

Una aproximación a la toma de decisiones en el escenario azucarero mediante el método Delphi. Un estudio de caso.

An approximation to the take of decision at the sugar scenario, using the method Delphi. A case study.

Autores: M. Sc. Fernando Ramos Miranda, Profesor Auxiliar Universidad de Cienfuegos (CUM Cruces). MSc.Romel García Prado, Universidad de San Carlos, Guatemala. (framos@ucf.edu.cu).

Resumen

Se describe un método de toma de decisiones en el escenario azucarero mediante el método Delphi. Las técnicas se procesan a partir del diseño experimental no paramétrico, las que permiten obtener el grado de concordancia de las opiniones de los expertos, el nivel de competencia del especialista en el tema analizado, la confiabilidad de las fuentes de argumentación, así como la influencia que las mismas ejercen en las respuestas de los expertos.

El método, con algunos cálculos para la validación del método y el orden de importancia de las alternativas puede ser resuelto con SPSS Windows o Microsoft Excel.

Palabras claves: toma de decisiones, Delphi, escenario azucarero.

Abstract.

This work examines the method of take decisions at the sugar scenario. The study was based on method Delphi by using the experimental non-parametric design, the ones that they permit getting the grade from concordance of the opinions of experts, the competitive level of the specialist in the analyzed theme, the reliability of the sources of argumentation, as well as the influence that the same exercise in experts's answers.

Key words: take of decisions, Delphi, sugar scenario.

Introducción.

El Método Delphi está considerado como el método heurístico más efectivo y de mayor utilización para la toma de decisiones (Lorente, 2005), sin embargo, en poco se ha desarrollado para la decisión de alternativas tecnológicas cuando se requiere decidir el futuro de inversiones con relativo bajo costo.

Este método tiene como características fundamentales:

§Existencia de un facilitador cuya función es similar a la del Método Brainstorming.

§Se establece un diálogo anónimo entre los expertos consultados individualmente, mediante cuestionarios o encuestas.

§La confrontación de opiniones se lleva a cabo mediante varias rondas.

§Los resultados de cada ronda se procesan estadísticamente.

§Existe retroalimentación entre los expertos mediante los resultados del cuestionario precedente. Para la aplicación del método existe un procedimiento general que está compuesto por una serie de pasos lógicos que pueden definirse de forma general como sigue.

1. Definición del problema, la hipótesis y los objetivos.
2. Cálculo del número y selección de los expertos.
3. Recopilación de la información a entregar a los expertos.
4. Rondas, listado de las alternativas a evaluar.
5. Validación del instrumento de medición.
6. Confección de la matriz de los expertos.
7. Prueba de concordancia de los expertos.
8. Cálculo de concordancia de Kendall y prioridad de las alternativas.
9. Prueba de hipótesis.

A continuación, mediante un estudio de caso, se establecerá una forma lógica que mediante el método Delphi, se pueda tener un primer nivel de aproximación en la toma de decisiones para la agroindustria azucarera.

Desarrollo.

Definición del problema, la hipótesis y los objetivos.
 Problema: Cómo resolver la rentabilidad del ingenio preservando el medio ambiente, y salvar la fuerza de trabajo en el entorno territorial.

Objetivo general: Lograr tecnologías con buenos indicadores de VAN, TIR y Período de Recuperación.

Cálculo del número y selección de los expertos. Seguidamente corresponde a la selección de los expertos así como la organización del grupo en correspondencia con las características y objetivos del trabajo. Muchos estudiosos del tema plantean que la idoneidad y la competencia no están necesariamente vinculadas con la calificación científica ni el perfil ocupacional del experto, o que en realidad pueden incorporarse hasta obreros que tengan un gran dominio del tema. En este sentido se trabaja en algunos círculos científicos para adecuar la técnica a un universo más amplio, como lo es incorporar obreros de gran experiencia en el tema, pero es necesario insistir que esto lo define el problema a resolver y el objetivo que se persiga.

Para el cálculo y la selección de los expertos se ha seleccionado básicamente el método planteado en (Francisco, 2006).

