UNIDAD DIDÁCTICA

4 JUEGOS DE SUMA NO CERO

OBJETIVOS DE LA UNIDAD

Esta Unidad didáctica va a tratar sobre los juegos de suma no cero para dos jugadores, es decir, aquellos en los que lo que gana uno no coincide con lo que el otro pierde. Se van a plantear diversos ejemplos prototípicos, como son:

- Juegos de guerra.
- Dilema del prisionero.
- Concurso de televisión.

Y se estudiará cómo realizar la matriz de pagos para este tipo de juegos.

El siguiente paso será intentar encontrar el punto silla o de equilibrio de estos juegos. Al ser de suma no cero, la problemática existente es mucho mayor que para los juegos de suma cero, y se abordarán dos posibles aproximaciones para encontrar la mejor solución al juego:

- Estrategias dominadas.
- Maximin.

También se estudiará la representación gráfica de este tipo de juegos, llamada «forma extensiva», y se analizará cómo resolver estos juegos, dando dos aproximaciones distintas:

- Para juegos simultáneos.
- Para juegos secuenciales.

1. INTRODUCCIÓN A LOS JUEGOS DE SUMA NO CERO

Hasta ahora se han visto los juegos de suma cero, es decir, aquellos en los que lo que gana uno lo pierde el otro. Se suelen denominar también **juegos de ganar-perder**.

Sin embargo, en muchas ocasiones, los juegos no son tan simples como para que lo que gane uno lo pierda su oponente. De hecho, en ciertas situaciones, pueden ganar los dos oponentes. Estos son los juegos de suma no cero. En función de esto existirán tres posibilidades:

- Juegos en los que los dos oponentes ganan: ganar-ganar.
- Juegos en los que los dos oponentes pierden: perder-perder.
- Juegos en los que uno de los oponentes gana y el otro pierde: ganar-perder.

La matriz de pagos será distinta a la de los juegos de suma cero, ya que ahora se deberán poner dos valores en cada celda, siendo el primero lo que gana el jugador 1 y el segundo lo que gana el jugador 2.

Se va a denotar V_{ijk} al valor de la alternativa *i* del jugador 1 con la alternativa *j* del jugador 2 para el jugador *k*.

Oponente 2 / **Oponente 1**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**...**	**Alternativa m**
Alternativa 1	(V_{111}, V_{112})	(V_{121}, V_{122})	...	(V_{1m1}, V_{1m2})
Alternativa 2	(V_{211}, V_{212})	(V_{221}, V_{222})	...	(V_{2m1}, V_{2m2})
...	...	...	...	...
Alternativa n	(V_{n11}, V_{n12})	(V_{n21}, V_{n22})	...	(V_{nm1}, V_{nm2})

Veamos a continuación algunos ejemplos.

1.1. JUEGOS DE GUERRA

En los años ochenta se rodó la película *Juegos de guerra*. Estaba ambientada en plena Guerra Fría entre EE. UU. y la antigua URSS. En ella se hace un análisis muy bueno, con ayuda de un superordenador de la época, de los resultados que tendría una guerra nuclear entre los dos bloques.

Las opciones que tenía cada uno de los bandos eran atacar o no hacer nada. En el caso de que uno de los bloques fuera atacado se supone que prácticamente quedaba destruido al 100 %. Se partía de la base de que cuando un bando era atacado, el otro tenía tiempo para atacar si así lo consideraba.

Poniendo la matriz de pagos, quedaría de la siguiente forma:

URSS / EE. UU.	**Atacar**	**No hacer nada**
Atacar	(– 100, – 100)	(0, – 100)
No hacer nada	(– 100 , 0)	(0 , 0)

Después del análisis se llega a la conclusión de que la única manera de ganar este juego es no jugarlo.

1.2. DILEMA DEL PRISIONERO

Este es el problema al que más se recurre cuando se habla de los juegos de suma no cero. La situación que se presenta en el dilema del prisionero es la siguiente: se ha capturado a dos delincuentes habituales por haber cometido un delito. La policía los tiene incomunicados, y se está tratando de que cada uno delate al otro delincuente y de esa manera reduzca su pena considerablemente. Las penas que se consideran son las siguientes:

- En el caso de que ninguno de los dos delate al otro, no se tendrían pruebas sólidas y se estima que cada uno de ellos tendría una condena de 1 año.
- Si solo uno de los dos delata al otro delincuente, el que delata saldría libre y el otro prisionero tendría una pena de 10 años.
- Si se delatan mutuamente, ambos tendrían una pena de 7 años.

