

Fijación de precios dinámicos en Internet mediante simulación con hoja de cálculo

Bernal García, Juan Jesús- juanjesus.bernal@upct.es
Martínez María-Dolores, Soledad María- soledad.martinez@upct.es
Sánchez García, Juan Francisco - jf.sanchez@upct.es
Dpto. de Métodos Cuantitativos e Informáticos
Universidad Politécnica de Cartagena.

RESUMEN

Tradicionalmente se plantea el problema del desconocimiento a priori de la función de demanda que caracteriza a los clientes de una empresa. Esta incertidumbre es mayor si entramos en el entorno de la Red. Además, el precio es un factor determinante de compra para los usuarios de Internet. Esto deriva en la importancia que tiene la elección de una estrategia de fijación de precios en un comercio tradicional, pero aún más en una tienda virtual. Procedemos por ello a revisar algunos procedimientos planteados para alcanzar la estrategia óptima de precios en el B2C, simulando las operaciones que determinan cuál es la estrategia que en un periodo de tiempo maximiza el valor presente neto esperado de los beneficios, resolviendo los cálculos de una manera práctica utilizando una herramienta asequible, las hojas de cálculo, esbozando así un panorama en el que podremos elegir la opción más adecuada al iniciar una actividad comercial en Internet.

ABSTRACT

Traditionally, the issue of lack of prior knowledge of the demand function which defines company customers is raised. This uncertainty is larger if we access net domains. In addition, price is a determining factor in Internet-users purchase. This results in the importance of the choice of a price-fixing strategy in a traditional business, let alone in a virtual store. We therefore proceed to revise certain proceedings raised to reach an optimal price strategy in the B2C, simulating operations that determine which is the strategy that, in a time span, maximizes the net present value expected from the benefits, solving calculations in a practical way by using a feasible tool, i.e. spreadsheets, thus drafting a panorama in which we may make the most adequate choice on initiating a commercial activity in Internet.

Palabras Clave: Comercio electrónico; estrategias de precios; incertidumbre; problemas de decisión; hoja de cálculo.

Keywords: e-commerce; price strategies; uncertainty; decision problems; spreadsheet.

Clasificación JEL (Journal Economic Literature): C15

Área Temática: Informática aplicada a los métodos cuantitativos

1. INTRODUCCIÓN

Aunque se puede situar el uso comercial de Internet aproximadamente en 1994, es en los últimos años cuando ha alcanzado mayor auge y es indiscutible la importancia que está adquiriendo el negocio electrónico hoy en día.

Hemos de tener en cuenta que como en cualquier negocio tradicional, en la Red no se debe de improvisar. En Internet todo se mueve muy rápido pero por esa misma razón hay que aprovisionarse de un buen plan estratégico previo, contar con objetivos claros y planes de trabajo, establecer metas concretas y beneficios alcanzables, y organizar una evaluación constante y continua del avance o fracaso de los fines propuestos.

Con la implantación de las nuevas tecnologías en los mercados tradicionales, surgen nuevos modelos de empresa que pretenden principalmente la captación de nuevos clientes o reforzar la imagen de la misma, dándole un carácter de modernidad primando para ello la calidad total en el servicio. Se suele decir que “*ya no se existe si no estás en la Red*”, esto es muy importante a la hora de establecer nichos de mercado y de hacerse notar con una marca fiable y conocida en nuestros clientes potenciales. Nace de esta forma una visión centrada en el cliente, sustentando las empresas su actividad comercial en la personalización del producto así como en la facilidad que conlleva el uso de Internet como canal de información interactivo, permitiendo una adaptación rápida, fluida y casi instantánea a las necesidades del consumidor final.

Este sistema de comunicación cliente-empresa permite efectuar acciones personalizadas y prácticamente inmediatas de marketing sobre el cliente tanto publicitarias, promocionales, de distribución como en el precio, lo que debería implicar que éstas sean mucho más efectivas. Pero además se obtendrán una serie de ventajas añadidas como son la disminución de errores en el proceso, minimización del tiempo y

de los costes de cada transacción, y como ya hemos indicado anteriormente, la personalización no sólo de las acciones comerciales sino del producto en sí mismo por parte del cliente. Tendremos información actualizada de manera continua sobre las demandas de nuestros clientes potenciales y deberemos de ser capaces de dar respuesta a las mismas en un breve plazo de tiempo.

Teniendo en consideración lo anteriormente expuesto, nacen también nuevos planteamientos a la hora de enfrentarse a problemas tradicionales del funcionamiento del mercado, como puede ser la forma de fijar los precios en una tienda virtual. Uno de los principales atractivos de la venta a través de la Red consiste en la reducción del precio al cliente, que puede oscilar entre un 20 y un 40%, razón por la cual resulta muy importante el poder estimar dicho precio adecuadamente.

Tal y como ocurre en la manera tradicional, una tienda virtual a priori desconoce cual es la función de demanda de los consumidores. En ambos casos se pueden establecer aproximaciones a dicha función, utilizando datos históricos recogidos durante un periodo de tiempo determinado, por ejemplo, pero en cualquier caso esto implica un cierto nivel de incertidumbre. Por tanto existe un problema de decisión bastante importante, ya que el precio va a ser al fin y al cabo, uno de los elementos clave para obtener beneficio, objetivo principal perseguido por cualquier tipo de empresa.

2. OBJETIVOS DE LA ELECCIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE PRECIO

Sabemos que el precio es un factor principal que condiciona la cuota de mercado y que sirve como herramienta de estímulo a la demanda, además de que es un elemento crucial en el desarrollo de la rentabilidad futura de la empresa.

