Algunos modelos de toma de decisiones

Some decision making models

Imagen: https://flic.kr/p/3Esx3o

Guillermo Jiménez Lozano. *Profesor de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Facultad de Administración, Departamento de Informática y Computación. Pertenece al grupo de investigación Ambientes Inteligentes Adaptativos – GAIA. gjimenezl@unal.edu.co.*

Angélica Jiménez Muñoz. *Estudiante de la maestría en Gestión y Desarrollo Cultural, Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. anglik340@hotmail.com.*

Cómo citar este artículo
Jiménez Lozano, G. y Jiménez Muñoz, A. (2012). Algunos modelos de toma de decisiones. *Novum*, (2), 102–113.

Resumen

Para las personas que toman decisiones, es difícil tener en cuenta todos los factores que inciden en la decisión, por tanto, es indispensable encontrar alguna forma de descomponer estos factores, de tal manera que le permita a los tomadores de decisiones, pensar en las implicaciones de cada factor, en forma racional. Cualquier problema de decisión, tiene ciertas características que describen su naturaleza y además pueden proporcionar alternativas para su solución. Los decisores deben especificar y describir los factores que tendrán en cuenta para tomar una decisión, acorde con sus expectativas. La teoría de decisiones es una aproximación analítica y sistemática para estudiar la toma de decisiones.

Palabras clave: decisiones, modelos, métodos.

Abstract

For people who make decisions, it is very difficult to take into account all the factors that influence the decision. Hence, it is critical to find a method to separate all the factors in a way which allows the decision makers to think in a reasonable manner about all the implications each factor has. Every problem when making a decision has certain characteristics that describe its nature, besides, they can offer alternative solutions. The decision makers must describe and specify the factors they will take into account when making decisions according to their expectations. The decisions theory is a systemic and analytic approximation to study the decision making process.

Key words: decisions, models, methods.

Introducción

En este trabajo consideraremos los principales modelos que se emplean en la toma de decisiones, con los cuales se pretende que las decisiones afrontadas sean lo más certeras posible.

Proceso de la toma de decisiones

Algunos elementos importantes a tener en cuenta para pasar de una mala a una buena toma de decisiones, es decir, para pasar de una empírica a una técnica, son los siguientes:

- Hechos reales
- Experiencia
- Autoridad
- Intuición

Las personas que trabajan en las empresas están en todo momento dedicadas a la toma de decisiones.

Debido a lo anterior, es importante tener en cuenta que se debe seguir algún proceso para llegar a conseguir las decisiones más óptimas:

- Definición del problema
- Búsqueda de alternativas
- Evaluación de alternativas
- Elección de una de las alternativas
- Determinación del plan de acción
- Comunicación de la decisión
- Implementación de la decisión
- Control y evaluación

Modelos para la adecuada toma de decisiones

Los modelos que más se utilizan para la acertada toma de decisiones son decisiones en ambiente de certeza, decisiones en ambiente de riesgo, decisiones en ambiente de incertidumbre, con información experimental, sin información experimental. De la anterior clasificación se desprenden diversos modelos, algunos de los cuales expondremos a continuación.

Un profesional en Gestión Cultural y Comunicativa, luego de un exhaustivo estudio de mercados, tiene unos modelos culturales (M_1, M_2, M_3 y M_4), estudia lanzar un nuevo modelo, esperando posicionarlo en cuatro segmentos distintos, los cuales son: E_1, E_2, E_3 y E_4. La utilidad esperada (en millones de unidades monetarias (u. m.)) en el año siguiente al lanzamiento en función del tipo de interés:

	E_1	E_2	E_3	E_4
M_1	24	19	20	16
M_2	22	22	23	20
M_3	23	23	21	15
M_4	25	24	18	14

¿Cuál sería la opción que Usted le recomendaría a la empresa?

Solución:

Los elementos de este problema son:

Decisor: El Gestor Cultural y Comunicativo.