La matriz de pagos quedaría:

Prisionero 1 \ Prisionero 2	Delata	No delata
Delata	(– 7 , – 7)	(0 , – 10)
No delata	(– 10 , 0)	(– 1 , – 1)

¿Qué debería hacer cada uno de los prisioneros?

1.3. CONCURSO DE TELEVISIÓN

Hace ya algún tiempo había un concurso en televisión en el que dos concursantes jugaban por 10.000 euros. Cada uno de ellos debía poner en un sobre cerrado si quería compartir el premio con el otro o no. Previamente había una negociación entre ellos para convencerse mutuamente de que lo mejor era compartir.

Los pagos se hacían de la siguiente manera:

- Si ambos concursantes decidían compartir, cada uno se llevaba la mitad del dinero, 5.000 euros.
- Si un concursante decidía compartir, pero el otro no, el que decidía compartir no se llevaba nada y el otro concursante se llevaba los 10.000 euros.
- Si ambos concursantes decidían no compartir el premio, no se llevaba ninguna cantidad de dinero ninguno de los dos.

La matriz de pagos asociada es la siguiente:

Concursante 1 \ Concursante 2	Comparte	No comparte
Comparte	(5 , 5)	(0 , 10)
No comparte	(10 , 0)	(0 , 0)

¿Qué deberían hacer ambos concursantes?

Para poder contestar a estas preguntas y saber cuál es la mejor decisión, vamos a analizar cómo interpretar las estrategias dominadas en los juegos de suma no cero, así como cuál es la manera de encontrar un punto de equilibrio.

2. ESTRATEGIAS DOMINADAS

A continuación vamos a ver, si siguiéramos la técnica de las estrategias dominadas, a qué decisión nos llevaría cada uno de los dos últimos ejemplos.

2.1. ANÁLISIS DEL DILEMA DEL PRISIONERO POR ESTRATEGIAS DOMINADAS

Se parte de la matriz de pagos que se tenía:

Prisionero 2 / Prisionero 1	Delata	No delata
Delata	(– 7, – 7)	(0, – 10)
No delata	(– 10, 0)	(– 1, – 1)

De cara al prisionero 1 siempre es igual o mejor delatar:

Prisionero 2 / Prisionero 1	Delata	No delata
Delata	(– 7, – 7)	(0, – 10)

A partir de aquí, el prisionero 2, para minimizar sus pérdidas, también delatará:

Prisionero 2 / Prisionero 1	Delata
Delata	(– 7, – 7)

Si se siguieran las estrategias dominadas, ambos delatarían y tendrían cada uno de ellos una pena de 7 años. Se ve que el punto de equilibrio a partir de las estrategias dominadas no garantiza la mejor solución. Esto es así porque las estrategias dominadas tienen todo su sentido en los juegos de suma cero, donde lo que gana uno lo pierde el otro. Para los juegos de suma no cero habrá que buscar de otra manera ese punto de equilibrio.

2.2. ANÁLISIS DEL CONCURSO DE TELEVISIÓN POR ESTRATEGIAS DOMINADAS

En este caso la matriz de pagos era:

Concursante 1 \ Concursante 2	**Comparte**	**No comparte**
Comparte	(5, 5)	(0, 10)
No comparte	(10, 0)	(0, 0)

Para el concursante 1 siempre es mejor o igual no compartir que compartir, con lo que:

Concursante 1 \ Concursante 2	**Comparte**	**No comparte**
No comparte	(10, 0)	(0, 0)

Eso mismo le ocurre al concursante 2:

Concursante 1 \ Concursante 2	**No comparte**
Comparte	(0, 10)
No comparte	(0, 0)

Por tanto, por estrategias dominadas, ambos decidirían no compartir:

Concursante 1 \ Concursante 2	No comparte
No comparte	(0, 0)

Otra vez se comprueba que no se llega a una solución buena para ninguno de los dos, ya que no ganaría nada ninguno de ellos. En el próximo epígrafe vamos a ver cómo encontrar el punto de equilibrio en este tipo de juegos.

3. EQUILIBRIO EN LOS JUEGOS DE SUMA NO CERO. JUEGOS COLABORATIVOS

Para encontrar un equilibrio en los juegos de suma no cero habrá que hacer una aproximación distinta a los juegos de suma cero. La estrategia **minimax** que se usaba no va a dar siempre una buena solución para los juegos de suma no cero, ya que ahora lo que gana un jugador no es lo que pierde el otro jugador. Ahora se podrá utilizar una estrategia **maximin** para encontrar la mejor solución para los dos.

