

Proyecto Fin de Carrera

Ingeniería de Tecnologías Industriales

Teoría de Juegos no cooperativos aplicado a la negociación

Autor: María Rugarcía Aguado

Tutor: Manuel Ordoñez Sánchez

Dpto. Matemática Aplicada II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de Tecnologías Industriales

Teoría de Juegos no cooperativos aplicado a la negociación

Autor:

María Rugarcía Aguado

Tutor:

Manuel Ordoñez Sánchez

Profesor titular

Dpto. de Matemática Aplicada II

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021

Proyecto Fin de Carrera: Teoría de Juegos no cooperativos aplicado a la negociación

Autor: María Rugarcía Aguado

Tutor: Manuel Ordoñez Sánchez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

Mis agradecimientos a mi familia, por su apoyo incondicional durante estos años, especialmente en los momentos más duros, por estar siempre ahí animándome y haciéndome creer en mí e impulsándome para lograr mis metas.

También me gustaría agradecer a mis amigos y compañeros tan buenos con los que he compartido tantas horas y momentos que la escuela nos ha dado y que nunca olvidaré.

Por último, a mi tutor, D. Manuel Ordoñez, por su orientación y por su gran ayuda en todo momento siempre que lo he necesitado.

Resumen

Con el objetivo de tomar una determinada decisión nos podemos encontrar con una gran cantidad de situaciones en la economía, que implican a varios sujetos. Para la toma de decisiones empresariales, se emplea una herramienta de apoyo matemático conocida como La Teoría de Juegos. Para ello, será de gran utilidad analizar las consecuencias prácticas derivadas de las decisiones tomadas ya que estas dan respuesta a la cuestión de cómo tomarlas de forma estratégica ante una situación de conflictos de intereses.

Abstract

Decision theory is a key tool in economics because in many situations this text is present. One of the mathematical tools to address these issues is Game Theory. This is capable of modeling the different events that have arisen and of providing a plausible criterion to said companies to make the decision. In the case of conflict of interest, it also provides valid resolution strategies.

Índice

Agradecimientos	8
Resumen	9
Abstract	11
Índice de Tablas	13
Índice de Gráficas	15
0 Introducción	17
1 Panorámica general	18
2 Introducción a la Teoría de Juegos	19
3 Formas de representación	11
3.1 <i>Forma Extensiva</i>	11
3.2 <i>Forma Normal</i>	12
3.3 <i>La Función característica</i>	12
4 Tipos de Juego	13
4.1 <i>Juegos cooperativos y no cooperativos</i>	13
4.2 <i>Juegos simétricos y asimétricos</i>	14
4.3 <i>Los juegos repetidos</i>	15
4.4 <i>Juegos secuenciales y simultáneos</i>	17
5 Estrategias	18
5.1 <i>Juegos cooperativos y no cooperativos</i>	18
5.2 <i>Estrategia Maximin</i>	20
5.2 <i>Estrategia Mixta</i>	22
6 Modelos de comportamiento de las empresas en el mercado	24
6.1 <i>La competencia monopolística</i>	24
6.2 <i>El oligopolio</i>	25
6.2.1 <i>Modelo de Cournot</i>	26
6.2.2 <i>Modelo de Bertrand</i>	28
6.2.3 <i>Modelo de Stackelberg</i>	29
6.2.4 <i>Modelo de de empresa dominante</i>	30
7 Aplicación	31
7.1 <i>Resultado del Juego</i>	33
7.2 <i>Aplicación numérica</i>	34
Referencias	38

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Representación de un Juego Simétrico</i>	14
<i>Tabla 2. Representación de un Juego Asimétrico</i>	14
<i>Tabla 3. Matriz de ganancias</i>	15
<i>Tabla 4. Juego simultáneo y secuencial</i>	17
<i>Tabla 5. Matriz de ganancias</i>	20
<i>Tabla 6. Matriz Empresa A</i>	21
<i>Tabla 7. Matriz Empresa B</i>	21
<i>Tabla 8. Matriz del Juego de las Monedas</i>	22
<i>Tabla 9. Matriz de ganancias</i>	23

ÍNDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfica 1. Curvas de demanda en Cournot</i>	26
<i>Gráfica 2. Equilibrio de Cournot</i>	27
<i>Gráfica 3. Posibles situaciones del juego</i>	31
<i>Gráfica 4. Resultado del Juego</i>	33

0 INTRODUCCIÓN

Objeto del trabajo

En este trabajo usaremos las herramientas de la Teoría de Juegos, descritas en los siguientes apartados, para aplicarlas al entorno de las empresas y en particular a los posibles enfrentamientos entre estas debido principalmente a intereses cruzados.

Debido a la dificultad del manejo teórico de las herramientas de la Teoría de juegos básicamente se van a describir y se usarán para modelar situaciones concretas. Pensamos que el abordamiento de situaciones particulares agiliza la comprensión de los problemas más globales.

En algunos casos nos hemos referido a otros autores y a la literatura especializada en la Teoría de juegos. En particular a informes y estudios realizados por estos.

Estado del arte

La teoría de juego, como disciplina matemática, surge de analizar los tipos de relación entre diversos agentes, ya sean económicas, políticas, militares, etc.

Realmente se intenta analizar los comportamientos de los agentes y las posibles situaciones que pueden plantearse como consecuencia de dichos comportamientos.

Existen dos vías principales, a saber, la no cooperativa en la cual es muy importante conocer los movimientos de los otros jugadores para actuar en consecuencia, cosa que a veces no se conoce con claridad, y la vía cooperativa en la que los agentes cooperan entre sí para obtener un bien mayor que el que conseguirían individualmente.

Partes principales

El trabajo comienza con una introducción a la teoría de juegos incidiendo en la visión que los autores tienen sobre la misma. Las siguientes partes introducen las herramientas típicas de la teoría de juegos para poder abordar, como se hace en los subsiguientes capítulos, la modelización de las diversas situaciones del juego en cualquiera de sus dos vías. Para terminar, damos diversas aplicaciones al caso de la relación entre empresas y tratamos de ver cómo podemos abordar estas relaciones desde el punto de vista de la teoría de Juegos.