Conjunto de alternativas: tener disponibles los diversos modelos culturales.

$$\begin{cases} M_1: \text{Montaje del modelo tipo uno.} \\ M_2: \text{Montaje del modelo tipo dos.} \\ M_3: \text{Montaje del modelo tipo tres.} \\ M_4: \text{Montaje del modelo tipo cuatro.} \end{cases}$$

- Estado de la naturaleza: tenemos una variable de estado E = {E1, E2, E3, E4}, como los proyectos tardarán en su montaje aproximadamente un año. Estamos hablando de un problema en ambiente de incertidumbre.

- Criterio de evaluación: utilidades anuales (resultados favorables).
- Criterio de decisión: la empresa quiere maximizar sus ganancias, pero no conocemos el comportamiento de la compañía, por lo que debemos aplicar todos los enfoques en este ambiente.

Criterio de Wald

Es un criterio de decisión para un comportamiento prudente; por lo que a cada alternativa se le asigna su peor resultado y de ellos se escoge el mejor, es decir,

$$A_i \rightarrow \underset{j}{\text{Mín}}\, r_{ij} = m_i$$

$$A^* \rightarrow \underset{i}{\text{Máx}}\left(\underset{j}{\text{Mín}}\, r_{ij}\right) = \underset{i}{\text{Máx}}\,(m_i)$$

Por tanto para:

$$A_1 \rightarrow \underset{j}{\text{Mín}}\, r_{ij} = \text{Mín}\,\{24, 19, 20, 16\} = 16;$$

$$A_2 \rightarrow \underset{j}{\text{Mín}}\, r_{ij} = \text{Mín}\,\{22, 22, 23, 20\} = 20;$$

$$A_3 \rightarrow \underset{j}{\text{Mín}}\, r_{ij} = \text{Mín}\,\{23, 23, 21, 15\} = 15;$$

$$A_4 \rightarrow \underset{j}{\text{Mín}}\, r_{ij} = \text{Mín}\,\{25, 24, 18, 14\} = 14;$$

Luego $\underset{i}{\text{Máx}}\left(\underset{j}{\text{Mín}}\, r_{ij}\right)$ = Máx {16, 20, 15, 14} = 20 (M_2, E_4), es decir, la alternativa óptima según el criterio de Wald es la segunda, lanzar el modelo M_2, para lo cual pesó más el segmento E_4.

Criterio Maximax

Es un criterio de decisión para un comportamiento optimista o arriesgado; por ello a cada alternativa le asigna su mejor resultado y de ellos elige el mejor.

$$A_i \rightarrow \underset{j}{\text{Máx}}\, r_{ij} = M_i$$

$$A^* \rightarrow \underset{i}{\text{Máx}}\left(\underset{j}{\text{Máx}}\, r_{ij}\right) = \underset{i}{\text{Máx}}\,(M_i)$$

Así:

$$A_1 \rightarrow \underset{j}{\text{Máx}}\, r_{ij} = \text{Máx}\,\{24, 19, 20, 16\} = 24$$

$$A_2 \rightarrow \underset{j}{\text{Máx}}\, r_{ij} = \text{Máx}\,\{22, 22, 23, 20\} = 23$$

$$A_3 \rightarrow \underset{j}{\text{Máx}}\, r_{ij} = \text{Máx}\,\{23, 23, 21, 15\} = 23$$

$$A_4 \rightarrow \underset{j}{\text{Máx}}\, r_{ij} = \text{Máx}\,\{25, 24, 18, 14\} = 25$$

Como $\underset{i}{\text{Máx}}\left(\underset{j}{\text{Máx}}\, r_{ij}\right)$ = Máx {24, 23, 23, 25} = 25 (M_4, E_1), la alternativa elegida, según el criterio *Maximax*, es lanzar el modelo M_4, teniendo en cuenta que la característica que más influye es E_1.

