

UNIDAD  
DIDÁCTICA

# 1

## INTRODUCCIÓN A LA TOMA DE DECISIONES. CRITERIOS DE DECISIÓN EN AMBIENTES DE INCERTIDUMBRE

### OBJETIVOS DE LA UNIDAD

1. Introducción a la toma de decisiones
2. Ambientes de decisión
  - 2.1. Decisión en ambientes de certeza
  - 2.2. Decisión en ambientes de riesgo
  - 2.3. Decisión en ambientes de incertidumbre
3. Criterios de decisión en ambientes de incertidumbre
  - 3.1. Introducción
  - 3.2. Caso práctico modelo
  - 3.3. Criterio de Laplace
  - 3.4. Criterio optimista
  - 3.5. Criterio pesimista o de Wald
  - 3.6. Criterio de Hurwicz
  - 3.7. Criterio de Savage
  - 3.8. Cuadro-resumen de los resultados
4. Conclusiones

### CONCEPTOS BÁSICOS A RETENER

### ACTIVIDADES DE AUTOCOMPROBACIÓN

### EJERCICIOS VOLUNTARIOS

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## OBJETIVOS DE LA UNIDAD

En esta Unidad didáctica vamos a introducirnos en las distintas aproximaciones que existen para la toma de decisiones en la empresa. En función de la información que hay disponible, se pueden encontrar varios ambientes de decisión:

- **Con certeza.** En este caso, el decisor conoce de antemano el escenario en el que va a estar enclavado el problema que trata de solucionar, así como las distintas alternativas.
- **Con riesgo.** El decisor conoce todas sus alternativas, así como los posibles escenarios que se puede encontrar, con sus probabilidades asociadas.
- **Con incertidumbre.** Al decisor le falta información.

Esta Unidad se va a centrar principalmente en los criterios de decisión en ambientes de incertidumbre estructurada, en la cual se saben todos los posibles escenarios, pero se desconoce la probabilidad asociada a cada uno de ellos. Los métodos que se van a estudiar son los siguientes:

- **Criterio de Laplace.** Da las mismas probabilidades a cada escenario.
- **Criterio optimista.** El decisor va a esperar el mejor resultado posible de cada una de las alternativas.
- **Criterio pesimista o de Wald.** Se piensa en el peor escenario posible para el decisor.
- **Criterio de Hurwicz.** Busca una postura intermedia entre el optimista y el pesimista.
- **Criterio de Savage.** Analiza las posibles pérdidas por no tomar una decisión con ayuda de la matriz de costes de oportunidad.

## 1. INTRODUCCIÓN A LA TOMA DE DECISIONES

Uno de los aspectos más importantes en una empresa es la toma de decisiones en la misma. Para tomar una decisión, el decisor se encontrará con que tiene una serie posible de alternativas que puede elegir, y habrá unos posibles escenarios en los que debe desenvolverse. Los escenarios suelen ser ajenos al decisor y normalmente son conocidos. Por ejemplo, en la simple decisión de si debo comprar un paraguas hoy, están, entre otros, los escenarios de si hoy va a llover o no. A los escenarios también se los conoce por **estados de la naturaleza**.

La información de la que dispone el decisor es fundamental de cara a que pueda tomar una buena decisión.

## 2. AMBIENTES DE DECISIÓN

Pérez Gorostegui formuló que, dependiendo del tipo de problema que haya que resolver, se pueden encontrar varios ambientes de decisión, en función de la información que hay disponible:

- Con certeza.
- Con riesgo.
- Con incertidumbre.

A continuación se va a dar una breve explicación de cada uno de ellos.

### 2.1. DECISIÓN EN AMBIENTES DE CERTEZA

Este tipo de decisiones también son conocidas como **decisiones bajo certidumbre**. En este caso el decisor conoce de antemano el escenario en el que va a estar enclavado el problema que trata de solucionar, así como las distintas alternativas.

Los criterios de decisión más utilizados en ambientes de certeza son:

- Programación lineal.
- Teoría de juegos.
- AHP (*analytic hierarchy process* o proceso analítico jerárquico).
- Ponderación normalizada.
- Arrow-Raynaud.
- ELECTRE.
- Programación por metas.

Algunos de ellos se analizarán en Unidades posteriores.

## 2.2. DECISIÓN EN AMBIENTES DE RIESGO

En esta situación el decisor conoce todas sus alternativas, así como los posibles escenarios que se puede encontrar, con sus probabilidades asociadas. La decisión la tomará en función de esas probabilidades. Como ejemplo de criterio de decisión en ambientes de riesgo están los árboles de decisión, que se verán con profusión en Unidades posteriores.

## 2.3. DECISIÓN EN AMBIENTES DE INCERTIDUMBRE

En este caso al decisor le falta información. En función del tipo de información que no tenga se tendrá:

- **Incertidumbre estructurada.** Se saben todos los posibles escenarios, pero se desconoce la probabilidad asociada a cada uno de ellos.
- **Incertidumbre no estructurada.** Es cuando no se conocen ni siquiera los posibles escenarios que pueden acontecer para tomar la decisión.

Esta Unidad se va a centrar principalmente en los criterios de decisión en ambientes de incertidumbre estructurada, que se verán a continuación:

- Criterio de Laplace.
- Criterio optimista.

- Criterio pesimista o de Wald.
- Criterio de Hurwicz.
- Criterio de Savage.