El número de expertos *M* se determina empleando un método probabilístico y asumiendo una ley de probabilidad binomial

$$M = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

donde *i* es el nivel de precisión alcanzado, se recomienda entre 0.14 y 0.5, *p* es la proporción estimada del error y *k* una constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza (*1-α*) seleccionado.

Tabla 1. Valores de k

<i>1- α</i>	<i>k</i>
99	6,65
95	3,84
90	2,67

Tomando como base para el cálculo un error del 10%, para un nivel de confianza del 95% y el valor de *i* medio de 0.2 se calcula 9 expertos.

El coeficiente de competencia se calcula por la siguiente fórmula:

$$K = \frac{1}{2} (k_c + k_a)$$

Donde:

k_c es el coeficiente de conocimiento o información que tiene el experto acerca del problema, calculado sobre la valoración del propio experto en una escala del 0 al 10 y multiplicado por 0,1; de esta forma, la evaluación “0” indica que el experto que no tiene absolutamente ningún conocimiento de la problemática correspondiente, mientras que la evaluación “10” significa que el experto tiene pleno

conocimiento de la problemática tratada. Entre estas dos evaluaciones extremas hay nueve intermedias. El experto deberá marcar con una cruz en la casilla que estime pertinente, por ejemplo:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						x			

ka es el coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios de el experto, obtenido como resultado de la suma de los puntos alcanzados a partir de una tabla patrón.

Tabla 2. Tabla Patrón.

Fuentes de Argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus criterios		
	Análisis teóricos realizado por ud.	0,3	0,2
Su experiencia obtenida	0,5	0,4	0,2
Trabajo de autores nacionales	0,05	0,05	0,05
Trabajo de autores extranjeros	0,05	0,05	0,05
Su propio conocimiento acerca del estado del problema en el extranjero	0,05	0,05	0,05
Su intuición	0,05	0,05	0,05

Nota: Esta Tabla se le atribuye a la aprobada en febrero de 1971 por el comité estatal para Ciencia y la Técnica de Rusia para elaboración de pronósticos científico-técnicos.

Al experto se le presentaría esta tabla sin cifras, orientándosele marcar con una cruz cuál de las fuentes él considera que ha influido en su conocimiento de acuerdo con el grado A, M o B. Posteriormente, utilizando los valores de la tabla patrón para cada una de las casillas marcadas por el experto, se calcula el número de puntos obtenidos en total. De esta forma, si el coeficiente $k_a = 1.0$, el grado de influencia de todas las fuentes es alto, si $k_a = 0.8$, es un grado medio y si es igual a 0.5, se considera con grado bajo de influencia de las fuentes.

El coeficiente de competencia se encuentra en el rango $0,25 < k < 1$.

Selección de la información para entregar a los expertos.

Esta es una fase, los autores omiten siempre, que puede ser tan amplia o tan sencilla como se requiera, pero siempre se considera que mientras mejor estén informados los expertos, se llegará a una decisión mas adecuada en el contexto. A continuación se plantean algunas de las que se considera fundamentales:

- § Voluntad empresarial
- § Demanda de los productos
- § Disponibilidad de área, y servicios públicos.
- § Disponibilidad de materia prima. Prospectiva cañera a largo plazo
- § Disponibilidad de créditos nacionales e internacionales.
- § Disponibilidad de la transferencia tecnológica
- § Indicadores globales sobre los precios de las plantas propuestas
- § Costos de producción globales de los productos propuestos.
- § Precios internacionales de los productos propuestos
- § Consultas globales con el IPF, CITMA, el MINFAR, MININT, la DC y el OACE

Después de un tiempo prudencial los expertos estarán en condiciones de emitir los juicios correspondientes con mejores posibilidades.

Rondas y listado de las alternativas a evaluar.