Criterio de Hurwicz

Es un criterio de decisión intermedio entre el de *Wald* y el *Maximax,* en el cual el decisor puede evaluar su grado de pesimismo en un coeficiente al que se denota por α. Con este coeficiente se establece una combinación lineal convexa entre el mejor y el peor resultado para cada alternativa y se elige la mejor, es decir:

$$A_i \rightarrow c_i = \alpha\, m_i + (1-\alpha)\, M_i$$

$$\text{donde } M_i = \underset{j}{\text{Máx}}\, r_{ij} \quad \text{y } m_i = \underset{j}{\text{Mín}}\, r_{ij}$$

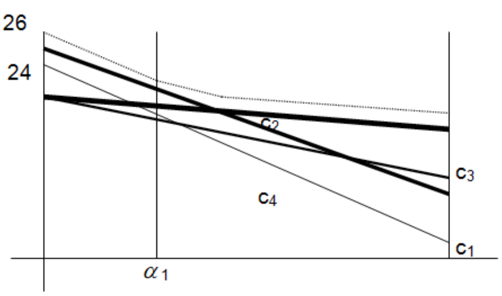
$$A^* \rightarrow \underset{j}{\text{Máx}}\, c_i = \underset{j}{\text{Máx}}\,\{\alpha\, m_i + (1-\alpha)\, M_i\}$$

Así pues, para cada alternativa elegimos el mejor y el peor resultado y establecemos la combinación lineal convexa entre ambos, lo que expresamos en la siguiente tabla:

	E_1 E_2 E_3 E_4	m_i	M_i	$c_i\alpha = m_i + (1-\alpha) M_i$
M_1	24 19 20 16	16	24	$C_1 = 16\alpha + 24\,(1-\alpha)$
M_2	22 22 23 20	20	23	$C_2 = 20\alpha + 23\,(1-\alpha)$
M_3	23 23 21 15	15	23	$C_3 = 15\alpha + 23\,(1-\alpha)$
M_4	25 24 18 14	14	25	$C_4 = 14\alpha + 25\,(1-\alpha)$

Como el decisor no expresa de manera concreta su coeficiente de pesimismo, estudiaremos lo que sucede para todos los posibles valores de α ; para ello representaremos gráficamente las combinaciones lineales c_i:

Para valores de $\alpha \in [0,\alpha_1]$ la opción preferida es A_4 y para $\alpha \in [\alpha_1, 1]$ la preferida es A_2; para calcular α_1 intersectamos las rectas $C_4 = C_2$.



Por tanto, como

$c_2 = 20\alpha + 23\,(1-\alpha)$ y

$c_4 = 14\alpha + 25\,(1-\alpha)$ es:

$20\alpha + 23\,(1-\alpha) = 14\alpha + 25\,(1-\alpha)$

$\alpha_1 = 0{,}25$; entonces:

Si $0 \leq \alpha \leq 0{,}25$ la alternativa elegida es A_4, es decir, lanzar el modelo tipo M_4.

Si $\alpha = 0{,}25$ A_2 y A_4 son indiferentes, lo que equivale a lanzar el modelo tipo M_2 o el tipo M_4.

Si $0{,}25 < \alpha \leq 1$ la alternativa elegida es A_2, es decir, lanzar el modelo tipo M_2.

$r_1^* = \underset{i}{\text{Máx}}\ r_{i1} = \text{Máx}\,\{24, 22, 23, 25\};\ r_1^* = 25;$

$r_2^* = \underset{i}{\text{Máx}}\ r_{i2} = \text{Máx}\,\{19, 22, 23, 24\};\ r_2^* = 24;$

$r_3^* = \underset{i}{\text{Máx}}\ r_{i3} = \text{Máx}\,\{10, 23, 21, 18\};\ r_3^* = 23;$

$r_4^* = \underset{i}{\text{Máx}}\ r_{i4} = \text{Máx}\,\{16, 20, 15, 14\};\ r_4^* = 20;$

Criterio de Savage

Es un criterio que mide el costo de oportunidad de la decisión errónea, para ello construye la matriz de arrepentimientos o pesares (r'_{ij}), como la diferencia entre el mejor elemento para cada estado de la naturaleza y el correspondiente elemento de la matriz de utilidades original; una vez construida la matriz, se le aplica el criterio de *Wald,* pero teniendo en cuenta que la matriz es de resultados desfavorables. Por tanto, si denotamos el mejor resultado para cada estado de la naturaleza por $r_j^* = \text{Máx}\ r_{ij}$ con j = 1, ..., 4, cada elemento de la matriz de arrepentimientos es $r'_{ij} = \left| r_j^* - r_{ij} \right|$.