1 PANORÁMICA GENERAL

Siguiendo el objetivo de realizar una breve panorámica sobre qué es lo que puede entenderse por “Teoría de Juegos”, resulta de gran importancia aludir a lo que diferentes autores han ido exponiendo sobre ella.

Definiremos un juego como un escenario donde los distintos agentes toman decisiones estratégicas las cuales tienen en consideración los actos y respuestas de los jugadores que están implicados y que permitan la mayor ganancia posible para los participantes. Normalmente todo esto está reglado para que los comportamientos de los jugadores sean lo más justos posibles.

Otra forma de verlo es considerando que dos jugadores compitan lo cual implica una toma de decisión en el juego ya que a veces la información, como se ha referido antes, es incompleta. En este tipo de juegos el resultado final dependerá de lo que cada jugador quiera hacer y en qué momento.

A modo de resumen podemos decir que lo que se persigue es el descubrimiento de patrones en el que el resultado del juego depende de lo que hagan los jugadores, todo ello desde un punto de vista racional.

2 INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE JUEGOS

Aparte de la introducción en el apartado anterior sobre la intuición sobre qué es un juego es importante resaltar que su concreción viene determinada por el comportamiento de los jugadores bajo unas premisas racionales.

El posible beneficio dependerá de justamente este comportamiento y el de los otros jugadores. Veamos esto con detalle:

a) Jugadores y estrategias.

Los participantes en el juego. Tienen un abanico de posibilidades de elección y optará por la que más le convenga.

Como indica su nombre es la hoja de ruta de los jugadores. Como concepto importante uno de los objetivos del juego es hallar la solución o estrategia óptima para los jugadores la cual a su vez maximizará sus ganancias.

Distinguiremos entre dos tipos de estrategias, las puras o de información completa y las mixtas o de información incompleta.

b) Beneficio

Es el rendimiento que obtiene un jugador por intervenir en el juego.

c) Reglas de comportamiento

A la vez que el jugador tiene libertad para elegir su estrategia debe tener en cuenta que para jugar tiene que respetar un conjunto de reglas de cumplimiento obligado y comunes a todos los jugadores.

Existen muchos tipos de juegos pero todos tienen en común que los jugadores son racionales en su comportamiento y que persiguen maximizar sus beneficios.

En función de lo anterior es importante discernir si se necesita conocer la acción de los otros jugadores o si esto no es relevante para el desarrollo del juego. Para ello debemos ser capaces de modelizar el entorno del juego, sus condicionantes y un conjunto de variables que dependen de los diversos escenarios.

3 FORMAS DE REPRESENTACIÓN

En este capítulo veremos las diversas formas en que un juego puede ser representado matemáticamente. Esto es vital a la hora de entender los diversos comportamientos de los jugadores.

3.1 Forma Extensiva

Consiste en:

- El conjunto de **jugadores** que actúan bajo racionalidad buscando su máximo beneficio.
- El **árbol** asociado al juego:
 - a) Los nodos donde intervienen a los jugadores.
 - b) Las aristas como las acciones disponibles de los jugadores.
- La **información** que tiene cada jugador en cada nodo donde tiene que tomar la decisión.
- Las **estrategias** de cada jugador, es decir, qué hacer cuando llegan a un nodo donde tienen que decidir.
- Los **pagos** respectivos de los jugadores al acabar el juego situados en los extremos del árbol.

La estructura del árbol es la siguiente:

- 1: Todos los nodos son sucesores del inicial de forma que su información depende de la que hay en este.
- 2: Al ser un árbol no se permiten los cruces en los encadenamientos por estrategias en los diversos nodos.
- 3: Cada link de cada nodo representa una acción diferente del jugador.
- 4: De nuevo, por ser un árbol el conjunto de decisiones que un jugador puede tomar en un nodo coincide con el número de aristas que salen de él. Si hubiera ciclos el jugador podría no distinguir en qué nodo se encuentra realmente.

3.2 Forma Normal

Según Shy (1995) consiste en:

- Los jugadores son los elementos de un conjunto donde se les etiqueta para distinguirlos.
- Cada jugador tiene asociado un conjunto de acciones que puede realizar.
- Existe una función de pagos que asigna el beneficio final a cada jugados.

3.3 La Función característica

Esta función se emplea en los juegos cooperativos donde los jugadores buscan cooperar para obtener el máximo beneficio. Básicamente atendiendo a dos cuestiones.

- 1.-¿Cuánto es lo mínimo que puede conseguir cada jugador actuando sólo?
- 2.-¿Cuánto es lo mínimo que pueden obtener los jugadores cooperando?

4 TIPOS DE JUEGO

Aunque los jugadores tienen a su disposición un paquete de acciones que les debe permitir obtener objetivos concretos y que por otro lado están sometidos a unas reglas para participar, esto no sirve de nada si no pueden obtener su máximo beneficio. Esto no llevaría a ninguna parte.

Siempre podemos encontrar choque entre los intereses de los diversos jugadores lo mismo que situaciones que sugieren a los jugadores el cooperar.

Dicho esto vamos a introducir los diversos tipos de juegos siempre desde un punto de vista lo más general posible debido a que si descendemos a detalles el volumen de información sobrepasaría con creces el objeto del trabajo.

4.1 Juegos cooperativos y no cooperativos

Como se ha dicho anteriormente los juegos cooperativos se caracterizan por el hecho de que los jugadores prefieren cooperar entre si ya que pueden conseguir un beneficio mayor que actuado solos. Debido al carácter colectivo del juego se gana o se pierde de manera conjunta. Esto permite a los jugadores tener estrategias grupales o colectivas y no individuales.