### 3. CRITERIOS DE DECISIÓN EN AMBIENTES DE INCERTIDUMBRE

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

Todos los criterios de decisión que se van a ver a continuación tienen en común una serie de factores:

- Se va a utilizar la llamada **matriz de decisiones**. Esta matriz informa, para cada posible alternativa y escenario, del valor que se espera obtener:

	Escenario 1	Escenario 2	...	Escenario p
Alternativa 1	Valor <sub>11</sub>	Valor <sub>12</sub>	...	Valor <sub>1p</sub>
Alternativa 2	Valor <sub>21</sub>	Valor <sub>22</sub>	...	Valor <sub>2p</sub>
...	...	...	...	...
Alternativa n	Valor <sub>n1</sub>	Valor <sub>n2</sub>	...	Valor <sub>np</sub>

- Se va a denotar como  $m_i$  al mínimo valor de la alternativa  $i$ .
- Se va a denotar como  $M_i$  al máximo valor de la alternativa  $i$ .

A continuación vamos a explicar cada uno de estos criterios de decisión tomando como base el siguiente caso práctico.

#### 3.2. CASO PRÁCTICO MODELO

Una empresa está pendiente de saber si le han adjudicado un concurso empresarial que reportaría unos beneficios de 3 millones de euros a la compañía, pero que requiere la ampliación de sus instalaciones, así como la compra de equipos, que implica un desembolso

de 1,2 millones de euros. No se conocen las probabilidades de que finalmente le adjudiquen el concurso, pero, en caso de ser adjudicado, debería comenzarlo inmediatamente, lo que implica que debería tener ya realizada la ampliación y compra de equipos en el momento de la adjudicación, ya que de hacerlo posteriormente tendría una penalización (estimada en 0,5 millones de €) debido a que no podría realizarlo en plazo.

La decisión que debe tomar la empresa es si realizar la ampliación con anticipación o esperar a conocer si ha ganado el concurso para hacer la ampliación o no. Lo primero que hay que realizar es determinar la matriz de decisión asociada a este problema de decisión. Se tienen dos posibles alternativas:

- Ampliación de las instalaciones ahora.
- Esperar a que salga el resultado del concurso empresarial.

En caso de decidir hacer ya la ampliación, si se gana el concurso, se tendrá un valor esperado de 3 millones de euros por el concurso menos la inversión necesaria, que es de 1,2 millones de euros. Pero en el caso de no ganar el concurso se tendrá un valor esperado negativo, correspondiente a la inversión realizada. Si se decide de momento esperar y, finalmente, se gana el concurso, se estima una penalización de 0,5 millones de euros. En caso de no ganar el concurso no habría ganancias ni pérdidas.

Con todo esto, la matriz de decisión quedará:

	Concurso ganado	Concurso perdido
Ampliación .....	$3 - 1,2 = 1,8$	- 1,2
Esperar .....	$3 - 1,2 - 0,5 = 1,3$	0

A partir de esta matriz de decisión ya se pueden aplicar los distintos criterios, que a continuación se van a exponer.

### 3.3. CRITERIO DE LAPLACE

En este criterio se presupone que todos los posibles escenarios tienen las mismas probabilidades de ocurrir. Por tanto, para obtener el valor esperado de cada alternativa, se hace la media aritmética de los valores de los distintos escenarios.

	Concurso ganado	Concurso perdido	Valor esperado (millones de €)
Ampliación .....	1,8	- 1,2	0,3
Esperar .....	1,3	0	0,65

Por tanto, según este criterio la mejor opción es esperar, ya que da un valor esperado medio de 0,65 millones de euros.

### 3.4. CRITERIO OPTIMISTA

Este criterio se basa en pensar de la manera más optimista posible, y el decisor va a esperar el mejor resultado posible de cada una de las alternativas. Se elegirá aquella que sea más favorable.

Este tipo de aproximación se conoce como **maximax**, ya que se elige el máximo de los máximos.

Para el ejemplo planteado la solución sería:

	Concurso ganado	Concurso perdido	Valor esperado (millones de €) Mi
Ampliación .....	1,8	- 1,2	1,8
Esperar .....	1,3	0	1,3

La mejor opción según este criterio será realizar ya la ampliación, ya que, si todo va bien, se tendría un valor esperado de 1,8 millones de euros.

### 3.5. CRITERIO PESIMISTA O DE WALD

Este criterio se basa en la premisa de buscar la decisión pensando en el peor escenario posible para el decisor. En este caso se analizarán todas las posibles alternati-

vas, esperando el peor resultado posible en cada una de ellas, y se elegirá aquella que sea más favorable.

Este tipo de aproximación se conoce como **maximin**, es decir, el máximo de los mínimos.

Para el ejemplo planteado la solución sería:

	Concurso ganado	Concurso perdido	Valor esperado (millones de €) mi
Ampliación .....	1,8	- 1,2	- 1,2
Esperar .....	1,3	0	0

Según el criterio de Wald la mejor opción es esperar, ya que, en el peor de los casos, tendría un valor esperado de 0, mientras que el hecho de realizar la ampliación ahora podría acarrear un valor esperado negativo de 1,2 millones de euros.