Entonces la matriz de (arrepentimientos) pesares es:

$$S = \begin{pmatrix} r_1^* - r_{11} & r_2^* - r_{12} & r_3^* - r_{13} & r_4^* - r_{14} \\ r_1^* - r_{21} & r_2^* - r_{22} & r_3^* - r_{23} & r_4^* - r_{24} \\ r_1^* - r_{31} & r_2^* - r_{32} & r_3^* - r_{33} & r_4^* - r_{34} \\ r_1^* - r_{41} & r_2^* - r_{42} & r_3^* - r_{43} & r_4^* - r_{44} \end{pmatrix};$$

$$S = \begin{pmatrix} 25-24 & 24-19 & 23-20 & 20-16 \\ 25-22 & 24-22 & 23-23 & 20-20 \\ 25-23 & 24-23 & 23-21 & 20-15 \\ 25-25 & 24-24 & 23-18 & 20-14 \end{pmatrix};$$

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 3 & 4 \\ 3 & 2 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 2 & 5 \\ 0 & 0 & 5 & 6 \end{pmatrix}$$

Aplicando el criterio de *Wald* para resultados desfavorables:

$$A_1 \rightarrow \underset{j}{\text{Máx}}\, r'_{1j} = \text{Máx}\ \{1, 5, 3, 4\} = 5$$

$$A_2 \rightarrow \underset{j}{\text{Máx}}\, r'_{2j} = \text{Máx}\ \{3, 2, 0, 0\} = 3$$

$$A_3 \rightarrow \underset{j}{\text{Máx}}\, r'_{3j} = \text{Máx}\ \{2, 1, 2, 5\} = 5$$

$$A_4 \rightarrow \underset{j}{\text{Máx}}\, r'_{4j} = \text{Máx}\ \{0, 0, 5, 6\} = 6$$

Por tanto,

$$\underset{i}{\text{Mín}}\left(\underset{j}{\text{Máx}}\, r'_{ij}\right) = \text{Mín}\ \{5, 3, 5, 6\} = 3\ (M_2, E_1),$$

Es decir, la alternativa óptima según el criterio de *Savage,* es lanzar el modelo M_2, teniendo en cuenta la influencia de la característica E_1.

Criterio de Laplace

Es un criterio que transforma el problema de incertidumbre presente en uno de riesgo asignándole equiprobabilidad a los estados de la naturaleza y utilizando el criterio del valor medio para resolverlo, es decir,

$$P\ (E_j) = \frac{1}{m} \text{ para todo } j = 1, 2, 3..., m$$

$$M^* \rightarrow \underset{i}{\text{Máx}}\ E\ [M_i]$$

En el caso particular en que nos encontramos las probabilidades de los estados de la naturaleza, son: $P\ (E_1) = P\ (E_2) = P\ (E_3) = P\ (E_4) = 1/4$,

Los resultados esperados para cada una de las alternativas son:

$$E\ [M_1] = \frac{1}{4} * 24 + \frac{1}{4} * 19 + \frac{1}{4} * 20 + \frac{1}{4} * 16$$

$$E\ [M_1] = 19{,}75$$

$$E\ [M_2] = \frac{1}{4} * 22 + \frac{1}{4} * 22 + \frac{1}{4} * 23 + \frac{1}{4} * 20$$

$$E\ [M_2] = 21{,}75$$

$$E\ [M_3] = \frac{1}{4} * 23 + \frac{1}{4} * 23 + \frac{1}{4} * 21 + \frac{1}{4} * 15$$

$$E\ [M_3] = 20{,}5$$

$$E\ [M_4] = \frac{1}{4} * 25 + \frac{1}{4} * 24 + \frac{1}{4} * 18 + \frac{1}{4} * 14$$

$$E\ [M_4] = 20{,}25$$

Teniendo en cuenta que Máx E $[M_i]$ = Máx {19,75; 21,75; 20,5; 20,25} = 21,75; la alternativa óptima, según el criterio de *Laplace,* es lanzar al mercado el modelo M_2.

Programación Lineal

El objetivo primordial de la Programación Lineal es optimizar, lo que significa, maximizar o minimizar funciones lineales en varias variables reales con restricciones, también lineales. Los problemas en Programación Lineal corresponden a situaciones reales en las cuales se pretenden identificar y resolver dificultades para la mayor utilización de recursos limitados y generalmente costosos.