En el estudio de caso estudiado, un ingenio azucarero de 4025 t / día de capacidad, con una proyección cañera de 11 000 Ha de área agrícola y una prospección cañera de 41 t /Ha en 5 años, se obtiene en las dos primeras rondas el siguiente listado de alternativas:

Tabla 3. Listado de alternativas emitidas por los expertos en la 1ª. ronda

1	Reconversión del ingenio a la producción de azúcar y alcohol.
2	Reconversión del ingenio a la producción de azúcar, alcohol y a derivados lignocelulósicos.
3	Fabricación de azúcar y venta total bagazo desmedulado.
4	Utilización del RAC para alimento animal.
5	Fabricación de azúcar, uso del RAC en combustión y venta de todo el bagazo desmedulado.
6	Fabricación de azúcar y rehabilitar fábrica de tableros Procuba para la utilización del bagazo.
7	Fabricación de azúcar y generación de electricidad con todo el bagazo sobrante.
8	Fabricación de azúcar y venta total bagazo desmedulado.
9	Instalación de una refinería de azúcar.
10	Reconversión del ingenio a la producción de azúcar, alcohol y ron.

Validación del instrumento de medición.

Se realiza un pilotaje para validar los instrumentos, donde se incluyeron preguntas abiertas, con el propósito de variarlas posteriormente, una vez que fue posible la conformación del universo de las respuestas. Las preguntas se hicieron por escrito, para evitar de esta forma la influencia de un experto sobre otro.

Confección de la matriz de los expertos.

Ya a partir de la segunda ronda empiezan a precisarse los valores que se le asignan a las alternativas del 1 al 10 en orden de importancia quedando según la Tabla 4.

Tabla 4. Matriz de expertos

Alternativa	Experto								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Reconversión del ingenio a la producción de azúcar y alcohol.	3	3	3	4	3	3	3	3	3
Reconversión del ingenio a la producción de azúcar, alcohol y a derivados lignocelulósicos.	1	2	1	1	1	1	1	1	2
Fabricación de azúcar y venta total bagazo desmedulado.	5	5	5	6	6	5	6	4	5
Utilización del RAC para alimento animal.	8	7	8	8	8	7	9	8	7
Fabricación de azúcar, uso del RAC en combustión y venta de todo el bagazo desmedulado.	4	4	4	2	4	4	4	5	4
Fabricación de azúcar y rehabilitar fábrica de tableros Procuba para la utilización del bagazo.	6	6	6	5	5	6	5	6	6
Fabricación de azúcar y generación de electricidad con todo el bagazo sobrante.	7	8	7	7	7	9	7	7	8
Fabricación de azúcar y venta total bagazo desmedulado.	9	9	9	9	9	10	10	9	9
Instalación de una refinería de azúcar.	10	10	10	10	10	8	8	10	10
Reconversión del ingenio a la producción de azúcar, alcohol y ron.	2	1	2	3	2	2	2	2	1

Prueba de concordancia de los expertos.

Hay dos formas de validar la concordancia de los expertos:

Una es la concordancia C, que se aplica a los criterios de los expertos en cada alternativa según la formulación correspondiente y si es alcanzada $C > 60\%$ se acepta un buen nivel de consenso. Si en una segunda ronda (otra valoración en una segunda hoja, previo conocimiento de los resultados de la primera matriz) no es alcanzado ese nivel de C es descartada esa causa respecto al consenso del ordenamiento, lo cual no la veta como causa. La expresión para el cálculo de C es como sigue:

$$C = \left(1 - \frac{V_n}{V_t}\right) \cdot 100 \quad \text{donde:}$$

C: concordancia expresada en porcentaje

Vn: cantidad de expertos en contra del criterio predominante.

Vt: cantidad total de expertos participantes.

Es obvio que en la Tabla 5 se encuentran dos valores de C fuera del rango aceptado 60%, por lo que se deberá reconsiderar otra ronda de ajuste con los expertos.

Tabla 5. Concordancia de los expertos según C

Alternativa	C, %
Reconversión del ingenio a la producción de azúcar y alcohol.	88,89
Reconversión del ingenio a la producción de azúcar, alcohol y a derivados lignocelulósicos.	77,78
Fabricación de azúcar y venta total bagazo desmedulado.	55,56
Utilización del RAC para alimento animal.	55,56
Fabricación de azúcar, uso del RAC en combustión y venta de todo el bagazo desmedulado.	77,78
Fabricación de azúcar y rehabilitar fábrica de tableros Procuba para la utilización del bagazo.	66,67
Fabricación de azúcar y generación de electricidad con todo el bagazo sobrante.	66,67
Fabricación de azúcar y venta total bagazo desmedulado.	77,78
Instalación de una refinera de azúcar.	77,78
Reconversión del ingenio a la producción de azúcar, alcohol y ron.	66,67

Es necesario insistir en que los expertos no asignen igual número a dos alternativas diferentes, ya que esto traería como consecuencia las llamadas ligaduras, y complicaría más el método. Para revisar este punto se aconseja revisar (Cuesta, 2009).