### 3.6. CRITERIO DE HURWICZ

Lo desarrolló el Premio Nobel, matemático y economista Leonid Hurwicz (1917-2008). Este es un criterio que toma una postura intermedia entre el optimista y el pesimista. Se basa en que el decisor puede determinar su **propia propensión al riesgo** con ayuda de un coeficiente  $\alpha$  llamado **coeficiente psicológico**. Para ello define la siguiente función para una alternativa  $i$ :

$$f_i(\alpha) = m_i \cdot \alpha + M_i \cdot (1 - \alpha)$$

Siendo:

$m_i$  = Mínimo valor de la alternativa  $i$ .

$M_i$  = Máximo valor de la alternativa  $i$ .

Cuando  $\alpha$  es igual a 0, equivale al criterio optimista, mientras que cuando  $\alpha$  es igual a 1 equivale al pesimista. Si el decisor tiene tendencia al riesgo,  $\alpha$  será cercano a 0, mientras que si tiene aversión al riesgo,  $\alpha$  estará cerca del 1.

Para el ejemplo planteado se tendrá:

	Concurso ganado	Concurso perdido	Optimista Mi	Pesimista mi
Ampliación ...	1,8	- 1,2	1,8	- 1,2
Esperar .....	1,3	0	1,3	0

Las función utilizada para cada alternativa será:

$$f_1(\alpha) = mi \cdot \alpha + Mi \cdot (1 - \alpha) = -1,2\alpha + 1,8(1 - \alpha) = 1,8 - 3\alpha$$

$$f_2(\alpha) = mi \cdot \alpha + Mi \cdot (1 - \alpha) = 0\alpha + 1,3(1 - \alpha) = 1,3 - 1,3\alpha$$

Quedando:

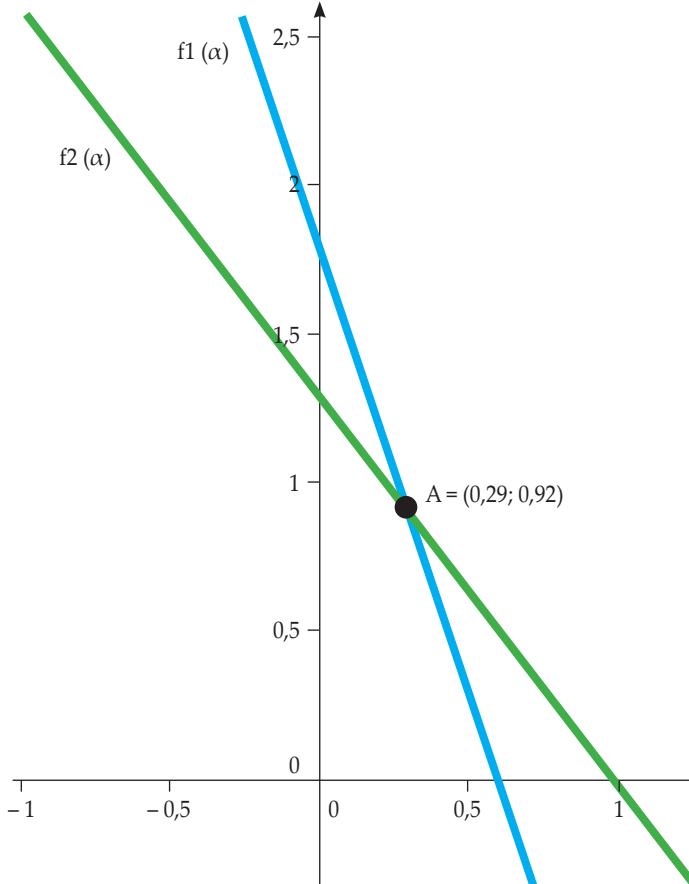
	Concurso ganado	Concurso perdido	Optimista Mi	Pesimista mi	Hurwicz $mi \cdot \alpha + Mi \cdot (1 - \alpha)$
Ampliación	1,8	- 1,2	1,8	- 1,2	$1,8 - 3\alpha$
Esperar .....	1,3	0	1,3	0	$1,3 - 1,3\alpha$

Ahora habrá que representar gráficamente estas funciones, siendo los valores de  $\alpha$  que interesan entre 0 y 1. A partir de esta representación se va a decidir en función de los valores de  $\alpha$  qué alternativa es la mejor. Se seleccionará siempre aquella que se encuentre por encima en la gráfica.

El punto de corte de ambas rectas ocurre para  $\alpha = 0,29$ . Como interesa la opción que tenga un mayor valor:

- Para valores de  $\alpha$  entre 0 y 0,29 interesa la alternativa de ampliación, ya que es la recta que está por encima.
- Para  $\alpha = 0,29$ , las dos alternativas serían igualmente válidas.
- Para valores de  $\alpha$  superiores a 0,29, interesa esperar, ya que es la recta que se encuentra por encima.

Figura 1. Representación gráfica del criterio de Hurwicz para el caso práctico modelo



### 3.7. CRITERIO DE SAVAGE

Este criterio fue ideado por el matemático Leonard Jimmie Savage (1917-1971). Se basa en analizar las posibles pérdidas por no tomar una decisión. Para ello, a partir de la matriz de decisión, se va a obtener la **matriz de pérdidas**, también llamada **de costes de oportunidad**. Cada elemento de esta matriz se obtiene restando al máximo de su

columna el valor de la celda correspondiente de la matriz de decisión. Este valor refleja lo que se ha dejado de ganar por elegir esta alternativa. De cada alternativa se escogerá el mayor valor, y aquella alternativa con menores pérdidas será la elegida. El decisor sigue el criterio del **minimax**, es decir, se seleccionará el mínimo de los máximos.