Ejemplo:
La Empresa Gestión Cultural "Manizales" (GECUMA) gestiona dos tipos de proyectos, cada uno varía en el proceso de montaje. El proyecto de lujo requiere de 18 horas de elaboración, 9 horas de montaje y produce una utilidad de 400 u. m. cada uno; el proyecto estándar necesita 3 horas de elaboración, 4 horas de montaje y produce una utilidad de 200 u. m. por proyecto; se dispone de 800 horas para elaboración y 600 horas para montaje cada mes.

Se ha pronosticado que la demanda mensual para los proyectos de lujo no es más de 80 y para los proyectos estándar no es más de 150. La gerencia desea saber el número de proyectos de lujo y de proyectos estándar que debe estar en capacidad de elaborar y montar la empresa para maximizar la utilidad total.

Formule, resuelva e interprete las variables de este problema como un modelo de Programación Lineal.

Solución:

Definición de variables:

X_1: Cantidad de proyectos de lujo a montar mensualmente.

X_2: Número de metros proyectos estándar a elaborar por mes.

Z: Utilidad total.

Modelo (Primal):

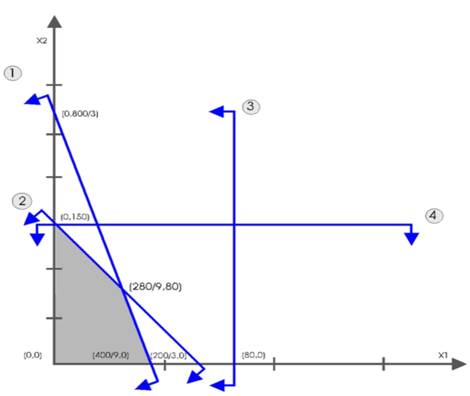
MAX $Z = 400\ X_1 + 200\ X_2$

Sujeta a:

1. $18\ X_1 + 3\ X_2 \leq 800$
2. $9\ X_1 + 4\ X_2 \leq 600$
3. $X_1 \leq 80$
4. $X_2 \leq 150$

$X_1, X_2 \geq 0$

La solución gráfica es:



Solución Óptima Única:

$Z_o(0,0)$	®	0
$Z_A(0,150)$	®	30000
$Z_B(280/9,80)$	®	28444,4
$Z_C(400/9,0)$	®	17777,7

$X_1^* = 0$; $X_2^* = 150$; $Z^* = 30000$

La anterior respuesta nos indica que durante el mes no se deben montar proyectos de lujo ($X_1^* = 0$) y que se deben elaborar en el transcurso del mes 150 proyectos estándar ($X_2^* = 150$), para que la utilidad sea máxima de 30000 u. m. ($Z^* = 30000$).

Decisiones multicriterio y/o análisis multiobjetivo

La mayoría de los autores utilizan los términos *multicriterio* y/o *multiobjetivo* indistintamente. Es importante aclarar que *multicriterio* se emplea cuando los problemas de decisión se presentan con objetivos z_1, z_2, z_3, ... , z_n, con $n \geq 2$, es decir, para datos discretos; y los problemas de decisión *multiobjetivo* se dan cuando los datos son continuos.

Estos métodos también son denominados *Optimización Vectorial* y están basados en criterios explícitos para evaluar varias alternativas. Se utilizan siempre que un grupo de personas debe tomar una decisión importante en la que concurren distintos aspectos, complejos o controvertidos, fundamentalmente en las etapas de selección y evaluación de alternativas. Ejemplo:

Un Gestor Cultural y Comunicativo posee 85 ensambles para la realización de dos actividades: Festival Internacional de Teatro y Festival Nacional de Teatro. El Festival Internacional de Teatro deja un beneficio de 960000 u. m. / proyecto, necesitándose 3 horas / proyecto de uso de equipos de comunicaciones y 80 horas / proyecto de empleo de equipos de eléctricos. El Festival Nacional de Teatro genera una utilidad de 750000 u. m. / proyecto, se requieren 2 horas / proyecto de uso de equipos de comunicaciones y 60 horas / proyecto de utilización de equipos eléctricos. La cooperativa local ha asignado 210 horas de equipos de comunicaciones y 5900 horas de equipos eléctricos.

