lo que superó el principio del tercio excluido y permitió pasar de la lógica booleana a "unas lógicas multivalentes, entre las cuales se destaca la lógica borrosa". La aplicación del nuevo principio ha dado lugar a un abundante material teórico denominado "Matemática Difusa"; y a toda una tecnología de aplicación en las más diversas ramas [2].

La gran oportunidad surgida con el auge de Lógica Difusa, es "la formalización del pensamiento lógico dialéctico, la aplicación de las matemáticas para lograrlo; uniendo la tradición clásica aristotélica, continuada y transformada en el seno de la comunidad matemática, con la Lógica Dialéctica" [3].

Esta oportunidad se potencia con el auge del paradigma de la Teoría de la Complejidad, que privilegia la no linealidad, la irreversibilidad y el no determinismo, en esferas que recorren todo el universo científico [2].

Recibido: 07/05/2010

Aprobado: 17/05/2010

Los métodos de análisis cuantitativos aplicados a criterios con incertidumbre, se utilizan en las empresas cubanas para la toma de decisiones. Esto permite se involucren trabajadores, expertos y equipos de trabajo, en la estrategia general de la organización.

La matemática difusa, como herramienta de cálculo de criterios de verdad, parte de una escala de valores desde el más falso al más verdadero, brindando un resultado cuantitativo, que garantiza la elección más cercana a la verdad de una alternativa, tomando como base los atributos que cumple, para el logro de un objetivo determinado [4].

En los análisis desarrollados por expertos de la ECRIN, resulta que existen perspectivas de desarrollo en el sector de la construcción, a partir de los proyectos de modernización en las fábricas “Pedro Sotro Alba” y “Ernesto Che Guevara”, que requieren de un nivel superior de servicio para garantizar su permanencia en el mercado, y consecuentemente para su propio desarrollo como organización. Todo lo cual ha generado el empleo de estas herramientas con el objetivo de evaluar acciones a desarrollar, que sean de alto impacto para la organización.

Lo que da lugar a la investigación que se reporta en el presente trabajo, para determinar qué alternativas pueden contribuir en mayor medida a elevar la competitividad de la empresa ECRIN, empleando para ello un conjunto de métodos que incluyeron: las encuestas a expertos, y los software MINITAB y EXCEL para el procesamiento de datos.

Además, como soporte, se utilizaron la matriz DAFO de impactos cruzados; la determinación de los factores claves de éxito, a partir del análisis de las cinco fuerzas de Michael Porter, así como criterios de los clientes en la evaluación de desempeño de los atributos de los servicios que brinda la ECRIN.

## DESARROLLO

La Empresa Constructora y Reparadora de la Industria del Níquel, en Moa, tiene la misión de: garantizar los trabajos de construcción y reparaciones, de manera competitiva, que demanden la industria del níquel y la infraestructura social de la región, con personal calificado y tecnología de avanzada, para ello brinda servicios de:

1. Obras ingenieras: construcción de caminos; explanaciones, escombreo minero, construcción de diques, etc.
2. Montaje industrial. Mecánica (equipos estáticos y dinámicos; eléctrico (circuito de fuerza e instalaciones eléctricas); instrumentación (tuberías de impulso y señal, instalaciones de circuitos e instalaciones de instrumentos de medición y flujo).
3. Reparaciones capital y mantenimiento: mecánica, pailería y soldadura, reverbería, eléctrica e instrumentación.
4. Construcción civil. Obras de arquitectura, ingeniería e industriales.
5. Protección anticorrosiva: epoxidica, alquídica y vinílica.
6. Laboratorio para ensayos de: hormigón, cemento, áridos y defectoscopia (rayo x, líquidos penetrantes, medición de espesores e inspección visual).

Como principales clientes se identifican: Fábrica “Ernesto Che Guevara”, Fábrica “Pedro Sotro Alba” y Fábrica

“René Ramos Latour”.

### Problema de Decisión:

¿Cuáles alternativas seleccionar que contribuyan, en mayor medida, a elevar la competitividad de la ECRIN, dentro del sector de la construcción, en Moa?

### Criterios para la toma de decisión:

1. Se mejora el indicador de cumplimiento de los plazos de ejecución.
2. Se incrementa la calidad de los servicios.
3. Se incrementa la cuota de mercado.
4. Se mantienen buenas relaciones de pago con los proveedores.
5. Se mejora el estado financiero.
6. Se incrementan las ventas.

### Decisores:

El comité de expertos, constituido para este análisis, y más tarde el consejo de administración, para su total aprobación.