En el caso de no existir concordancia de criterios se recomienda la realización combinada del análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis y el test de Mann-Whitney para muestras independientes con el objetivo de determinar cuáles son las pareja de expertos no concordantes, o sea con criterios significativamente diferentes, para utilizar estos elementos en rondas posteriores y tratar de llegar a un consenso.

Cálculo de concordancia de Kendall y prioridad de las alternativas.

El valor que posibilita decidir el nivel de concordancia entre todos los expertos se determina por el estadígrafo Kendall . El valor ù oscila entre 0 y 1. Para valores mayores de 0,7 se debe aceptar la decisión, para valores entre 0,45 y 0,7 se debe continuar el análisis y para valores menores de 0,45 se deben rechazar las decisiones de los expertos.

Se calcula el coeficiente de concordancia de Kendall según:

$$\omega = \frac{12 \sum \Delta^2}{M^2 (K^3 - K)} \quad \text{donde:}$$

$$\Delta = (\sum A_{ij} - T)$$

T: factor de comparación (valor medio de los rangos) que se calcula $\frac{1}{2} M(K+1)$

K: es el número de alternativas a evaluar.

Para calcular los valores de estos estadígrafos se recomienda montarlos en una tabla Excel, y en el caso que se pueda en SPSS Windows u otro software (Mendoza, 2009, Tomás Crespo, 2000, Visauta, 1998, Crespo T.; Aguilasoch, 2000). En la Tabla 6 se muestra un montaje en Excel donde se calculan todos los indicadores de la prueba de Kendall, y como resultado la validez de la prueba. También se muestra el orden de importancia asignado por los expertos, siendo el mas importante la Reconversión del ingenio a la producción de azúcar, alcohol y a derivados lignocelulósicos y la menos importante la instalación de una refinería de azúcar.

Tabla 6. Cálculo del nivel de concordancia por el método de Kendall.

	Alternativa	Experto									Cálculo de indicadores						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\sum A_i$	T	$\sum A_i T$	Δ	Δ^2	ω	
1	Reconversión del ingenio a la producción de azúcar y alcohol.	2	3	3	4	4	3	3	3	3	28			-20	211	445	
2	Reconversión del ingenio a la producción de azúcar, alcohol y a derivados lignocelulósicos.	1	2	1	1	1	2	1	3	2	14			-34	-351	1232	
3	Fabricación de azúcar y venta total bagazo desmedulado.	5	5	6	4	6	5	4	4	7	46			-1,9	-31	961	
4	Utilización del RAC para alimento animal.	8	8	7	7	8	7	9	7	7	68			20,1	189	357	
5	Fabricación de azúcar, uso del RAC en combustión y venta de todo el bagazo desmedulado.	3	3	4	4	4	4	6	5	5	38			-9,9	-111	123	
6	Fabricación de azúcar y rehabilitar fábrica de tableros Procuba para la utilización del bagazo.	6	6	5	5	5	5	5	6	5	48			0	-11	121	
7	Fabricación de azúcar y generación de electricidad con todo el bagazo sobrante.	6	7	8	7	6	9	7	7	8	65			17,1	159	253	
8	Fabricación de azúcar y venta total bagazo desmedulado.	9	10	9	9	9	5	9	9	9	78			30,1	289	835	
9	Instalación de una refinería de azúcar.	8	9	9	9	10	8	8	10	9	80			32,1	309	955	
10	Reconversión del ingenio a la producción de azúcar, alcohol y ron.	2	2	1	1	2	2	1	1	2	14			-34	-351	1232	
											479	47,9	479		5443	0,81	

Es necesario señalar que el hecho que exista concordancia no implica que los resultados sean confiables, ya que depende en gran medida de la preparación y selección de los expertos y deben confrontarse con la prueba de hipótesis.