Supongamos que el Ministerio de Cultura ha decidido, para la temporada del año entrante, planificar el montaje y producción de cada uno de los dos Festivales de Teatro. La distribución es asignada dependiendo del número de ensambles de cada uno de ellos.

A nuestro Gestor le han propuesto, tras un estudio de las características de sus ensambles, manteniendo las disponibilidades de equipos de comunicaciones, equipos eléctricos y trabajando la totalidad de sus montajes, que: primero, dedique a la elaboración del Festival Nacional de Teatro al menos 45 ensambles; y segundo, los ensambles dedicados al Festival Internacional de Teatro no pueden ser superiores a 30.

Plantear y resolver el problema de Programación por Metas que se genera.

Solución:

Variables de decisión:

X_1: Cantidad de ensambles que el Gestor dedica al Festival Internacional de Teatro.

X_2: Número de ensambles que el Gestor dedica Festival Nacional de Teatro.

Modelo:

Restricciones de equipos de comunicaciones, equipos eléctricos y totalidad de los ensambles:

MAX $Z = 960000\ X_1 + 750000\ X_2$

Con sus restricciones:

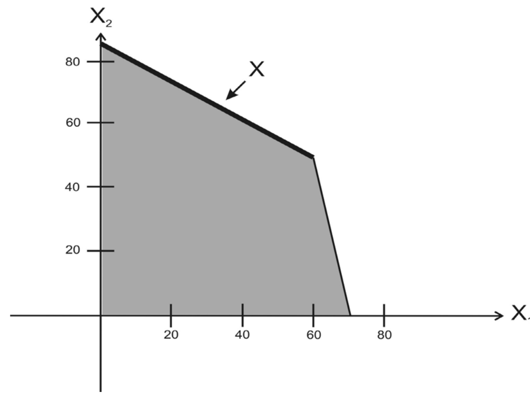
$3\ X_1 + 2\ X_2 \leq 210$

$80\ X_1 + 60\ X_2 \leq 5900$

$X_1 + X_2 \leq 85$

$X_1, X_2 \geq 0$

El conjunto de oportunidades es:



Primero, se impone que se dedique al Festival Nacional de Teatro al menos 45 ensambles, por tanto, la meta es: $x_2 \geq 45$, que se transforma en $x_2 + n_1 - p_1 = 45$. La función de realización correspondiente a este primer nivel de prioridad sería: $h_1(n_1, p_1) = n_1$.

Segundo, impone que el Festival Internacional de Teatro no puede superar los 30 ensambles, luego $x_1 \leq 30$, entonces, $x_1 + n_2 - p_2 = 30$ y $h_2(n_2, p_2) = p_2$.

Con estas condiciones, el problema de programación por metas resultante es:

LEX MIN (n_1, p_2)

Sujeta a:

$3\ X_1 + 2\ X_2 \leq 210$

$80\ X_1 + 60\ X_2 \leq 5900$

$X_1 + X_2 \leq 85$

$X_2 + n_1 - p_1 = 45$

$X_1 + n_2 - p_2 = 30$

$X_1, X_2, n_1, n_2, p_1, p_2 \geq 0$

Nivel 1:
MIN n_1

Sujeta a:

$3X_1 + 2X_2 \leq 210$
$80X_1 + 60X_2 \leq 5900$
$X_1 + X_2 \leq 85$
$X_2 + n_1 - p_1 = 45$
$X_1, X_2, n_1, p_1 \geq 0$

Aplicando el Programa *LINDO Release 9.0* para Programación Lineal obtenemos:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0
(OBJECTIVE FUNCTION VALUE 1) 0

Variable Value Reduced cost

N1 0.000000 1.000000

X_1 0.000000 .000000

X_2 85.000000 .000000

P1 40.000000 .000000

NO. ITERATIONS= 0

Como el valor de $n_1 = 0$, obtenemos que se ha verificado la primera meta y pasamos al segundo nivel.