### Enunciado verbal:

La empresa se hace más competitiva, si incrementa la satisfacción de las expectativas de clientes, la sociedad, de los suministradores y proveedores, y si mejora su solidez económica.

1. Se incrementa la satisfacción de expectativas de clientes y la sociedad, si cumple los plazos de ejecución e incrementa la calidad de los servicios.
2. Incrementa la satisfacción de proveedores, si incrementa la cuota de mercado y mantiene buenas relaciones de pago.
3. Mejora su solidez económica, si mejora su estado financiero o aumenta en gran medida las ventas.

### Predicado [5]:

C(x) La empresa eleva su competitividad.

EC(x) Se incrementa la satisfacción de consumidores.

EP(X) Se incrementa la satisfacción de proveedores.

SE(x) Se incrementa la solidez económica.

Pe(x) Se mejora el indicador de cumplimiento de los plazos de ejecución.

Cs(x) Se incrementa la calidad de los servicios.

Cm(x) Se incrementa la cuota de mercado.

Rp(x) Se mantienen buenas relaciones de pago.

Ef(x) Mejoran los estados financieros.

V(x) Incrementan las ventas.

La decisión será tomada según el árbol que se muestra en la Figura 1, donde a través de una operación conjuntiva, se pueden mejorar los niveles de competitividad de la organización.

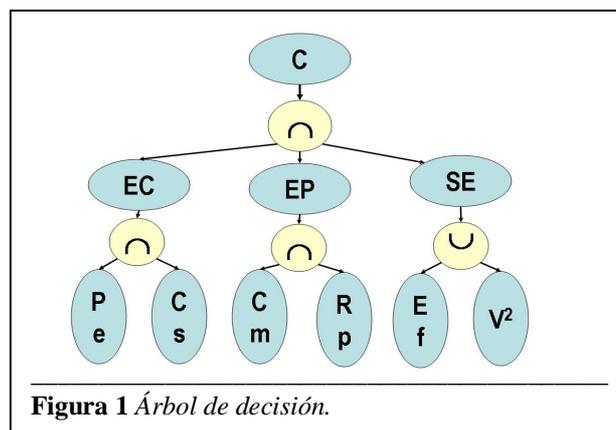


Figura 1 Árbol de decisión.

LÓGICA DIFUSA APLICADA A LA TOMA DE DECISIONES

**TABLA 1**

**Encuesta a expertos para el análisis de las alternativas por criterio sobre la ecuación de veracidad**

**Análisis de criterios de expertos sobre alternativas o acciones para elevar la Competitividad de la ECRIN**

Según la escala que se pone al lado, con valor de 0 a 1, donde cero es el más falso y 1 el más verdadero, evalúe cada alternativa propuesta contra los atributos que garantizan un crecimiento en la competitividad de la Empresa, la Nomenclatura de los atributos está al lado de la escala y recuerde que es el criterio de más verdad de cada alternativa para el cumplimiento de cada atributo.

ALTERNATIVAS	ATRIBUTOS						Valor	Categoría
	pe	cs	cm	rp	ef	v		
1. Estimulación a trabajadores orientada al plazo de ejecución y la calidad de los servicios en un 100 % en los proyectos de inversiones previstos a ejecutar. Expansión Lixiviación Che Guevara, Ferroniquel, y todos los trabajos de reparación en Pedro Sotto Alba, para elevar el nivel de satisfacción de estos indicadores.								
2. Promover la capacidad y experiencia de nuestros trabajadores por tipo de equipos tecnológicos del proceso de obtención de Níquel en las productoras.								
3. Invertir para mejorar la capacidad y calidad de la obtención de Hormigón en el Batching Plant y de los áridos en la Base material de Sagua para elevar el nivel de satisfacción de la actividad de Construcción civil en todas las Productoras.								
4. Establecer doble turno de trabajo en el Taller de Carpintería de Aluminio.								
5. Viabilizar los mecanismo de contratación. Lograr 72 horas de respuesta a solicitudes.								0 FALSO
6. Establecer una logística adecuada para la distribución de recursos a Obras.								0.1 casi falso
7. Garantizar respuesta en 8 horas a las averías del equipamiento en Obras								0.2 algo falso
8. Establecer doble turno de trabajo en los talleres. Garantizar respuesta en 8 horas a equipos en taller.								0.3 bastante falso
9. Planificación de flujo de caja trimestral, que brinde confianza a nuestros principales proveedores.								0.4 más falso que verdadero
10. Establecer un programa de desarrollo por inversiones para incremento de la productividad en la actividad de Construcción civil,								0.5 tan verdadero como falso
11. Buscar opciones de alquiler o arrendamiento de equipamiento de construcción, principalmente izaje y compresores.								0.6 más verdadero que falso
12. Garantizar la transferencia de conocimientos y experiencia de la fuerza ervejecida hacia la fuerza nueva.								0.7 algo verdadero
13. Consolidar el Sistema de Gestión de la Calidad en todos los procesos para elevar la imagen y credibilidad de nuestra empresa frente a clientes y proveedores.								0.8 bastante verdadero
14. Establecer los indicadores de satisfacción a controlar como vigilancia tecnológica que garantice las expectativas de clientes y proveedores. Y que esto constituya un proceso de mejora continua								0.9 casi verdadero
15. Dar solución a los recursos declarados ociosos. por valor de 1,3 millones.								1 VERDADERO
16. Disminuir los gastos administrativos, acotar el % de indirecto a un 12.36 %								•pe(x) Se mejora el ind. de cum. de los plazos de ejec
17. Potenciar las fuentes de ingresos por concepto de pruebas de laboratorio								•cs(x) Se incrementa la calidad de los servicios
18. Aprovechar las Innovaciones en la generalización de recuperación de útiles y herramientas y en la disminución de gastos por varias causas, generalizar en todas las Unidades de negocios								•cm(x) Se incrementa la cuota de mercado
								•rp(x) Se mantienen buenas relaciones de pago
								•ef(x) mejora el estado financiero
								v(x) Se incrementan las ventas