3.1. DILEMA DEL PRISIONERO CON ESTRATEGIA MAXIMIN

Se parte de la matriz de pagos que se tenía:

Prisionero 1 \ Prisionero 2	Delata	No delata	Mínimo prisionero 2
Delata	(– 7, – 7)	(0, – 10)	– 10
No delata	(– 10, 0)	(– 1, – 1)	– 1
Mínimo prisionero 1	– 10	– 1	

El maximin del prisionero 1 = máx (– 10; – 1) = – 1.

El maximin del prisionero 2 = máx (– 10; – 1) = – 1.

Prisionero 2 / Prisionero 1	Delata	No delata	Mínimo prisionero 2
Delata	(– 7, – 7)	(0, – 10)	– 10
No delata	(– 10, 0)	(– 1, – 1)	– 1
Mínimo prisionero 1	– 10	– 1	

Como coinciden, existe un **punto de equilibrio**. Ninguno de los prisioneros debería delatar al otro, y de esta manera únicamente cumplirían 1 año de condena cada uno. Para poder lograrlo es necesario que los dos colaboren y estén de acuerdo. En caso contrario, uno de los dos puede cambiar de opinión, ya que le beneficiaría.

3.2. CONCURSO DE TELEVISIÓN CON ESTRATEGIA MAXIMIN

Recordamos la matriz de pagos:

Concursante 2 / Concursante 1	Comparte	No comparte	Mínimo concursante 2
Comparte	(5, 5)	(0, 10)	5
No comparte	(10, 0)	(0, 0)	0
Mínimo concursante 1	5	0	

El maximin del concursante 1 = máx (5; 0) = 5.

El maximin del concursante 2 = máx (5; 0) = 5.

Concursante 2 / Concursante 1	Comparte	No comparte	Mínimo concursante 2
Comparte	(5, 5)	(0, 10)	**5**
No comparte	(10, 0)	(0, 0)	0
Mínimo concursante 1	**5**	0	

Punto de equilibrio: los dos comparten el premio. Como antes, para lograrlo, deben colaborar los dos concursantes. Realmente es un punto de equilibrio inestable.

La experiencia después de haber visto el concurso en varias ocasiones es que la mayoría de las veces, como mínimo, uno de los concursantes decidía no compartir. Por eso, este tipo de juegos requiere un nivel de confianza en el otro jugador muy alto o no se llegará al punto de equilibrio.

4. FORMA EXTENSIVA

La matriz de pagos es la forma más corriente de expresar un juego y se le suele llamar **forma normal**. Existe otra manera de mostrar los juegos a través de una representación gráfica en forma de árbol. Haciendo un análisis de las distintas ramas del árbol, también se puede llegar a un punto de equilibrio en el juego.

4.1. JUEGOS SIMULTÁNEOS

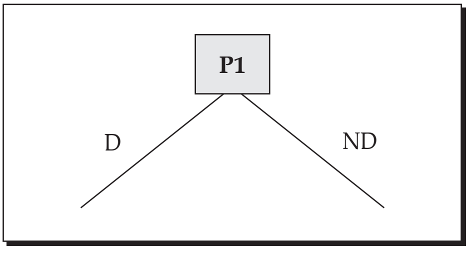
Veamos cómo sería el dilema del prisionero, en el cuál los dos jugadores deben tomar la decisión sin conocer lo que elige el otro.

Prisionero 1 \ Prisionero 2	Delata	No delata
Delata	(– 7, – 7)	(0, – 10)
No delata	(– 10, 0)	(– 1, – 1)

En los **nodos del árbol** se van a poner las decisiones que toma cada uno de los jugadores.