Gráficamente:

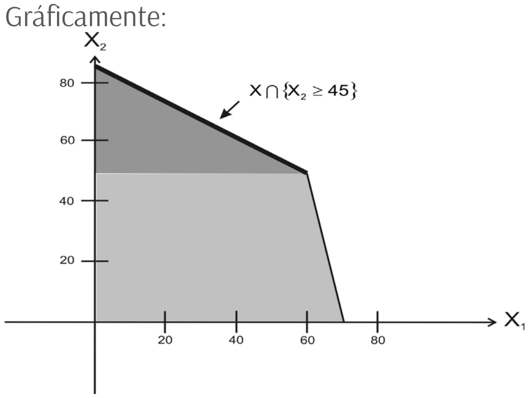


Figura No. 2

Nivel 2:
MIN p_2

Sujeta a:

$3X_1 + 2X_2 \leq 210$
$80X_1 + 60X_2 \leq 5900$
$X_1 + X_2 \leq 85$
$X_2 + n_1 - p_1 = 45$
$n_1 = 0$
$X_1 + n_2 - p_2 = 30$
$X_1, X_2, n_1, n_2, p_1, p_2 \geq 0$

Aplicando el Programa *LINDO Release 9.0* para Programación Lineal obtenemos:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0
(OBJECTIVE FUNCTION VALUE 1) 0

Variable Value Reduced cost

P2	0.000000	1.000000
X_1	0.000000	.000000
X_2	85.000000	.000000
P1	40.000000	.000000
N2	30.000000	.000000

NO. ITERATIONS= 0

De esta forma, el Gestor dedica al Festival Nacional de Teatro los 85 ensambles, superando la meta en 40 ensambles y no elabora ensambles para el Festival Internacional de Teatro. Con esta combinación satisface las metas impuestas por el Ministerio de Cultura.

Gráficamente, el conjunto de soluciones satisfactorias sería:

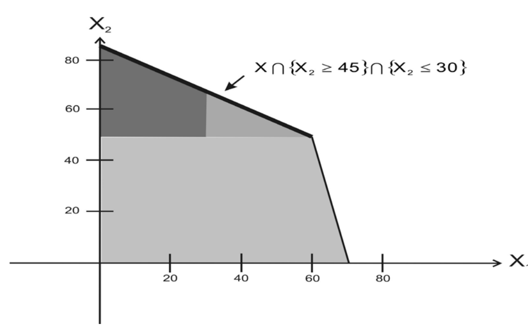


Figura No. 3

Teoría de Juegos

En esencia, es una técnica para tomar decisiones en situaciones de conflicto sobre la base de la construcción de una matriz formal, que permite comprender el conflicto y sus posibles soluciones. Su aplicación es apropiada para problemas donde quienes toman las decisiones no poseen un control completo de los factores que influyen en el resultado; aunque se presenta la autoridad y las determinaciones mutuas en las actuaciones recíprocas de los individuos u organizaciones sociales involucrados.

- Consideremos un juego que tiene la siguiente matriz de pagos:

	II			
I		1	2	3
	1	2	1	4
	2	2	0	1

¿Qué estrategia deberá jugar el jugador "I"?. La respuesta evidente es la estrategia "1", puesto que esta "DOMINA" a la estrategia "2", independiente de lo que haga el contendor.

Similarmente, el jugador "II" descartará automáticamente su estrategia "3", puesto que esta está dominada por otra estrategia, la "2", que tiene pagos menores al jugador "I".

Puesto que asumimos que ambos jugadores son racionales, el jugador "II" rápidamente podrá concluir que el jugador "I" jugará la estrategia "1", y entonces él (el "II") jugará la estrategia "2", buscando minimizar sus pérdidas.
Así, el jugador "I" recibirá siempre un pago de "1" del jugador "II"; entonces, se dice que el valor de este juego es "1". Sí el pago es en pesos, el jugador "I" pagaría "1 u. m." al jugador "II" para tener un JUEGO.

Un concepto muy útil es "Estrategia dominada", en tanto sirve para reducir el tamaño de la tabla de pagos. Y en algunos casos, como el tratado, sirve para identificar la SOLUCIÓN ÓPTIMA DEL JUEGO JUSTO.