Para el caso práctico planteado, la matriz de decisión era:

	Concurso ganado	Concurso perdido
Ampliación .....	1,8	-1,2
Esperar .....	1,3	0
Máximo .....	1,8	0

Restando al máximo de su columna el valor de la celda correspondiente de la matriz de decisión, se tiene la matriz de pérdidas:

	Concurso ganado	Concurso perdido	Coste de oportunidad Mi
Ampliación .....	1,8 - 1,8 = 0	0 - (-1,2) = 1,2	1,2
Esperar .....	1,8 - 1,3 = 0,5	0 - 0 = 0	0,5

La elección será esperar, ya que su coste de oportunidad es el menor.

### 3.8. CUADRO-RESUMEN DE LOS RESULTADOS

Veamos un resumen de los resultados:

Método	Decisión
Laplace .....	Esperar
Criterio optimista .....	Ampliación
	.../...

Método	Decisión
.../...	
Criterio pesimista o de Wald	Esperar
Criterio de Hurwicz .....	Cuando se es más optimista, es decir para valores pequeños de $\alpha$ interesa la alternativa de ampliación. Para valores de $\alpha$ superiores a 0,29, interesa esperar
Criterio de Savage .....	Esperar

### EJEMPLO 1

Dada la siguiente situación, donde un decisor tiene tres posibles alternativas, así como tres posibles escenarios de acción, y donde se tiene la siguiente matriz de decisión:

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Alternativa 1	15	5	-5
Alternativa 2	10	8	6
Alternativa 3	20	0	-8

¿Qué decisión se debería tomar siguiendo los criterios vistos anteriormente?

### Solución

#### Criterio de Laplace

En este criterio se presupone que todos los posibles escenarios tienen las mismas probabilidades de ocurrir.

.../...

.../...

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Valor esperado
Alternativa 1	15	5	-5	$(15 + 5 - 5)/3 = 5$
Alternativa 2	10	8	6	$(10 + 8 + 6)/3 = 8$
Alternativa 3	20	0	-8	$(20 + 0 - 8)/3 = 4$

La alternativa elegida sería la que tiene un mayor valor esperado, la alternativa 2.

### Criterio optimista

Recordamos que este criterio se basa en pensar que el decisor va a esperar el mejor resultado posible de cada una de las alternativas. Se elegirá aquella que sea más favorable, según el maximax.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Valor esperado
Alternativa 1	15	5	-5	15
Alternativa 2	10	8	6	10
Alternativa 3	20	0	-8	20

Según este criterio, la mejor alternativa es la 3.

### Criterio pesimista o de Wald

En este caso se analizarán todas las posibles alternativas, esperando el peor resultado posible en cada una de ellas, y se elegirá aquella que sea más favorable. Se persigue el maximin.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Valor esperado
Alternativa 1	15	5	-5	-5
Alternativa 2	10	8	6	6
Alternativa 3	20	0	-8	-8

La mejor alternativa será la 2.

.../...

.../...

**Criterio de Hurwicz**

Hay que obtener para cada alternativa  $i$ :

$$f_i(\alpha) = m_i \cdot \alpha + M_i \cdot (1 - \alpha)$$

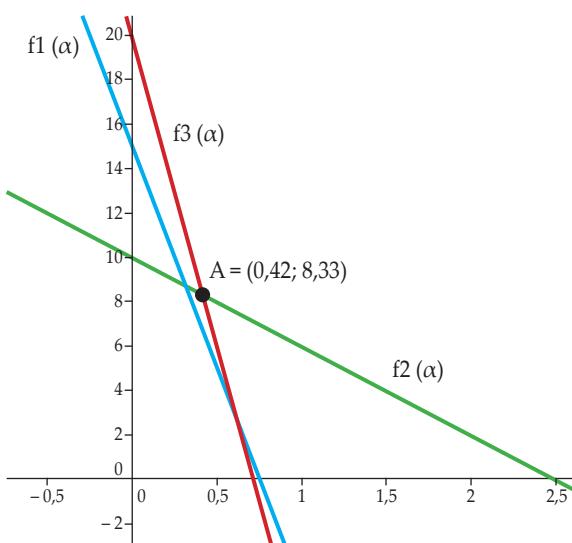
$$f_1(\alpha) = m_i \cdot \alpha + M_i \cdot (1 - \alpha) = -5\alpha + 15(1 - \alpha) = 15 - 20\alpha$$

$$f_2(\alpha) = m_i \cdot \alpha + M_i \cdot (1 - \alpha) = 6\alpha + 10(1 - \alpha) = 10 - 4\alpha$$

$$f_3(\alpha) = m_i \cdot \alpha + M_i \cdot (1 - \alpha) = -8\alpha + 20(1 - \alpha) = 20 - 28\alpha$$

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Optimista Mi	Pesimista mi	Hurwicz
Alternativa 1	15	5	-5	15	-5	$-5\alpha + 15(1 - \alpha) = 15 - 20\alpha$
Alternativa 2	10	8	6	10	6	$6\alpha + 10(1 - \alpha) = 10 - 4\alpha$
Alternativa 3	20	0	-8	20	-8	$-8\alpha + 20(1 - \alpha) = 20 - 28\alpha$

Figura 2. Representación gráfica del criterio de Hurwicz para el ejemplo 1



.../...