Si el juego es no cooperativo los jugadores buscan el beneficio individual actuando en este sentido. No es necesario que haya enfrentamiento entre ellos lo mismo que también es posible la cooperación. Sin embargo su premisa fundamental es actuar independientemente de los actos de los demás.

En el mundo empresarial está más extendido el enfoque no cooperativo debido a que las situaciones reales se adaptan mejor a este enfoque aunque hay casos en los que la cooperación existe. Sin embargo en este trabajo nos enfocaremos en los no cooperativos ya que de hecho así lo requiere nuestra aplicación.

Partiremos de dos axiomas fundamentales:

- 1.- El primer lugar, las empresas actúan racionalmente y buscan optimizar sus beneficios.
- 2.-Tiene que intentar adelantarse o precedir los pasos o estrategias de las empresas rivales.

Luego es vital tener información sobre cómo son los mercados y cómo se maneja la competencia en el caso de cambio en dichos mercados.

4.2 Juegos simétricos y asimétricos

En los juegos simétricos el beneficio de un jugador no depende de su acción sino de las acciones de los otros jugadores. Bajo este precepto los jugadores son indistinguibles, de aquí el nombre simétrico.

Ejemplos conocidos son el juego de la gallina o el dilema del prisionero. En la tabla 1 se refleja este hecho. Observar que podemos intercambiar la posición de los jugadores sin que el juego varíe.

En los juegos asimétricos las estrategias para elegir no son las mismas para todos. Dos ejemplos clásicos son el juego del ultimátum y el juego del dictador. Sin embargo también puede ocurrir que las estrategias sean las mismas para ambos jugadores.

	A	B
A	-7,-7	0,-10
B	-10,0	-3,-3

Tabla 1. Representación de un Juego Simétrico

	A	B
A	2,3	0,0
B	0,0	2,3

Tabla 2. Representación de un Juego Asimétrico

4.3 Los juegos repetidos

Un juego repetido es aquel en el cual las acciones de los jugadores pueden llevarse a cabo una y otra vez. De hecho se obtienen beneficios en cada repetición.

Por otro lado, al poder repetirse las acciones del jugador, queda en la memoria de los otros su comportamiento y esto puede condicionar sus acciones futuras.

Por ejemplo, esto ocurre en las **guerras de precios** entre empresas.

El problema de la fijación de los precios

Como ejemplo de juego repetido tenemos este problema en el que dos empresas tienen la opción de subir o bajar los precios.

		EMPRESA B	
		Bajos	Altos
EMPRESA A	Bajos	10,10	100,-50
	Altos	-50,100	50,50

Tabla 3. *Matriz de ganancias*

Si analizamos la matriz vemos que:

1. Cuanto más alto pongan ambas empresas los precios más ganan. Por el contrario si ambas bajan los precios también ganan pero menos.
2. Si escogen opciones diferentes una gana mucho y la otra pierde también mucho.

Supongamos que repetimos el juego, entonces surgen preguntas como ¿Qué decisión tomar? ¿Es interesante cambiar los precios? ¿Cómo varían los resultados? **Axelrod** propone que “*Lo más racional para ambos jugadores sería mantener la cooperación, si los jugadores siguen una estrategia “ojo por ojo” el no cooperar implicará que se acumularán pérdidas mayores a los beneficios obtenidos en el corto plazo*”.

Por estrategia “ojo por ojo” entendemos que cada empresa responde a su rival con la misma moneda pudiendo colabrar con empresas rivales de la primera y tomando represalias en cuanto tenga la oportunidad. El autor nombrado anteriormente, **Axelrod**, piensa que esta sería la mejor estrategia aunque aparece un nuevo problema relacionado con la finitud del juego.

La repetición del juego se da cuando una de las empresas fija su precio alto y lo mantiene hasta que la otra lo hace también. Si después de esto la segunda empresa baja el precio, entonces la primera también lo hará. Y así sucesivamente.

Estos juegos son de información completa debido a que las empresas conocen las trayectorias de las otras, y lo que han hecho en cada etapa del juego. Así pueden encontrar un equilibrio de Nash para obtener su estrategia óptima.

Por otra parte, se puede dar el caso en el que, teniendo información completa, ningún juego repetido difiere del juego normal. Entonces, es conveniente recalcar dos puntos importantes:

- El número de estrategias incrementa exponencialmente con el número de veces que se repite el juego, dada la gran variedad de situaciones posibles.
- Entra en acción el concepto de *amenaza*: “*si él hace esto, yo respondo con aquello*”. Sin embargo para no violar los principios de Nash necesitamos que la empresa amenazada se convenza de que lo mejor que puede hacer es realizar aquello con que la otra le amenaza.

El Equilibrio de Nash se obtiene cuando no hay posibilidad de mejora por ninguno de los jugadores. Este equilibrio también es válido para n agentes.

Puede ocurrir que una de las empresas abandona la cooperación dada por el equilibrio (monopolio). Por ejemplo si A decidiese vender a precio bajo aumentaría sus beneficios hasta que la descubriesen y entonces la segunda empresa pondría los precios bajos también. Es decir, si no es posible el comportamiento cooperativo con los precios altos, ambas llegarían al equilibrio de Nash o equilibrio no cooperativo y venderían a precios normales.

La siguiente pregunta sería: *¿el equilibrio no cooperativo de Nash es lo más conveniente para los dos jugadores?* En general no. Buscarían entonces el equilibrio cooperativo, las empresas actúan juntas con estrategias que les permitan el mayor beneficio posible. Un ejemplo de esto sería el duopolio.

La cooperación es posible en aquellas situaciones donde sólo hay un número reducido de empresas y con un mercado estable. Hay ejemplos de este tipo en Estados Unidos con las empresas de agua. Esta cooperación ya dura décadas.

Sin embargo existen situaciones donde la cooperación es casi imposible. Este es el caso de las compañías aéreas las cuales intentan atraer a clientes variando sensiblemente los costos e imitando las estrategias de los competidores que los han llevado a obtener beneficios.