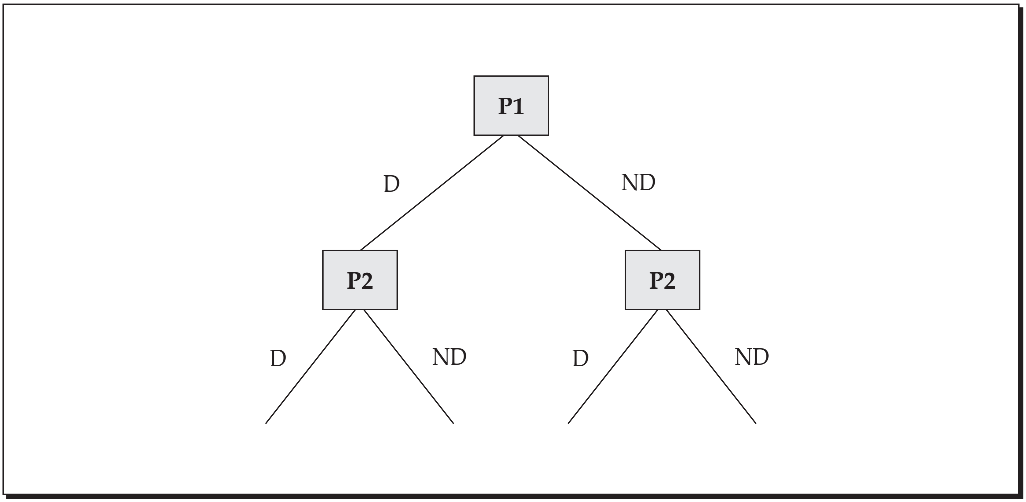
En este caso se empezará poniendo el nodo del prisionero 1 (P1) con sus dos opciones: delatar (D) o no delatar (ND).

Figura 1. **Nivel 1 (dilema del prisionero)**



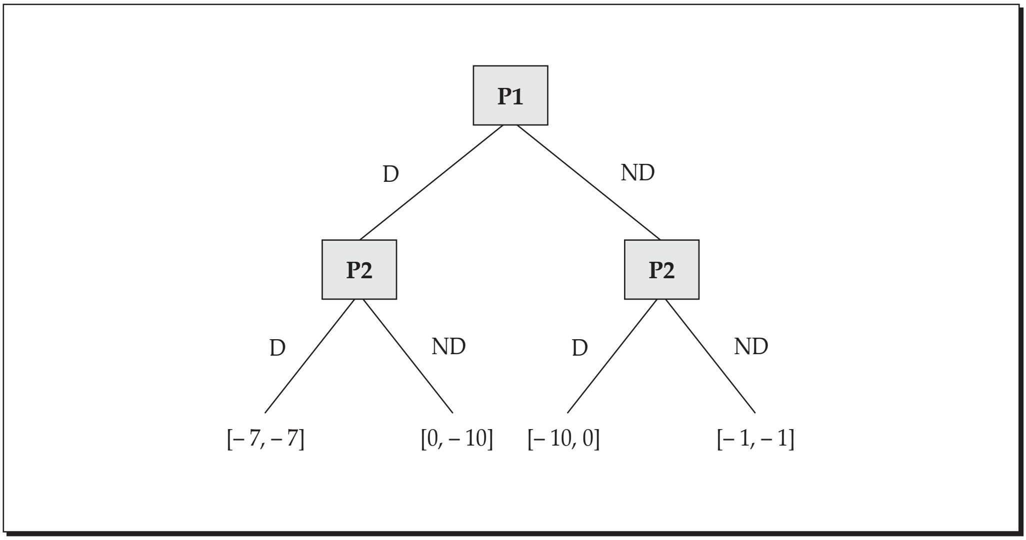
Luego, sobre cada una de estas dos ramas se va a poner la decisión que puede tomar el prisionero 2 (P2):

Figura 2. **Nivel 2 (dilema del prisionero)**



Ahora solo queda poner los pagos estimados para cada una de las ramas:

Figura 3. **Nivel 2 (dilema del prisionero con pagos)**

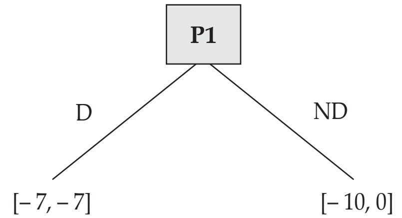


El punto de equilibrio dado por las estrategias dominadas se obtiene analizando las decisiones que hay que tomar de abajo arriba del árbol:

- En la decisión que tiene que tomar el prisionero 2 (P2), cuando el prisionero 1 (P1) ha decidido delatar (D): decide delatar (D), ya que es la opción más positiva para él.
- En la decisión que tiene que tomar el prisionero 2 (P2), cuando el prisionero 1 (P1) ha decidido no delatar (ND): decide delatar (D), ya que es la opción más positiva para él.