.../...

En función de los valores de  $\alpha$ , se elegirá siempre la recta que se encuentre por encima en la gráfica:

- Para valores de  $\alpha$  entre 0 y 0,42, interesa la tercera alternativa.
- Para  $\alpha = 0,42$  se podrá elegir indistintamente tanto la tercera como la segunda alternativa.
- Para valores de  $\alpha$  mayores de 0,42 se elegirá la segunda alternativa.

### Criterio de Savage

A partir de la matriz de decisión se va a obtener la matriz de pérdidas, también llamada de «costes de oportunidad». Esta matriz se obtiene restando al máximo de su columna el valor de la celda correspondiente de la matriz de decisión. De cada alternativa se escogerá el mayor valor, y aquella alternativa con menores pérdidas será la elegida.

El decisor sigue el criterio del minimax, es decir, se seleccionará el mínimo de los máximos.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Alternativa 1	15	5	-5
Alternativa 2	10	8	6
Alternativa 3	20	0	-8
Máximo	20	8	6

La matriz de pérdidas será:

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Coste de oportunidad Mi
Alternativa 1	$20 - 15 = 5$	$8 - 5 = 3$	$6 - (-5) = 11$	11
Alternativa 2	$20 - 10 = 10$	$8 - 8 = 0$	$6 - 6 = 0$	10
Alternativa 3	$20 - 20 = 0$	$8 - 0 = 8$	$6 - (-8) = 14$	14

La opción elegida será la alternativa 2, que es la que proporciona un menor coste de oportunidad.

## 4. CONCLUSIONES

En vista de todo lo expuesto se puede observar que no es trivial el tomar una decisión en un sentido o en otro y que hay múltiples factores que pueden influir en ambiente de incertidumbre.

En primer lugar, hay que lograr determinar todos los escenarios o estados de la naturaleza posibles. En ocasiones esta es una tarea trivial, pero otras veces es realmente difícil poder determinarlos. Una vez conocidos los distintos escenarios, hay que establecer las posibles alternativas o rumbos de acción, así como los pagos esperados para cada uno de ellos, de cara a obtener la matriz de pagos. En este momento ya se podrán aplicar los distintos métodos de toma de decisiones. A continuación se muestra un cuadro-resumen de los mismos:

Método	Descripción	Criterio utilizado
Laplace .....	Da las mismas probabilidades a cada escenario	Media aritmética
Criterio optimista .....	El decisor va a esperar el mejor resultado posible de cada una de las alternativas	Maximax
Criterio pesimista o de Wald	Se piensa en el peor escenario posible para el decisor	Maximin
Criterio de Hurwicz .....	Busca una postura intermedia entre el optimista y el pesimista	$f_i(\alpha) = m_i \cdot \alpha + M_i \cdot (1 - \alpha)$
Criterio de Savage .....	Analiza las posibles pérdidas por no tomar una decisión con ayuda de la matriz de costes de oportunidad	Minimax

Se ve que la predisposición del decisor hacia ser optimista o pesimista con respecto a los resultados de una decisión es un aspecto muy importante. Como se observa, se pueden obtener soluciones distintas según el método que se aplique, aunque dentro de la tendencia que marque el decisor. Solo cuando se sepa el verdadero escenario de acción se podrá determinar la bondad de la alternativa seleccionada.



## CONCEPTOS BÁSICOS A RETENER

- Alternativa.
- Coeficiente psicológico.
- Criterio de Hurwicz.
- Criterio de Laplace.
- Criterio de Savage.
- Criterio optimista.
- Criterio pesimista o de Wald.
- Decisiones bajo certidumbre.
- Decisión en ambientes de certeza.
- Decisión en ambientes de incertidumbre.
- Decisión en ambientes de riesgo.
- Escenario.
- Incertidumbre estructurada.
- Incertidumbre no estructurada.
- Matriz de costes de oportunidad.
- Matriz de decisiones.
- Matriz de pérdidas.
- Maximax.
- Maximin.
- Minimax.



## ACTIVIDADES DE AUTOCOMPROBACIÓN

A partir del contenido de la presente Unidad didáctica, se propone la realización de las siguientes actividades de autocomprobación por parte del alumno, como ejercicio general de repaso y asimilación de la información básica proporcionada por el texto.

### Enunciado 1

¿Cuáles son los criterios de decisión más utilizados en ambientes de certeza?

### Enunciado 2

¿Cuáles son los criterios de decisión más utilizados en ambientes de incertidumbre estructurada? ¿En qué consisten?

### Enunciado 3. Caso práctico de planificación de la producción

Una empresa fabricante va a sacar un nuevo producto al mercado y debe decidir cuál va a ser su producción para el primer mes del año. Su capacidad práctica de producción mensual es de 1.000 unidades. Se han establecido tres posibles escenarios de producción:

- Producir al 50 % de su capacidad práctica: 500 unidades/mes.
- Producir al 75 % de su capacidad práctica: 750 unidades/mes.
- Producir al 100 % de su capacidad práctica: 1.000 unidades/mes.

Una cadena de hipermercados se ha comprometido a distribuir estos productos, pero su cantidad dependerá de las reservas que reciban por parte de los clientes:

- Se comprometen a hacerse cargo de un mínimo de 300 unidades.
- Si las reservas son como mínimo de 400 unidades, se comprometen a hacerse cargo de 500 unidades.