$$C(x) = EC(x) \wedge EP(x) \wedge SE(x) \quad (1)$$

Donde:

$$VC(x) = \sqrt[3]{(EC(x)EP(x)SE(x))}, \quad (2)$$

es la veracidad de que la alternativa eleve la competitividad.

Cuando se evalúan los atributos en la operación:

$$EC(x) = (Pe(x) \wedge Cs(x)) \quad (3)$$

$$EP(x) = (Cm(x) \wedge Rp(x)) \quad (4)$$

$$SE(x) = (Ef(x) \vee V(x)^2) \quad (5)$$

Finalmente se puede llegar a la Expresión 6:

$$VC(x) = \sqrt[3]{((Pe(x) \wedge Cs(x))(Cm(x) \wedge Rp(x))(Ef(x) \vee V(x)^2))} \quad (6)$$

Realizando las operaciones conjuntiva y disyuntiva se obtiene la ecuación final para la veracidad de la Competencia:

$$VC(x) = \sqrt[3]{(\sqrt{pe(x)cs(x)})\sqrt{cm(x)rp(x)}\sqrt{1-(1-ef(x))(1-v(x)^2)})} \quad (7)$$

## RESULTADOS OBTENIDOS

Del análisis de alternativas, mediante la ecuación derivada del árbol de problemas, se obtiene que los criterios que más se acercan a la verdad, donde la alternativa cumple los atributos que garantizan elevar la competitividad de la empresa son: las alternativas 1, 3, 10, 14 y 17; las cuales se muestran según el orden descendente del resultado en el cálculo de la ecuación. En la Tabla 1 se presenta la encuesta realizada a expertos para el análisis de las alternativas por criterio sobre la ecuación de veracidad y en la Tabla 2 se muestran los criterios de expertos obtenidos.

1. Establecer los indicadores de satisfacción a controlar, como vigilancia tecnológica, que garantice las expectativas de clientes y proveedores, y que esto constituya un proceso de mejora continua **(0.86)**.
2. Establecer un programa de desarrollo, por inversiones, para el incremento de la productividad en la actividad de construcción civil **(0.85)**.
3. Invertir para mejorar la capacidad y calidad de la obtención de Hormigón en el *batching plant* y de los áridos en la base material de Sagua, para elevar el nivel de satisfacción en la actividad de construcción civil en todas las productoras **(0.68)**.
4. Estimulación a trabajadores, orientada al plazo de ejecución y la calidad de los servicios en un 100%, para los proyectos de inversiones previstos a ejecutar: Expansión Lixiviación "Che Guevara", FERRONIQUEL, y todos los trabajos de reparación en "Pedro Sotto Alba", para elevar el nivel de satisfacción de estos indicadores **(0.65)**.
5. Potenciar las fuentes de ingresos, por concepto de pruebas de laboratorio **(0.63)**.