Con esto, el árbol quedará:

Figura 4. **Forma extensiva reducida por estrategias dominadas**



Finalmente quedará [– 7, – 7]. El prisionero 1 (P1) decidirá delatar (D) también, ya que es la opción con la que menos años le caerían de condena, 7, y el prisionero 2 (P2) también delataría (D).

Se observa que se llega a la misma conclusión que se había obtenido por estrategias dominadas: los dos prisioneros delatarán. Como se ha comprobado, al final no es la mejor para ninguno de los dos.

EJEMPLO 1

Poner el siguiente juego en su forma extensiva.

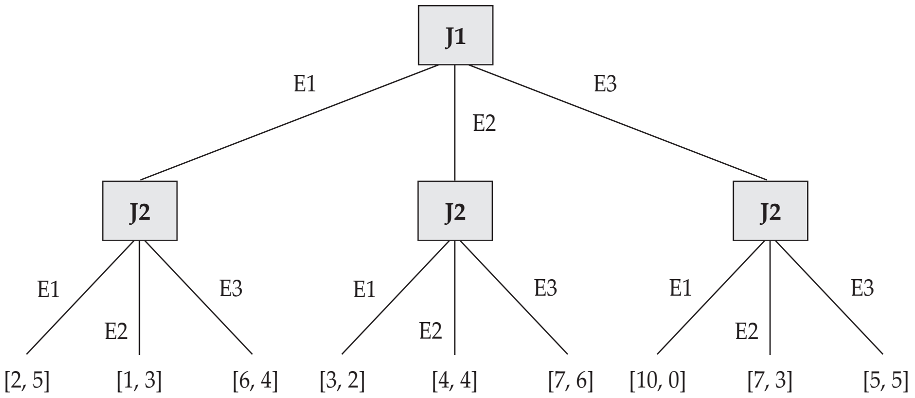
.../...

.../...

Jugador 2 / Jugador 1	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3
Estrategia 1	(2, 5)	(1, 3)	(6, 4)
Estrategia 2	(3, 2)	(4, 4)	(7, 6)
Estrategia 3	(10, 0)	(7, 3)	(5, 5)

Solución

Figura 5. **Forma extensiva asociada al ejemplo 1**



Buscando el punto de equilibrio por estrategias dominadas:

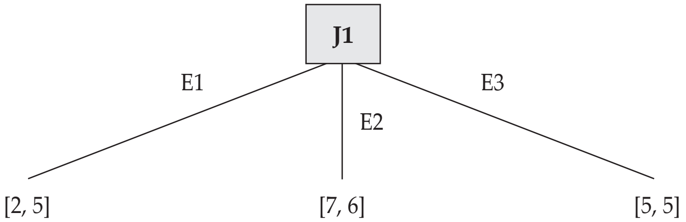
- Cuando el jugador 1 (J1) haya elegido la estrategia 1 (E1): el jugador 2 (J2) elegirá aquella que le dé mayor rendimiento = máx {5, 3, 4} = 5, que corresponde a la estrategia 1 (E1).
- Cuando el jugador 1 (J1) haya elegido la estrategia 2 (E2): el jugador 2 (J2) elegirá aquella que le dé mayor rendimiento = máx {2, 4 , 6} = 6, que corresponde a la estrategia 3 (E3).

.../...

.../...

- Cuando el jugador 1 (J1) haya elegido la estrategia 3 (E3): el jugador 2 (J2) elegirá aquella que le dé mayor rendimiento = máx {0, 3, 5} = 5, que corresponde a la estrategia 3 (E3).

Figura 6. **Forma extensiva reducida por estrategias dominadas**



De estas 3 opciones, el jugador 1 (J1) elegirá el máx {2 , 7, 5} = 7, la estrategia 2 (E2), y el jugador 2 la estrategia 3 (E3). Esto llevaría a ganar 7 al jugador 1 (J1) y 6 al jugador 2 (J2), que corresponde a [7, 6]. Parece una buena solución para los dos.

Vamos a aplicar el criterio del maximin:

Jugador 2 / Jugador 1	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Mínimo jugador 2
Estrategia 1	(2, 5)	(1, 3)	(6, 4)	3
Estrategia 2	(3, 2)	(4, 4)	(7, 6)	2
Estrategia 3	(10, 0)	(7, 3)	(5, 5)	0
Mínimo jugador 1	2	1	5	

En esta ocasión no se ha encontrado un punto de equilibrio por esta técnica, ya que:

- El maximin del jugador 2 = máx (3; 2; 0) = 3.
- El maximin del jugador 1 = máx (2; 1; 5) = 5.