4.4 Juegos secuenciales y simultáneos

La acción **simultánea** es aquella donde las empresas toman una decisión al unísono. La secuencial es aquella donde una toma una decisión y a continuación la otra. En esta situación la información es completa.

Supongamos dos empresas que producen cereales de desayuno. Su matriz de ganancias es:

		EMPRESA B	
		Cereal	Integrales
EMPRESA A	Integrales	-5,-5	10,30
	Chocolate	30,10	-5,-5

Tabla 4. *Juego simultáneo y secuencial*

- A) Decisión simultánea. Si tanto A como B no conocen cómo va a actuar la competencia entonces optarán por la opción más beneficiosa que es introducir los cereales de chocolate. Sin embargo, esta decisión puede ser negativa a medio plazo.
- B) Decisión secuencial. Si A entra en el mercado antes que B tendrá libertad para introducir los cereales de chocolate que le aporta más beneficio o cambiar si es necesario. Se trata ahora de un juego consecutivo. A es consciente de que tendrá beneficios siempre que se introduzcan diferentes modalidades de cereales. Como A es quien elige primero, aventaja a B y esta sabe que entonces tendrá que introducir el cereal de chocolate para tener beneficio pero nunca serán óptimos ya que A tiene una cuota de mercado más antigua.

5

ESTRATEGIAS

5.1 Juegos cooperativos y no cooperativos

La **estrategia dominante** en juegos no cooperativos es la que lleva a obtener mejores beneficios.

El hecho de que coincida con la mejor estrategia depende de las características del juego. Normalmente se representa en una matriz de ganancias con los datos de lo que obtiene un jugador según su propia actuación y la de su rival.

Dentro de la estrategia dominante existen:

- Estrategia estrictamente dominante: Mejor respuesta independientemente de lo que hagan sus rivales.
- Estrategia débilmente dominante. En general jugar de una manera o de otra es igual de acertado. A veces una es mejor que la otra.

Equilibrio de las estrategias dominantes es aquel en que todos los jugadores posean una estrategia dominante. En esta situación nadie tiene en cuenta la actuación de los demás.

Estrategia dominada, es la peor acción que puede escoger la empresa.

Supongamos dos compañías aéreas que van a lanzar una oferta para ir de X a Y y esta oferta es simultánea. Se preguntan qué horario es mejor para los pasajeros. Mediante un estudio ven que un 80% de los clientes potenciales prefiere el horario de tarde mientras que un 20% el de mañana.

Si coinciden en el horario dividen el mercado. Si A elige mañana y B también, ganan (30 y 15). Si B elige tarde ganan (30,30). Si A elige tarde puede ganar 70 o 35, dependiendo de que B elija mañana o tarde. Luego la estrategia dominante de A es horario de tarde y la estrategia dominada horario de mañana.

Puede ocurrir también que no exista una estrategia dominante. En este caso se debe recurrir al **equilibrio de Nash**. En este sentido, las empresas obtienen resultados óptimos sabiendo los precios de sus rivales y sin tener voluntad de cambiar la opinión.

Continuando con el ejemplo anterior:

Las dos compañías A1 y A2 intentan fijar precios. Supongamos que hay p viajeros que pagarían A y $n-p$ que pagarían B. Si las dos establecen el mismo precio, se repartirían el mercado. Supongamos que el coste de un pasajero es C. Si ambas fijan el precio en A la mitad de los clientes se van a A1 y la otra a A2. En este caso, los beneficios de cada una ascienden a:

$$[p/2 \times (A)] - [p/2 \times (C)]$$

Si ambas fijan el precio en B se tendría:

$$[(p+q) \times (B) - (p+q) \times (C)]$$

Por otro lado si una eleva los precios y la otra los baja los beneficios serán para la que los baja y será:

$$(p+q) \times (B-C)$$

Sin embargo no hay estrategias dominantes. Lo que si se ve claro es que ambas tienen que tomar la misma decisión.

Está claro que cada empresa espera de la otra precios bajos para obtener beneficios. Este sería el equilibrio de Nash.

Por otro lado también aparece un equilibrio de Nash si se ponen precios altos. Luego vemos que se pueden tener varios equilibrios de Nash. En este sentido la experiencia y conocimiento de las otras empresas es vital para el juego.

5.2 Estrategia Maximin

Ernst Zermelo (1871-1953) formuló que, un juego secuencial y combinatorio vienen determinados desde la primera jugada siempre que los jugadores elijan la mejor opción el primero hacia la victoria y el segundo minimizando con sus jugadas las mejores jugadas que pueda tener en su turno el primer jugador. Esto se llama el valor *Maximin* para el primer jugador y *Minimax* para el segundo. Este resultado será llamado posteriormente **Teorema Minimax**.

Más adelante **John von Neumann** formaliza este teorema diciendo que si el juego es de suma cero donde las estrategias de los jugadores son finitas y conocidas siempre es posible minimizar la pérdida máxima para ambos jugadores.

Fue, más tarde, John Forbes Nash el que analizó la Teoría de las decisiones de Mercado y cómo aplicar la teoría minimax en este ámbito. En particular lo hizo para la competencia de las empresas en los mercados, la acción de los juristas, las estrategias militares, etc.

Así podemos definir la estrategia **Maximin** como la que “*maximiza la ganancia mínima que puede ser obtenida*”. Es una estrategia que elimina riesgos pero no llega al máximo beneficio posible.

Es decir, un jugador A elegirá la estrategia que le permita, en caso de perder, sufrir la menor pérdida posible. Así, el jugador A, empleará **Maximin** maximizando su ganancia mínima adelantándose. El jugador B usará **Minimax** minimizando las ganancias de A y de camino sus propias pérdidas.

Resumiendo:

- **Maximin**: Suponiendo el peor escenario se intentan las mejores condiciones.
- **Minimax**: Se reconoce que la decisión no es la mejor pero si la que infiere un menor coste.