- Si las reservas son como mínimo de 600 unidades, se comprometen a hacerse cargo de 750 unidades.
- Si las reservas son como mínimo de 800 unidades, se comprometen a hacerse cargo de 1.000 unidades.

El beneficio que se obtiene por cada producto comercializado por la cadena de hipermercados es de 50 euros. El coste asociado a una unidad producida y que no comercializa la cadena de hipermercados ese mes es de 5 euros.

¿Qué producción se debe planificar para el primer mes?

## Solución 1

- Programación lineal.
- Teoría de juegos.
- AHP (proceso analítico jerárquico).
- Ponderación normalizada.
- Arrow-Raynaud.
- ELECTRE.
- Programación por metas.

## Solución 2

- **Criterio de Laplace.** Da las mismas probabilidades a cada escenario.
- **Criterio optimista.** El decisor va a esperar el mejor resultado posible de cada una de las alternativas. Utiliza el maximax.
- **Criterio pesimista o de Wald.** Se piensa en el peor escenario posible para el decisor. Usa el maximin.
- **Criterio de Hurwicz.** Busca una postura intermedia entre el optimista y el pesimista.
- **Criterio de Savage.** Analiza las posibles pérdidas por no tomar una decisión con ayuda de la matriz de costes de oportunidad.

## Solución 3

Vamos a ir obteniendo cada una de las casuísticas:

- Para una producción de 500 unidades y unas reservas menores de 400: se van a enviar al hipermercado 300 unidades.
  - Ingresos por comercialización:  $300 \cdot 50 = 15.000$  euros.
  - Costes de unidades no comercializadas:  $200 \cdot 5 = 1.000$  euros.
  - Valor esperado = Ingresos – Costes =  $15.000 - 1.000 = 14.000$  euros.

- Para una producción de 500 unidades y unas reservas mayores o iguales a 400: se van a enviar al hipermercado 500 unidades.
  - Ingresos por comercialización:  $500 \cdot 50 = 25.000$  euros.
  - Costes de unidades no comercializadas: 0 euros.
  - Valor esperado = Ingresos – Costes =  $25.000 - 0 = 25.000$  euros.
- Para una producción de 750 unidades y unas reservas menores de 400: se van a enviar al hipermercado 300 unidades.
  - Ingresos por comercialización:  $300 \cdot 50 = 15.000$  euros.
  - Costes de unidades no comercializadas:  $450 \cdot 5 = 2.250$  euros.
  - Valor esperado = Ingreso – Costes =  $15.000 - 2.250 = 12.750$  euros.
- Para una producción de 750 unidades y unas reservas mayores o iguales de 400 y menores de 600 unidades: se van a enviar al hipermercado 500 unidades.
  - Ingresos por comercialización:  $500 \cdot 50 = 25.000$  euros.
  - Costes de unidades no comercializadas:  $250 \cdot 5 = 1.250$  euros.
  - Valor esperado = Ingresos – Costes =  $25.000 - 1.250 = 23.750$  euros.
- Para una producción de 750 unidades y unas reservas mayores o iguales de 600 unidades: se van a enviar al hipermercado 750 unidades.
  - Ingresos por comercialización:  $750 \cdot 50 = 37.500$  euros.
  - Costes de unidades no comercializadas: 0 euros.
  - Valor esperado = Ingresos – Costes =  $37.500 - 0 = 37.500$  euros.
- Para una producción de 1.000 unidades y unas reservas menores de 400: se van a enviar al hipermercado 300 unidades.
  - Ingresos por comercialización:  $300 \cdot 50 = 15.000$  euros.
  - Costes de unidades no comercializadas:  $700 \cdot 5 = 3.500$  euros.
  - Valor esperado = Ingresos – Costes =  $15.000 - 3.500 = 11.500$  euros.

- Para una producción de 1.000 unidades y unas reservas mayores o iguales de 400 y menores de 600 unidades: se van a enviar al hipermercado 500 unidades.
  - Ingresos por comercialización:  $500 \cdot 50 = 25.000$  euros.
  - Costes de unidades no comercializadas:  $500 \cdot 5 = 2.500$  euros.
  - Valor esperado = Ingresos – Costes =  $25.000 - 2.500 = 22.500$  euros.
- Para una producción de 1.000 unidades y unas reservas mayores o iguales de 600 unidades y menores de 800: se van a enviar al hipermercado 750 unidades.
  - Ingresos por comercialización:  $750 \cdot 50 = 37.500$  euros.
  - Costes de unidades no comercializadas:  $250 \cdot 5 = 1.250$  euros.
  - Valor esperado = Ingresos – Costes =  $37.500 - 1.250 = 36.250$  euros.
- Para una producción de 1.000 unidades y unas reservas mayores o iguales de 800 unidades: se van a enviar al hipermercado 1.000 unidades.
  - Ingresos por comercialización:  $1.000 \cdot 50 = 50.000$  euros.
  - Costes de unidades no comercializadas: 0 euros.
  - Valor esperado = Ingresos – Costes =  $50.000 - 0 = 50.000$  euros.