ALT	Evaluación de atributos						Criterio de Verdad			
	pe	cs	cm	rp	ef	v	EC	EP	SE	VC
1	0.9	0.9	0.5	0.5	0.6	0.6	0.9	0.4	0.9	0.65
2	0.1	0.1	0.9	0.1	0.1	0.9	0.1	0.3	0.9	0.30
3	0.8	0.9	0.9	0.2	0.2	0.9	0.8	0.4	0.9	0.68
4	0.1	0.1	0.9	0.1	0.1	0.9	0.1	0.3	0.9	0.30
5	0.1	0.5	0.6	0.1	0.1	0.9	0.2	0.2	0.9	0.34
6	0.9	0.5	0.8	0.1	0.1	0.9	0.7	0.3	0.9	0.54
7	0.9	0.2	0.6	0.1	0.1	0.7	0.4	0.2	0.7	0.39
8	0.9	0.2	0.6	0.1	0.1	0.6	0.4	0.2	0.7	0.37
9	0.8	0.1	0.9	0.9	0.1	0.9	0.3	0.9	0.9	0.60
10	0.9	0.8	0.9	0.7	0.6	0.9	0.8	0.8	1.0	0.85
11	0.8	0.6	0.7	0.2	0.1	0.9	0.7	0.3	0.9	0.58
12	0.4	0.8	0.3	0.3	0.2	0.4	0.6	0.2	0.6	0.38
13	0.9	0.9	0.5	0.2	0.4	0.9	0.9	0.2	0.9	0.57
14	0.9	0.9	0.9	0.7	0.4	0.9	0.9	0.8	0.9	0.86
15	0.1	0.1	0.1	0.6	0.9	0.1	0.1	0.1	0.9	0.19
16	0.1	0.1	0.1	0.7	0.9	0.1	0.1	0.1	0.9	0.20
17	0.3	0.5	0.9	0.6	0.7	0.8	0.4	0.7	0.9	0.63
18	0.7	0.4	0.6	0.1	0.7	0.5	0.5	0.2	0.9	0.45

## CONCLUSIONES

Con este trabajo se pudo utilizar información obtenida, en el diagnóstico estratégico de la entidad, para la toma de decisión sobre las acciones alternativas que permitirían garantizar la elevación de la competitividad de la organización, tomando en cuenta el parecer de expertos de la entidad y la aprobación del consejo de administración; lo que constituye una interesante forma más de vincular a los trabajadores en la toma de decisiones organizacionales.

Se materializa el análisis de la organización como un sistema, abierto hacia el entorno, que parte de la satisfacción de las expectativas de los clientes y proveedores, hasta el análisis de los problemas internos que atentan contra éstas.

## RECOMENDACIONES

Se propone la generalización de este trabajo, ya que constituye una herramienta a utilizar por directivos, que permite convertir datos cualitativos en valores, y de esta manera, aportan argumentos de consenso al equipo de trabajo, quedando así registrada una base de cálculo en EXCEL para la construcción de árboles de decisiones similares.

## REFERENCIAS

1. ESPÍN ANDRADE, R. *El Paradigma de la Lógica Difusa: Oportunidades para la Ciencia*. La Habana, Cuba: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Junio 2004.
2. ESPÍN ANDRADE, R. y VANTI, A. *Administración lógica: Un estudio de un caso de una empresa de Comercio Exterior*. La Habana, Cuba: Grupo GEMINIS (CUJAE), Universidad del Valle Grande Brasil,
3. ESPÍN ANDRADE, R. "Presentación de Power Point: "Racionalidad Transdisciplinaria". ". En: *Curso Maestría en Dirección Edición 14* (Instituto

## LÓGICA DIFUSA APLICADA A LA TOMA DE DECISIONES

Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana. Cuba: 2008) [fecha de consulta: diciembre 2009]. Disponible en: [http://localhost:82/Cursos/MC2/Docs/Est\\_Calidad.pdf](http://localhost:82/Cursos/MC2/Docs/Est_Calidad.pdf)

4. ESPÍN ANDRADE, R. "Presentación de Power Point: "Lógica Difusa Compensatoria". ". En: *Curso Maestría en Dirección Edición 14* (Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana. Cuba: 2008) [fecha de consulta: diciembre, 2009]. Disponible en:

[http://localhost:82/Cursos/MC2/Docs/Est\\_Calidad.pdf](http://localhost:82/Cursos/MC2/Docs/Est_Calidad.pdf)

5. ESPÍN ANDRADE, R. "Presentación de Power Point: "Una normativa Semántica Para la Toma de Decisiones". Aplicaciones en la Empresa. ". En: *Curso Maestría en Dirección Edición 14* (Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana. Cuba: 2008) [fecha de consulta: diciembre 2009]. Disponible en: [http://localhost:82/Cursos/MC2/Docs/Est\\_Calidad.pdf](http://localhost:82/Cursos/MC2/Docs/Est_Calidad.pdf)



<http://aprendist.cujae.edu.cu/home/Index.htm>