Observemos el siguiente ejemplo:

		EMPRESA B	
		Izquierda	Derecha
EMPRESA A	Arriba	1,0	1,1
	Abajo	-3000,0	3,1

Tabla 5. Matriz de ganancias

Vemos que la empresa B tiene como estrategia dominante jugar “ Derecha.” La A se vería obligada a jugar “Abajo”. Sin embargo, si A decide jugar “Abajo” pero B no sigue su estrategia dominante A sufriría muchas pérdidas. Esto llevaría a A a ser conservadora para optimizar su pago.

Para conocer la estrategia maximin tenemos:

Estrategias – Ganancias de la Empresa A:

EMPRESA A		Arriba	1	1	1	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Ganancia Mínima por cada estrategia </div>
		Abajo	-3000	3	-3000	

Máxima ganancia mínima

Tabla 6. Matriz Empresa A

Estrategias – Ganancias de la Empresa B

		EMPRESA B	
		Izquierda	Derecha
	0	1	
	0	3	
	0	1	

Máxima ganancia mínima

Tabla 7. Matriz Empresa B

A emplearía jugar “Arriba” y B jugar “Derecha”.

5.2 Estrategia Mixta

Hasta el momento sólo hemos tratado las estrategias puras. En estas, los jugadores optan por una acción determinada. Pero como puede entenderse, hay situaciones donde no caben este tipo de estrategias. Aparecen entonces las llamadas estrategias mixtas, definidas por **Pindyck (2009)**, como las estrategias que se eligen con aleatoriedad de un paquete de acciones. Veamos el siguiente ejemplo:

El juego de las monedas.

Dos jugadores, A y B, lanzan monedas al aire. Si ambas son cara o ambas son cruz A gana y B pierde y por el contrario gana B y pierde A. Vemos los pagos en la siguiente matriz.

		Jugador B	
		Cara	Cruz
Jugador A	Cara	1,-1	-1,1
	Cruz	-1,1	1,-1

Tabla 8. Matriz del Juego de las Monedas

Observar que no existe un equilibrio de Nash de estrategias puras. De hecho se puede ver que no existe una combinación adecuada de cara-cruz. Sin embargo si será posible encontrar un equilibrio de Nash de estrategias mixtas.

En general si habrá soluciones para los problemas con estrategias mixtas lo cual no quiere decir que sus soluciones sean satisfactorias siempre. En la toma de decisiones empresariales no pueden aplicarse ya que el rival puede fijar el precio de forma aleatoria.

Varian (1996), afirma que conociendo la frecuencia de las elecciones del rival el equilibrio de Nash cada jugador elige la estrategia con frecuencia óptima.

Por otro lado en un mismo juego pueden darse equilibrios de estrategias puras y mixtas. Vemos el siguiente ejemplo.

La batalla de los sexos

Dos personas quieren salir juntas pero una prefiere ir a un concierto y la otra al fútbol. Sin embargo, por encima de estas preferencias prefieren estar juntos.

A continuación escribimos la tabla de ganancias.

		Jaime	
		Fútbol	Concierto
Julia	Fútbol	2,1	0,0
	Concierto	0,0	1,2

Tabla 9. Matriz de ganancias

Hay dos equilibrios de Nash de estrategias puras, o ir juntos al concierto o ir juntos al fútbol. El equilibrio está en que ninguno de los dos cambiará de opinión después de conocer la decisión del otro.

Por otro lado Julia elige el fútbol con probabilidad $2/3$ y $1/3$ el concierto mientras Jaime elige el fútbol con probabilidad $1/3$ y el concierto con $2/3$. Ninguno podrá mejorar su bienestar con otra estrategia luego el resultado es aleatorio y piensan ganar $2/3$.

En este caso no aceptan estrategias mixtas ya que ganan menos que con las puras. Luego no es siempre razonable seguir estrategias mixtas.

6 MODELOS DE COMPORTAMIENTO DE LAS EMPRESAS EN EL MERCADO

En este punto repasaremos algunos modelos de comportamiento de las empresas. Usaremos la Teoría de Juegos para analizar comparativamente el monopolio y el oligopolio y las empresas en competencia.

6.1 La competencia monopolística

En general un vendedor monopolista puede cobrar el precio que desee por un producto siempre por encima del coste marginal.

En un marco ideal la empresa asume el precio debido al mercado y ajusta la cantidad q de producto a las fluctuaciones de este. Luego la cantidad del producto depende del precio $q(p)$. En cambio, se habla de monopolio cuando son empresas cantidad-decisoras, que deciden la cantidad Q que desean vender y luego fijan el precio adecuado para que los demandantes lo puedan adquirir. $P(Q)$.

En competencia cada empresa tiene su demanda y es horizontal ya que la empresa ofrece la cantidad de producto que quiera en función al precio de mercado. Sin embargo, un monopolio tiene toda la demanda del mercado (D). Su curva tendrá pendiente negativa ya que si quiere vender más debe abaratar los precios.

6.2 El oligopolio

Lo habitual no son las situaciones anteriores sino el de un número reducido de empresas que tienen una tasa muy alta de mercado. Es el llamado oligopolio.

Desde la teoría de juegos, es más interesante analizar los oligopolios debido a que podemos ver las empresas como jugadores que toman decisiones estratégicas.

En el oligopolio, la empresa se ve obligada a actuar de una forma estratégica. Debe predecir los movimientos de sus contrincantes. Deberá tomar la decisión más conveniente para ellas sabiendo que las demás empresas en su lugar harían lo mismo. Debido a este dinamismo se ve que los juegos serán de tipo infinito.