Por tanto, la matriz de decisión quedará:

Producción	Reservas			
	< 400	$\geq 400$	$\geq 600$	$\geq 800$
500	14.000	25.000	25.000	25.000
750	12.750	23.750	37.500	37.500
1.000	11.500	22.500	36.250	50.000

A continuación se va a resolver este caso práctico siguiendo los criterios vistos en la Unidad.

## Criterio de Laplace

En este criterio se presupone que todos los posibles escenarios tienen las mismas probabilidades de ocurrir.

Producción	Reservas				Laplace Valor esperado
	< 400	≥ 400	≥ 600	≥ 800	
500	14.000	25.000	25.000	25.000	22.250
750	12.750	23.750	37.500	37.500	27.875
1.000	11.500	22.500	36.250	50.000	30.062,5

Según este criterio la mejor alternativa es producir 1.000 unidades.

## Criterio optimista

Recordamos que este criterio se basa en pensar que el decisor va a esperar el mejor resultado posible de cada una de las alternativas. Se elegirá aquella que sea más favorable.

Producción	Reservas				Optimista Valor esperado Mi
	< 400	≥ 400	≥ 600	≥ 800	
500	14.000	25.000	25.000	25.000	25.000
750	12.750	23.750	37.500	37.500	37.500
1.000	11.500	22.500	36.250	50.000	50.000

Si se sigue este criterio, la mejor opción es producir 1.000 unidades.

## Criterio pesimista o de Wald

En este caso se analizarán todas las posibles alternativas, esperando el peor resultado posible en cada una de ellas, y se elegirá aquella que sea más favorable.

Producción	Reservas				Wald Valor esperado mi
	< 400	≥ 400	≥ 600	≥ 800	
500	14.000	25.000	25.000	25.000	14.000
750	12.750	23.750	37.500	37.500	12.750
1.000	11.500	22.500	36.250	50.000	11.500

La mejor opción según este criterio es producir 500 unidades.

### Criterio de Hurwicz

Hay que obtener para cada alternativa  $i$ :

$$f_i(\alpha) = m_i \cdot \alpha + M_i \cdot (1 - \alpha)$$

Producción	Reservas				Optimista Mi	Pesimista mi
	< 400	≥ 400	≥ 600	≥ 800		
500	14.000	25.000	25.000	25.000	25.000	14.000
750	12.750	23.750	37.500	37.500	37.500	12.750
1.000	11.500	22.500	36.250	50.000	50.000	11.500

$$f_1(\alpha) = m_i \cdot \alpha + M_i \cdot (1 - \alpha) = 14.000 \alpha + 25.000 (1 - \alpha) = 25.000 - 11.000 \alpha$$

$$f_2(\alpha) = m_i \cdot \alpha + M_i \cdot (1 - \alpha) = 12.750 \alpha + 37.500 (1 - \alpha) = 37.500 - 24.750 \alpha$$

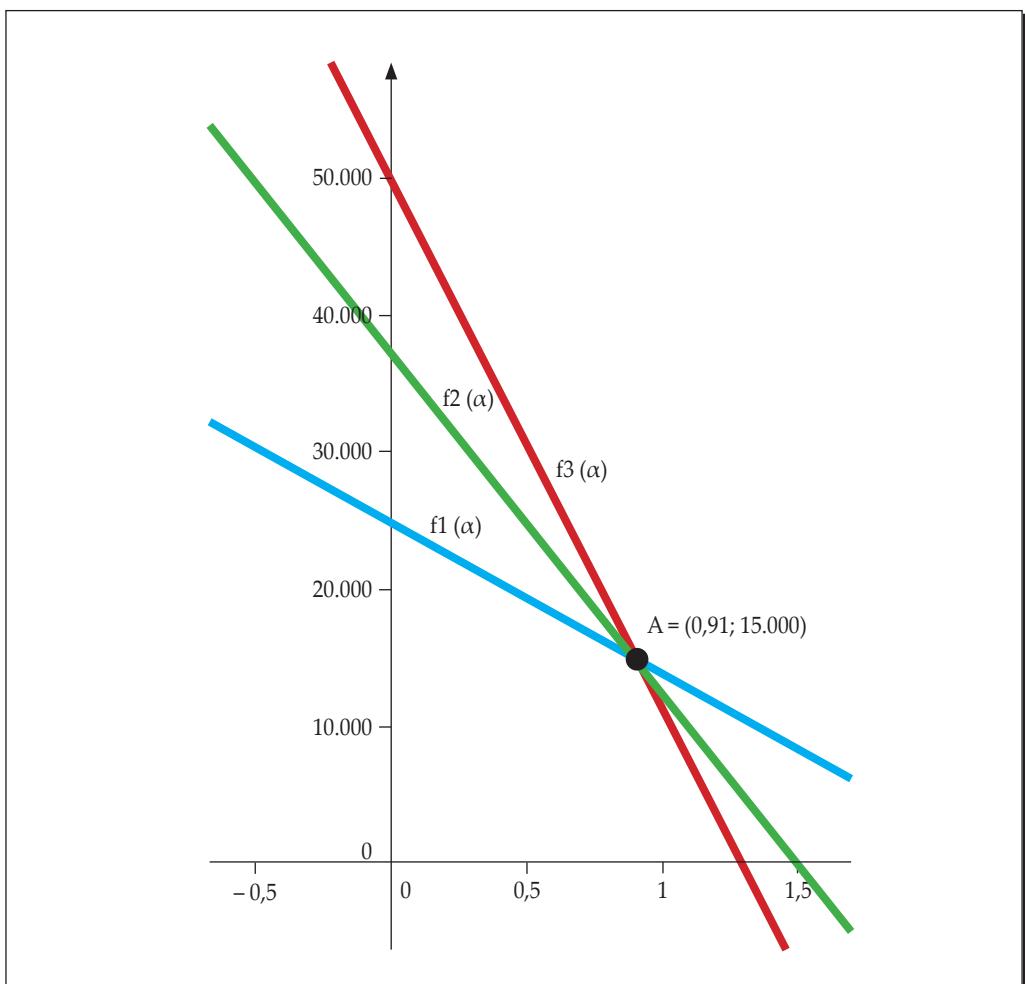
$$f_3(\alpha) = m_i \cdot \alpha + M_i \cdot (1 - \alpha) = 11.500 \alpha + 50.000 (1 - \alpha) = 50.000 - 38.500 \alpha$$