Como no coinciden, por esta técnica se deberían utilizar estrategias mixtas, como ya se vio para los juegos de suma cero, y en las que no se va a profundizar para los juegos de suma no cero.

.../...

.../...

Jugador 2 / Jugador 1	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Mínimo jugador 2
Estrategia 1	(2, 5)	(1, 3)	(6, 4)	3
Estrategia 2	(3, 2)	(4, 4)	(7, 6)	2
Estrategia 3	(10, 0)	(7, 3)	(5, 5)	0
Mínimo jugador 1	2	1	5	

4.2. JUEGOS SECUENCIALES

La forma extensiva tiene su mejor aplicación cuando los juegos son secuenciales, es decir, cuando se van tomando decisiones en función de las que va tomando el contrario, como, por ejemplo, el ajedrez. En muchas ocasiones hay que ir reaccionando a los movimientos que hacen nuestros competidores e ir tomando nuevas decisiones.

A este tipo de juegos en los que se van conociendo los movimientos o estrategias que ha ido tomando el otro jugador se les llama **juegos de información perfecta**.

EJEMPLO 2

Nuestra empresa, que se dedica a la producción y venta de materiales para bricolaje, quiere decidir dónde podría situar una de las nuevas naves industriales de venta al por mayor. Las opciones que nos planteamos en un principio son:

- Nueva localización en Collado Villalba (CV).
- Nueva localización en Segovia (S).

Los costes que tenemos asociados a la apertura del nuevo almacén se estiman en 10 millones de euros en Collado Villalba (CV) y de 7 millones de euros en Segovia (S), ya que la empresa dispone de un terreno adecuado.

.../...

.../...

Básicamente hay una única empresa competidora en el mercado en el que se mueve nuestra compañía y se sabe que también se está planteando las mismas opciones, ya que ha decidido abrir con toda seguridad un nuevo almacén en Collado Villalba (CV) o Segovia (S), y en ambos casos, los costes que tendría serían de 9 millones de euros.

El margen de beneficio esperado total para los próximos tres años es:

- Si solo se abre entre las dos compañías un centro, en Collado Villalba (CV) es de 30 millones de euros, mientras que en Segovia (S) es de 25 millones de euros, que se lo llevará todo la compañía que abra.
- Si una compañía abre un centro en una localidad y la otra compañía lo abre en la otra, cada una de las dos compañías se hará con el 100 % del margen estimado en cada una de las dos localizaciones.
- Si las dos compañías abren en la misma localidad, la primera que entre se hará con el 60 % del mercado, y la segunda, con el 40 %.

Solución

Vamos a analizarlo desde los dos puntos de vista. Si es nuestra compañía (C1) la que es la primera en implantarse en una nueva localidad, habrá que decidir si hacerlo en Collado Villalba (CV) o Segovia (S).

Una vez que la otra compañía (C2) conozca lo que hemos hecho, decidirá lo que le interesa:

Figura 7. **Nivel 1 (ejemplo de localización)**

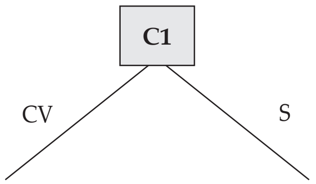
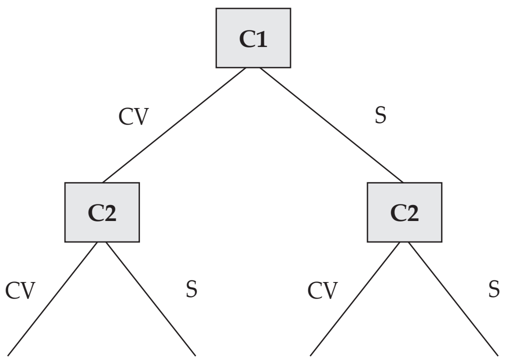


Figura 8. **Nivel 2 (ejemplo de localización)**



.../...

.../...