Usaremos el duopolio y analizaremos brevemente los distintos modelos que existen:

- a) Modelos con comportamiento estratégico: las empresas saben que sus decisiones tendrán consecuencias en el comportamiento de las demás empresas.
 - Modelo de Cournot (Juego simultáneo)
 - Modelo de Bertrand (Juego simultáneo)
 - Modelo de Stackelberg (Juego secuencial)

- b) Modelo de comportamiento estratégico: generalizar al monopolio y la competencia perfecta.
 - Modelo de la empresa dominante

6.2.1 Modelo de Cournot

Aquí las empresas compiten por la cantidad de producto que saldrá al mercado. Esta posición se toma independientemente de las otras empresas pero simultánea con ellas.

Se basa en

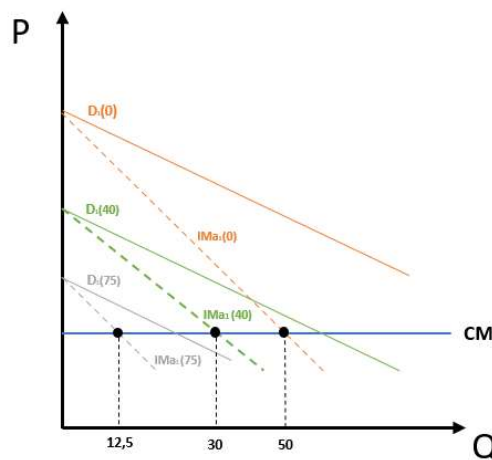
- Mercado duopolio.
- Bien homogéneo.
- El precio de mercado es único y depende de la cantidad ofertada de producto de las diversas empresas.
- Se supone fijo lo que cada empresa rival producirá y la decisión de producir es simultánea. Estas son las premisas fundamentales.

Como ejemplo supongamos dos empresas: Empresa 1 y Empresa 2 que producen q_1 y q_2 respectivamente de forma simultánea. La cantidad total producida resulta: $Q_T = q_1 + q_2$.

Su beneficio serán los siguientes en función del coste de producción del producto y del precio del mercado.

$$B_1 = P \cdot q_1 - C_1(q_1) \qquad B_2 = P \cdot q_2 - C_2(q_2)$$

Abajo se identifican las llamadas curvas de demanda :

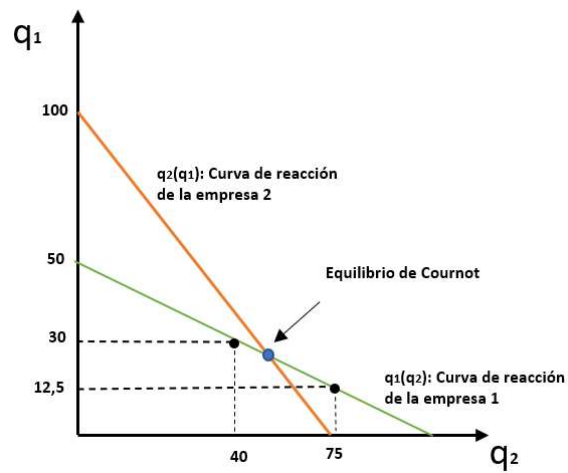


Gráfica 1. Curvas de demanda en Cournot.

Si la Empresa 1 piensa que la 2 no va a producir nada, entonces su curva en el cero, $D_1(0)$, coincidirá con la demanda del mercado. ($q_1^* = 50$). Si piensa que producirá q_2 unidades, la curva baja hacia la izquierda $q_1^* = q_1(q_2)$.

Cuando ambas curvas se cortan aparece el equilibrio. Es un equilibrio que estima la relación entre el máximo de la empresa y la cantidad de producto que piensa que va a producir la otra empresa. Podemos verlo como un equilibrio de Nash donde las empresas no piensan en cambiar la cantidad a producir.

Aquí se muestra un ejemplo de dicho equilibrio $q_1^* = q_1(q_2)$ y $q_2^* = q_2(q_1)$.



Gráfica 2. Equilibrio de Cournot

6.2.2 Modelo de Bertrand

En este modelo la competición no es por la producción sino por los precios.

- Tienen que esforzarse por averiguar el precio de las demás.
- El bien es único.
- Se eligen simultáneamente el precio de los productos.

El equilibrio se consigue cuando maximizan el beneficio por los precios.

Si la empresa A fija un precio P_1 , la empresa B tiene varias opciones.

1. $P_2 > P_1$: Perderían la demanda por lo que $q_2=0$.
2. $P_2 = P_1$: El mercado se reparte entre ambos.
3. $P_2 < P_1$: En este caso, $q_1=0$.

Es claro que lo más beneficioso para la empresa B es la tercera opción. Normalmente, a lo largo del tiempo, se llega al equilibrio 2. Es importante resaltar que el precio debe ser mayor que el coste de producción para obtener beneficios.

6.2.3 Modelo de Stackelberg

Habitualmente las empresas no actúan simultáneamente, de hecho, si la empresa 2 actúa una vez conocido lo que ha hecho la Empresa 1, a la Empresa 1 se le llama líder y a la Empresa 2 seguidora.

Empresa líder: La primera empresa fijará su precio y producción en función de la demanda.

La empresa 1 intentará maximizar su beneficio sabiendo que la 2 conocerá sus pasos. La empresa 2 se comporta según el modelo de Cournot.

6.2.4 Modelo de de empresa dominante

Una empresa abarca casi todo el mercado y el resto de la demanda es abastecido por pequeñas empresas. La empresa dominante fija el precio del producto para optimizar su beneficio teniendo en cuenta de manera relativa a las empresas pequeñas.

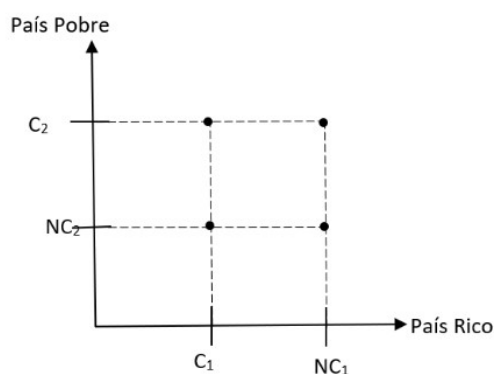
7 APLICACIÓN

Nuestra aplicación consiste en intentar aplicar lo visto a un caso habitual en el mundo actual. Se tienen dos países, uno desarrollado y el otro no. Una empresa del país desarrollado intentará instalarse en el otro país lo cual provoca diversas situaciones que veremos a continuación.