Validación del criterio de expertos mediante la prueba de hipótesis.

La hipótesis de no concordancia es entre los expertos (Ho), según algunos autores (Lorente, 2005), en el $X^2 \text{ calculado} > X^2 \text{ tabulado}$ se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay concordancia significativa entre los expertos que está distribuída aproximadamente con una distribución chi-cuadrado con n-1 grados de libertad. Por lo que buscamos el percentil de significación prefijado en las tablas estadísticas (Bowker and Lieberman, 1964) (Hernández et al., 1998).

En el caso de no existir concordancia de criterios se recomienda la realización combinada del análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis y el test de Mann-Whitney para muestras independientes

con el objetivo de determinar cuáles son las pareja de expertos no concordantes, o sea con criterios significativamente diferentes, para utilizar estos elementos en rondas posteriores y tratar de llegar a un consenso.

Número de alternativas	K=	10
Número de expertos	M=	9
Chi cuadrado calculado, $X^2_{calculado}$	$M(K-1)_{\alpha}$	66,0
Chi cuadrado tabulado, $X^2_{tabulado}$	$X^2_{(0,01,9)}$	21,7

Conclusiones:

- 1.El Método Delphi, aunque es un método subjetivo puede utilizarse para la toma de decisiones en los escenarios azucareros, utilizando el conocimiento y experiencia acumulado en los Centros de Gestión del Conocimiento, las Universidades y las propias instituciones del Ministerio del Azúcar.
- 2.El universo de expertos puede ser reconsiderado, tomando en cuenta otras esferas del conocimiento no académicas.
- 3.Este método puede ser desarrollado con otras herramientas como son la lógica fuzzy para ampliar sus aplicaciones a la prospectiva, la incertidumbre y el análisis de riesgo en las inversiones.

Recomendaciones:

- 1.La aplicación del método para la toma de decisiones en la prospectiva para la diversificación, reconversión y evaluación de los ingenios azucareros utilizando los expertos de los Centros de Gestión del Conocimiento, Universidades y entidades del Ministerio del Azúcar.
- 2.Reconsiderar el universo de expertos, tomando en cuenta otras esferas del conocimiento no académicas.
- 3.Desarrollar la lógica fuzzy como herramienta para la toma de decisiones en el sector azucarero

Bibliografía.

1. Bowker, A. H.; Llieberman, G. J., 1964, Engineering Statistics, La Habana, Instituto Cubano del Libro.
2. Crespo T.; Aguila-socho, D., 2000, El empleo del excel para el procesamiento de criterio de expertos utilizando el método delphi, Centro de Estudio en Ciencias Pedagógicas del ISP “Félix Varela”
3. Cuesta, A., La toma de desiciones consensuales: instrumentos y experiencias en gestión organizacional, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de la Habana.
4. Francisco, W.; Bastida E. ; Castellanos J., Gil S., 2006, Metodología de la Investigación Científica. CEEMA, Universidad de Cienfuegos.
5. Guarín, E. B.; Escobar, J. E., 2003, Un enfoque fuzzy para la prospectiva delphi, Ingeniería & desarrollo, Universidad Javeriana, Cali.
6. Hernández, R.; Fernández, C; Baptista, P., (1998), Metodología de la investigación, Mexico D.F., McGraw-Hill.
7. Lorente, J. L., 2005, Método Delphi - método de expertos, CiGET-CITMA.
8. Mendoza, I., 2009, Elaboración de la evaluación del desempeño con indicadores específicos en cada puesto de trabajo, disponible en monografias.com, accedido 10/6/2009.
9. Parsiani, N. D., 2006, Project evaluations using fuzzy logic and risk analysis techniques, Tesis de Master en Ciencias, Universidad de Puerto Rico.
10. Visauta, B., 1998, Análisis estadístico con SPSS para Windows. Estadística Multivariante, Madrid, Mc. Graw Hill.

Presentado: 5/2/2011