Los pagos estimados serán los siguientes:

- Si nuestra compañía (C1) se ubica en Collado Villalba (CV) y después la compañía 2 (C2) decide también ubicarse en Collado Villalba (CV):

	Margen	Costes iniciales	Beneficio total
Nuestra compañía (C1)	$30 \cdot 0{,}6 = 18$	10	$18 - 10 = 8$
Otra compañía (C2)	$30 \cdot 0{,}4 = 12$	9	$12 - 9 = 3$

- Si nuestra compañía (C1) se ubica en Collado Villalba (CV) y después la compañía 2 (C2) decide ubicarse en Segovia (S):

	Margen	Costes iniciales	Beneficio total
Nuestra compañía (C1)	30	10	$30 - 10 = 20$
Otra compañía (C2)	25	9	$25 - 9 = 16$

- Si nuestra compañía (C1) se ubica en Segovia (S) y después la compañía 2 (C2) decide ubicarse en Collado Villalba (CV) :

	Margen	Costes iniciales	Beneficio total
Nuestra compañía (C1)	25	7	$25 - 7 = 18$
Otra compañía (C2)	30	9	$30 - 9 = 21$

- Si nuestra compañía (C1) se ubica en Segovia (S) y después la compañía 2 (C2) decide ubicarse también en Segovia (S):

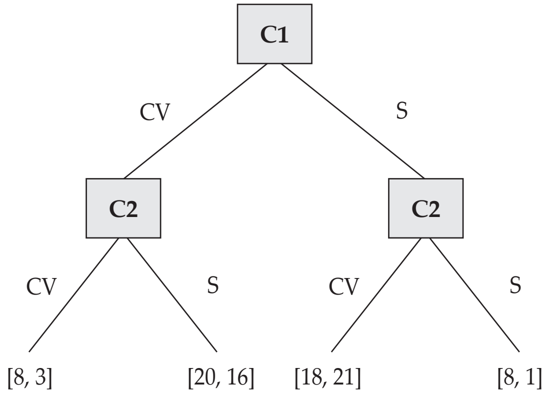
	Margen	Costes iniciales	Beneficio total
Nuestra compañía (C1)	$25 \cdot 0{,}6 = 15$	7	$15 - 7 = 8$
Otra compañía (C2)	$25 \cdot 0{,}4 = 10$	9	$10 - 9 = 1$

.../...

.../...

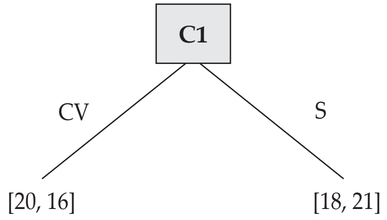
La forma expandida quedaría:

Figura 9. **Forma extensiva (ejemplo de localización)**



Entonces, reduciendo el diagrama, eligiendo en cada caso la mejor opción para la compañía 2 (C2):

Figura 10. **Forma extensiva reducida (ejemplo de localización)**



Por tanto, a nuestra compañía (C1) le interesaría establecerse en Collado Villalba (CV), ganando 20 millones, mientras que a la otra compañía le interesaría Segovia (S), ganando 16 millones.

CONCEPTOS BÁSICOS A RETENER

- Estrategias dominadas.
- Forma extensiva.
- Ganar-ganar.
- Ganar-perder.
- Juegos de suma no cero para dos jugadores.
- Juegos secuenciales.
- Juegos simultáneos.
- Matriz de pagos.
- Minimax.
- Perder-perder.

ACTIVIDADES DE AUTOCOMPROBACIÓN

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

Enunciado

Tomando como base el ejemplo 2 de la Unidad, ¿qué ocurriría si es la competencia la que se establece primero en una nueva localidad?

Solución

Los pagos estimados serán los siguientes:

- Si la compañía competidora (C2) se ubica en Collado Villalba (CV) y después nuestra compañía (C1) decide también ubicarse en Collado Villalba (CV):

	Margen	Costes iniciales	Beneficio total
Nuestra compañía (C1)	$30 \cdot 0{,}4 = 12$	10	$12 - 10 = 2$
Otra compañía (C2)	$30 \cdot 0{,}6 = 18$	9	$18 - 9 = 9$

- Si la compañía competidora (C2) se ubica en Collado Villalba (CV) y después nuestra compañía (C1) decide ubicarse en Segovia (S):

	Margen	Costes iniciales	Beneficio total
Nuestra compañía (C1)	25	7	$25 - 7 = 18$
Otra compañía (C2)	30	9	$30 - 9 = 21$

- Si la compañía competidora (C2) se ubica en Segovia (S) y después nuestra compañía (C1) decide ubicarse en Collado Villalba (CV) :