Podrán darse situaciones en que la empresa sea bien acogida por el país de destino o al contrario, que las empresas que se dediquen a producir productos similares se pongan en contra. Hay que encontrar estrategias que permitan abordar este tipo de problemas.

Encontramos dos tipos de problemas uno referido al conflicto externo de la empresa con sus competidores y otro interno ya que habrá departamentos en ambas empresas que se vean perjudicados por la acción tanto impulsoras como retractoras del acuerdo. Es posible que un departamento de una empresa se vea perjudicado por la negociación y que el juego de negociación venga determinado por las negociaciones interdepartamentales.

Hay cuatro resultados posibles basados en las acciones de cooperar (C) y no cooperar (NC). A partir de ahora, una empresa proveniente de un país desarrollado será la Empresa 1 y Empresa 2 para aquella cuyo domicilio social esté en un país subdesarrollado. Las cuatro posibilidades se muestran en el siguiente diagrama.



Gráfica 3. Posibles situaciones del juego.

Cada empresa, tendrá un orden de preferencia para actuar en función de las experiencias con otros acuerdos y según sus circunstancias en ese momento.

La empresa 1, tiene como preferencias y según este orden:

- LC: libre comercio en la zona de la empresa 2.
- ST: status quo (estado actual), de forma que si la situación se trunca, y la empresa no quede afectada.
- P: protección de sus intereses.

Por otro lado existen los llamados grupos de presión. Para la Empresa 1 estos son:

- Productores generales. Suelen ser departamentos relacionados con la producción y presentan en todos los lugares donde tienen sedes las empresas. Normalmente consiguen que los costes de los productos en los países de origen sean menores consiguiendo buenos créditos.

Estos productores suelen colocar sus excedentes en los nuevos mercados con facilidad y los países de nueva implantación acogen con buenos ojos a estas empresas ya que aumentan el nivel de vida de sus ciudadanos.

Un ejemplo es el de la empresa Alibaba la cual cuando se establece en un país subdesarrollado, dotan al país de infraestructuras, carreteras, etc, y que junto con la ayuda del gobierno local aumenta la calidad de vida de los ciudadanos. Por supuesto, estas empresas suelen tener protección por parte del gobierno del país donde se implantan.

De este modo, las preferencias serán: LC, ST, P.

- Productores más específicos. Aquí la empresa tiene más competidores dentro del propio país ya que se enfrenta a las empresas locales que ya tienen su propia infraestructura. Los beneficios y la protección ya no están tan claros. Quedando entonces las preferencias ordenadas como P, ST, LC.
- Productores (y consumidores locales) de productos susceptibles de exportación por países subdesarrollados. El libre comercio les perjudica debido al bajo precio de los productos exportados por las otras empresas. Relamente son sectores poco protegidos por su gobierno. Aquí el más poderoso es el primero, segundo el segundo. Se opta por proteger al segundo grupo.

En general, serán las preferencias: ST, LC, P.

Para la empresa 2, se tienen los siguientes grupos de presión:

- Productores exportadores. Exportan productos propios asumiendo el coste de mano de obra y materias primas. Su mayor beneficio está en la competencia en este tipo de comercio. Suele ser un grupo de presión poderoso.

Sus preferencias ordenadas son: LC, ST y P.

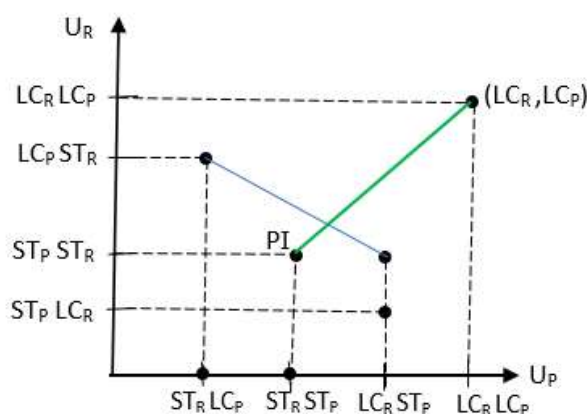
- Productores tradicionales. Son familias productoras de elementos de causa propia. Sus beneficios vienen de la venta a personas con recursos de su país. Están afectados notablemente por el acuerdo debido a que su país prefiere fomentar el primer grupo de empresas ya que es su motor económico. Sus preferencias son: P, ST, LC.

Los consumidores van al unísono con las empresas del grupo 1 ya que este grupo permite la entrada de productos que no pueden ser abastecidos por el grupo 2 debido a su falta de infraestructura y de desarrollo.

7.1 Resultado del Juego

En general hemos visto que la protección de los intereses no es una preferencia importante por la naturaleza de estos acuerdos luego podemos eliminarla de nuestro análisis.

Partimos de una situación inicial (PI) con (ST_P, ST_R) , indicando el status quo inicial para ambos países. El punto (LC_R, LC_P) es utópico puesto que sería prácticamente imposible alcanzar una situación en la que ambos jugadores ganen mucho. El subíndice P indica país pobre y el R rico.



Gráfica 4. Resultado del Juego

En primer lugar, se traza un segmento entre LC_P, ST_R y LC_R, ST_P . Para que la solución tenga sentido, este segmento debe estar, geoméricamente hablando, por encima del punto inicial de equilibrio PI.

Posibles equilibrios

La solución al problema se encontrará en el segmento que une el punto inicial (PI) con el punto Utópico (PU). Buscaremos este segmento como el cierre convexo con extremos en ambos puntos estando la solución de la negociación en un punto del segmento.