Producción	Reservas				Optimista Mi	Pesimista mi	Hurwicz mi · α + Mi · (1 - α)
	< 400	≥ 400	≥ 600	≥ 800			
500	14.000	25.000	25.000	25.000	25.000	14.000	25.000 - 11.000 α
750	12.750	23.750	37.500	37.500	37.500	12.750	37.500 - 24.750 α
1.000	11.500	22.500	36.250	50.000	50.000	11.500	50.000 - 38.500 α

En función de los valores de  $\alpha$ , se elegirá siempre la recta que se encuentre por encima en la gráfica:

- Para valores de  $\alpha$  entre 0 y 0,91, interesa la tercera alternativa, que es producir 1.000 unidades.
- Para  $\alpha = 0,91$ , se podrá elegir indistintamente cualquier alternativa.
- Para valores de  $\alpha$  mayores de 0,91, se elegirá la primera alternativa, es decir, producir 500 unidades.

Figura 3. Representación gráfica del criterio de Hurwicz para el caso práctico propuesto en el enunciado 3



## Criterio de Savage

A partir de la matriz de decisión se va a obtener la matriz de pérdidas, también llamada de «costes de oportunidad». De cada alternativa se escogerá el mayor valor, y aquella alternativa con menores pérdidas será la elegida. El decisor sigue el criterio del minimax, es decir, se seleccionará el mínimo de los máximos.

Producción	Reservas			
	< 400	≥ 400	≥ 600	≥ 800
500	14.000	25.000	25.000	25.000
750	12.750	23.750	37.500	37.500
1.000	11.500	22.500	36.250	50.000
Máximo	14.000	25.000	37.500	50.000

Restando al máximo de cada columna el elemento de la matriz anterior:

Producción	Matriz de pérdidas			
	< 400	≥ 400	≥ 600	≥ 800
500	$14.000 - 14.000 = 0$	$25.000 - 25.000 = 0$	$37.500 - 25.000 = 12.500$	$50.000 - 25.000 = 25.000$
750	$14.000 - 12.750 = 1.250$	$25.000 - 23.750 = 1.250$	$37.500 - 37.500 = 0$	$50.000 - 37.500 = 12.500$
1.000	$14.000 - 11.500 = 2.500$	$25.000 - 22.500 = 2.500$	$37.500 - 36.250 = 1.250$	$50.000 - 50.000 = 0$

Quedando:

Producción	Matriz de pérdidas				
	< 400	≥ 400	≥ 600	≥ 800	Valor Mi
500	0	0	12.500	25.000	25.000
750	1.250	1.250	0	12.500	12.500
1.000	2.500	2.500	1.250	0	2.500

Se selecciona el mínimo de los valores máximos de cada alternativa (minimax), con lo que la opción elegida será producir 1.000 unidades.



## EJERCICIOS VOLUNTARIOS

Tras el estudio de esta Unidad didáctica, el estudiante puede hacer, por su cuenta, una serie de ejercicios voluntarios, como los siguientes:

1. En función de la información que hay disponible, ¿cuáles son los ambientes de decisión?
2. ¿Qué función utiliza el criterio de Hurwicz para determinar la mejor opción?
3. ¿Cómo se obtiene la matriz de pérdidas?
4. ¿Qué matriz es la base para determinar la mejor opción en los métodos de decisión en ambientes de incertidumbre?



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Básica

CÓRDOBA, M.: *Metodología para la toma de decisiones*, Delta Publicaciones, Madrid, 2004.

HILLIER, F. S. y LIEBERMAN, G. J.: *Introducción a la investigación de operaciones*, McGraw-Hill, 2010.

PÉREZ GOROSTEGUI, E.: *Economía de la empresa (introducción)*, Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid, 6.<sup>a</sup> ed., 1992.

SERRA DE LA FIGUERA, D.: *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones*, Gestión 2000, 2004.

### Avanzada

BRONSON, R. y NAADIMUTHU, G.: *Schaum's outlines of theory and problems of operations research*, New York, McGraw-Hill, 1982.

DIXIT, A. K. y NALEBUFF, B. J.: *El arte de la estrategia*, Antoni Bosch Editor, 2010.

RÍOS-INSUA, S.; MATEOS, A.; BIELZA, M.<sup>a</sup> C. y JIMÉNEZ, A.: *Investigación operativa*, Centro de Estudios Ramón Areces, 1996.

TAHA, H. A.: *Investigación de operaciones*, México, Editorial Pearson, 2004.