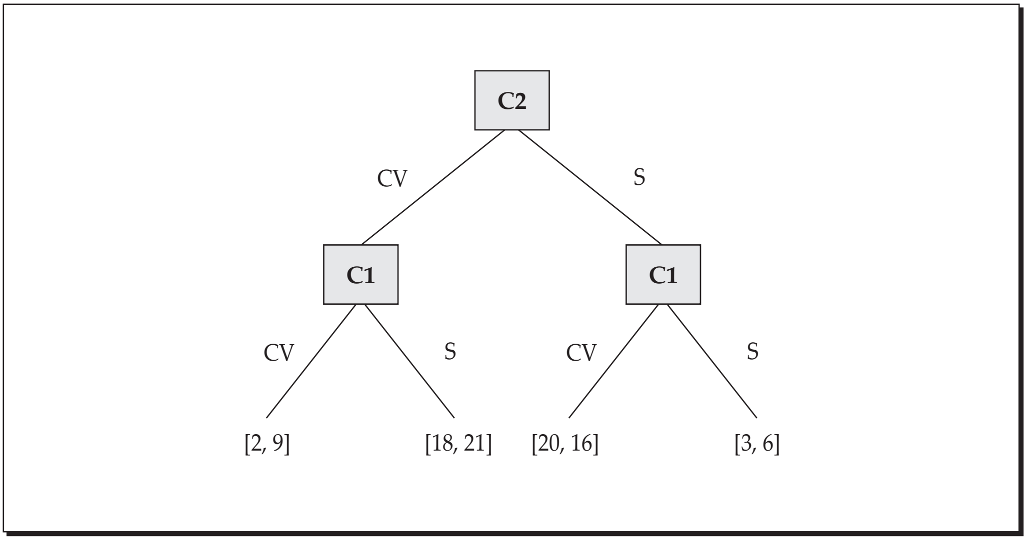
	Margen	Costes iniciales	Beneficio total
Nuestra compañía (C1)	30	10	$30 - 10 = 20$
Otra compañía (C2)	25	9	$25 - 9 = 16$

- Si la compañía competidora (C2) se ubica en Segovia (S) y después nuestra compañía (C1) decide ubicarse también en Segovia (S):

	Margen	Costes iniciales	Beneficio total
Nuestra compañía (C1)	$25 \cdot 0{,}4 = 10$	7	$10 - 7 = 3$
Otra compañía (C2)	$25 \cdot 0{,}6 = 15$	9	$15 - 9 = 6$

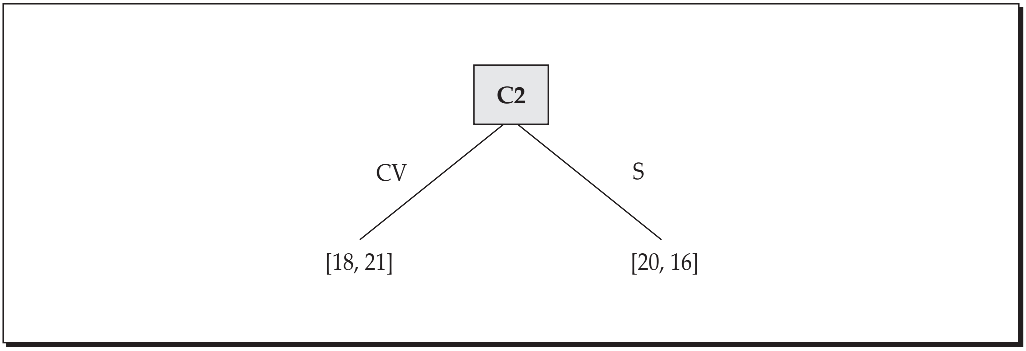
La forma expandida quedaría:

Figura 11. **Forma expandida (nueva situación)**



Entonces, reduciendo el diagrama, eligiendo la mejor opción para nuestra compañía (C1) en cada rama:

Figura 12. **Forma expandida reducida (nueva situación)**



Por tanto a nuestra compañía (C1) le interesaría establecerse en Segovia (S), ganando 18 millones, mientras que la otra compañía (C2) se habría establecido anteriormente en Collado Villalba (CV), ganando 21 millones.

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. ¿Qué tipos de juegos existen de suma no cero?
2. ¿En qué consiste la estrategia maximin?
3. ¿Qué se entiende por juego secuencial?
4. ¿Cómo se realiza la forma extensiva de un juego?

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Básica

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

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

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

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.

MUÑOZ, B. y RIVEROLA, J.: *Del buen pensar y mejor hacer*, México, Editorial McGraw-Hill, 2003.

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

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