Esto es:

$$\lambda \cdot (X_{PI}, Y_{PI}) + (1 - \lambda) \cdot (X_{PU}, Y_{PU}) \quad \forall \lambda \in [0, 1]$$

La solución no es fácil de hallar, sin duda no puede ser el punto final ya que el país pobre no podría soportar ni los costes de liberalización de su mercado ni los costes de transición de su nueva economía.

Una vez llegados a un pseudoequilibrio debe verse una reciprocidad mutua, esto se consigue con periodos transitorios de adaptación, condonaciones de deudas y protección de intereses. También debe darse una buena protección a los productores ricos para que no pierdan excesivo dinero durante dicho periodo de transición.

7.2 Aplicación numérica

Ahora, se desea comparar numéricamente las decisiones a tomar por dos empresas. En primer lugar, una empresa proveniente de un país rico, Opción A, que decide instalarse en un país más pobre o subdesarrollado y en segundo lugar, una empresa originaria de un país pobre, Opción B, que debe decidir si instalarse en un país más rico. La matriz de decisión importada desde Excel que se muestra a continuación servirá de apoyo para realizar la aplicación numérica del caso.

Se establecen en primer lugar unos criterios a los cuales se atenderá a la hora de tomar la decisión final. Dependiendo de la importancia considerada para cada uno, se les asignará una puntuación desde 1 hasta 3 puntos, de menos a más importancia. En la columna de puntuación, habrá una subdivisión, para cada opción A o B. Dependiendo del grado de cumplimiento de cada criterio por cada opción se podrá obtener una puntuación desde 1 hasta 5 si se trata de un cumplimiento de criterios máximo y 1 en caso contrario.

Opción A: País Rico
Opción B: País Pobre

Importancia:
1 = menos/poco importante
2 = importante
3 = muy importante

Puntuación:
1 = cumple criterios de 0% a 20%
2 = cumple criterios de 20% a 40%
3 = cumple criterios de 40% a 60%
4 = cumple criterios de 60% a 80%
5 = cumple criterios de 80% a 100%

Criterios	Importancia	Puntuación		Breve justificación de la puntuación	Puntuación ponderada	
		Respuesta	Respuesta		Respuesta	Respuesta
		Opción A	Opción B		Opción A	Opción B
Adecuación a los objetivos de exportación	3	4	1	Un país rico tendrá más medios (transporte, información, contactos, infraestructuras...) para llevar a cabo una exportación.	12	3
Preferencias de los beneficiarios. Empresas privadas	3	4	2	Los productos exportados serán mejor acogidos en un país con alto nivel de vida y cuyos habitantes se puedan permitir el gasto.	12	6

Costes	2	2	4	Los costes siempre serán menores en un país más pobre y por tanto más asequibles para empresas de tipo A.	4	8
Riesgos	2	1	5	Una empresa instalada en un país más pobre tendrá una legislación menos exigente, esto le lleva a tener una menor prevención de riesgos en todos los sentidos.	2	10
Mercado	3	3	2	Será una situación más favorable si se trata de un mercado competitivo. En cuanto al mecanismo, será interesante adoptar una estrategia de precios de penetración, desarrollar alianzas estratégicas, flexibilidad, entre otras.	9	6
Plazos	1	2	4	Instalarse en un país subdesarrollado, requiere una mayor inversión económica y temporal. Será necesario construir las infraestructuras necesarias para el correcto desarrollo de la actividad.	2	4

Capacidad organizativa	2	4	2	Las capacidades organizativas ayudan a optimizar la distribución de los recursos disponibles y a hacer una mejor designación de tareas. En resumen, hacer una programación más exacta dará mejores resultados.	8	4
Financiación	2	5	1	Suele ocurrir que los países subdesarrollados cuentan con gobiernos bastante ricos. A estos les interesará que grandes empresas inviertan en sus regiones, para ello, ofrecerán ayudas económicas golosas.	10	2
Políticas gubernamentales	3	5	1	La empresa proveniente de un país rico está más habituada a cumplir con la normativa establecida. En los países pobres, cuentan con regulaciones menos estrictas. Es por esto por lo que en los países donde hay más polución suelen ser los menos desarrollados debido al escaso control ambiental.	15	3
Infraestructura y servicios	1	5	1		5	1

Impacto secundario	2	2	5	Los países subdesarrollados “abrazan” estas políticas ya que elevan el nivel de vida de sus consumidores. Por ello, las empresas tienen protegidos sus intereses debido a la buena acogida por parte de sus homónimas.	4	10
Puntuación total		37	28	Puntuación total ponderada	83	57

Opción seleccionada: Calculada la puntuación, resultará más interesante optar por la modalidad A, es decir, introducir una empresa proveniente de un país rico en uno menos desarrollado y menos rico.

Fortalezas identificadas: Infraestructura y servicios, Financiación recibida, Políticas gubernamentales a favor.

Posibles debilidades: En la mayoría de las situaciones, la opción ganadora es la A. No obstante, se pueden dar ciertas casuísticas en las que el país rico se vea en una clara desventaja frente al pobre. Por ejemplo, si se presenta la necesidad de una producción masiva y a eso se le suma que dichos productos se cotizan bastante en el mercado externo al mismo. El país subdesarrollado responderá mejor y recibirá un gran apoyo de su gobierno para fortalecer las exportaciones. El caso de la exportación de cítricos de Marruecos es un buen ejemplo. Marruecos ha conseguido hundir a los líderes en exportaciones europeos de cítricos, España e Italia, satisfaciendo él solo la demanda de toda Europa. El resto de los países que ven que estos productos son igual de buenos y lo pueden conseguir por un precio mucho menor, no dudan en comprar los cítricos procedentes de Marruecos. Y contra el precio de mano de obra africana, en Europa es imposible competir.

REFERENCIAS

[1] Autor, «Este es el ejemplo de una cita,» *Tesis Doctoral*, vol. 2, nº 13, 2012.

[2] O. Autor, «Otra cita distinta,» *revista*, p. 12, 2001.