Conclusiones

Las técnicas que se presentan en este trabajo, ilustran las diversas maneras de llegar a la decisión óptima por personas dedicadas a la toma de decisiones. Se pretende que cuando se necesiten tomar decisiones que afecten empresas, puedan aplicarse estos métodos que poseen técnicas que soportan la decisión; evitando que se haga al azar.

En los modelos de incertidumbre, a pesar de ser de tipo optimista, otros de corte pesimista y otros intermedios, observamos que las soluciones en general no se salen de los modelos M_2 y $M_{4,}$ y las características que más influencian la decisión son E_1 y E_4.

En esta medida, la toma de decisiones debe tener en cuenta algunas variables sobre las cuales el decisor no tiene ningún control, pero que pueden ser estimadas si se les asigna una determinada probabilidad.

Es de considerarse además, que las personas encargadas de la toma de decisiones son racionales que intentan ser cada vez más proactivas en esta tarea, y que lo serán en la medida en que estas herramientas sean utilizadas oportunamente visionando una dirección más acertada en esta responsable tarea.

Se debe considerar la importancia de aplicar métodos de decisión, lo cual permite contar con un proceso sistemático, consistente y conciso, lo que resultará en la toma de mejores decisiones.

Trabajos futuros

Es de advertir que en el campo cultural, como en muchos otros, es factible la utilización de estos y de otros modelos, teniendo en cuenta que dependiendo del trabajo, se pueden utilizar modelos con certidumbre, con incertidumbre, con riesgo, con o sin experimentación, entre otros.

Referencias

Accinelli, E. (2009). *Introducción a la Optimización No Lineal*. México: Editorial Reverté – Sociedad Matemática Mexicana .

Anderson, D.; Sweeney, D. & William, T. (2003). *A introduction to Management Science Quantitative Aproeches to Decision Making*. New York: Thomson.

Dantizig, G. & Thapa, N. (1997). *Linear Programming*. Stanford: Springer.

Dixit, K. y Nalebuff, B. (2010). *El Arte de la Estrategia*. Barcelona: Editorial Antoni Bosch.

Edgar, T.; Himmelblau, D. & Lasdon, L. (2001). *Optimization of Chemical Processes*. McGraw-Hill.

Hillier, F. y Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. México: McGraw-Hill.

Jiménez Lozano, G. (2009). *Optimización*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Departamento de Informática y Computación.

Jiménez Lozano, G. y Quesada Ibargüen, V. (2006). *Cien Problemas de Programación Lineal*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Departamento de Informática y Computación.

Krasnov, M.L..; Kiseliov, A.I.; Makárenko, G. I.; Shikin, I.V. y Zaliapin, V.I. (2004). *Curso de Matemáticas Superiores: Estadística Matemática / Teoría de Juegos*. Tomo 8. Moscú: Editorial URSS.

Luenberger, D. (1984). *Linear and Nonlinear Programming*. United States of America: Addison – Wesley Publishing Company.

Martín Martín, Q.; Santos Martín, M.T. y De Paz Santana, Y. (2005). *Investigación Operativa*. Madrid: Pearson Prentice Hall.

Monsalve Gómez, S. y Arévalo, J. (2005). *Un Curso de Teoría de Juegos Clásica*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

Mora Escobar, H.M. (2009). *Temas de Optimización*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Departamento de Matemáticas.

Owen, G. (1995). *Game Theory*. U.S.A.: Academic Press.

Pereira Dos Santos, M. (2003). *Pesquisa Operacional*. Río de Janerio: Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Rao Singiresu, S. (1996). *Engineering Optimization*. U.S.A.: John Wiley & Sons, Inc.

Rios García, S.; Ríos Insua, S. y Ríos Insua, M. (1989). *Procesos de Decisión Multicriterio*. Madrid: EUDEMA Universidad.

Taha Hamdy, A. (2012). *Investigación de Operaciones*. México: Pearson. Always Learning.

Vázquez Rodríguez, A. y Espinosa Paredes, G. (2009). *Fundamentos de Programación No Lineal*. México: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

Wagner, H.M. (1975). Principles of Operations Research With Applications to Managerial Decisions. U.S.A.: Prentice Hall.

Winston, W.L. (2004). *Investigación de Operaciones*. México:Thomson.