Según este planteamiento, la empresa ha de implantar una estrategia de precio situándola dentro de unos márgenes, que normalmente los autores establecen utilizando como límite inferior para el precio o umbral mínimo, los costes y la rentabilidad mínima que se desea obtener, y como máximo, la capacidad de respuesta y de absorción del mercado. Por tanto, el techo en la fijación de precios será función siempre de la capacidad de la demanda de nuestro producto en el mercado, circunstancia que para el mercado virtual es desconocida¹. Es necesario no dejar en el olvido el conjunto de

¹ Philip Kotler, Dionisio Cámara e Idelfonso Grande. "Dirección de Marketing". Ed Prentice Hall. 1999. XVII Jornadas ASEPUMA – V Encuentro Internacional

precios por los que opte la competencia, ya que estos serán un elemento que nos impondrá el perfil del intervalo en el que pueden fluctuar los nuestros.

Jean Jacques Lambin ha denominado *coherencia interna* a ese umbral mínimo que fijan los costes y la rentabilidad que se desea obtener, es decir lo que más adelante se define como *precio objetivo*, y *coherencia externa* al límite máximo fijado en función de la demanda y la competencia a la hora de escoger una u otra estrategia de precios².

En resumen, las decisiones en el precio influyen de manera directa sobre el nivel de la demanda y de actividad de la empresa, sobre la rentabilidad de la actividad y en consecuencia sobre el margen de beneficio previsto y la posibilidad de amortizar los cargas de estructura en el plazo previsto, y por último sobre la percepción y posición final del producto frente a la competencia. Es importante por tanto hacer una elección adecuada de la estrategia de precio, pero sobre todo cuando se tiene que hacer por vez primera.

Además en la actualidad los productos se han de rentabilizar en plazos de tiempo menores, debido a que la implantación de nuevas tecnologías acorta los ciclos de vida, porque permiten la proliferación de marcas e innovaciones mucho más rápidas. Por esta razón la elección adecuada de un precio desde el inicio de la actividad comercial, nos permitirá alcanzar la rentabilidad deseada en un plazo óptimo. Pero si se opta por una estrategia inadecuada en el inicio de la vida de un producto, las desviaciones serán más preocupantes ya que no se pueden corregir de forma rápida y eficazmente en un plazo breve de tiempo, por lo que la competencia se podría adelantar. Teniendo en cuenta que en el comercio electrónico la velocidad de las transacciones es aún mucho más veloz, las oportunidades de venta que se pueden perder por no plantear una buena estrategia de precios desde el principio son también mayores.

Los objetivos tradicionales al establecer una estrategia de precios son tres principalmente: maximizar el beneficio, maximizar la cifra de ventas o situarse en los niveles de la competencia. Consecuentemente, la empresa debe de intentar elaborar una estrategia que le permita combinar los factores principales de establecimiento de precio (costes, demanda y competencia) y que además le lleve a la consecución de alguno de los objetivos mencionados.

Nosotros en el ejemplo utilizado como modelo vamos a optar por la maximización del beneficio ya que es esta opción la que resulta más habitual.

² *Jean-Jacques Lambin*. "Marketing Estratégico". Ed. Mc Graw Hill. 1996.

3. MÉTODOS DE FIJACIÓN DE PRECIOS

La empresa puede basarse en distintos métodos para fijar sus precios, según utilice como datos de partida los derivados de la función de demanda, de la competencia o de los costes. Uno de estos métodos es el conocido como “*técnica marginalista*” o “*modelo teórico clásico*”, que se basa en el supuesto de que el precio se relaciona con el volumen de ventas por lo que buscaremos el que permita un beneficio máximo. Esta técnica nos plantea el problema de la obtención de la función de demanda prevista.

Otros métodos a tener en consideración para decidir qué precio utilizar en la tienda virtual podrían ser los árboles de decisión, la programación por objetivos, los modelos probabilísticos, etc. En nuestro modelo nosotros vamos a fijarnos en los llamados precios internos, es decir los precios que calcula la empresa en función de los datos que conoce, es decir, los costes. Recordamos dos formas de cálculo del coste unitario: el **Full-cost**, que consiste en que el producto incluye la parte proporcional de coste fijo y el margen se destina a beneficios, y el **Direct-costing** en el que los costes fijos cubiertos por la cifra de ingresos, no se incluyen en el producto y el margen debe cubrir dichos costes fijos.

Dentro de estos precios internos podemos diferenciar:

- **Precio umbral** o límite (P_u). Con él no obtenemos ningún margen bruto ya que se basa en los costes directos (c_d), es decir:

$$P_u = c_d$$

- **Precio técnico** o correspondiente al punto muerto (P_t). Añadimos al precio umbral las cargas de estructura, suponiendo un determinado volumen de actividad ($V_{(Q)}$), según el cual vamos a repartir la estructura de costes fijos (c_f).

$$P_t = c_d + \frac{c_f}{V_{(Q)}}$$

- **Precio objetivo** o suficiente (P_o). Incorporamos al precio técnico una restricción adicional, el beneficio mínimo que se desea obtener. Este beneficio se puede calcular:

- Según el volumen de actividad previsto ($V_{(Q)}$), al capital invertido (K) y a una tasa de rentabilidad deseada (t_r):

$$P_o = c_d + \frac{c_f}{V_{(Q)}} + \frac{K \times t_r}{V_{(Q)}}$$

• En función de un margen fijo (m_f):
$$P_o = \frac{P_t}{(1 - m_f)}$$

Nos encontramos con un *problema* claro a la hora de establecer el precio objetivo por el primer método, y es que desconocemos *el volumen de actividad previsto con certeza*, al igual que ocurría en la técnica marginalista, y además nada nos asegura que aunque realicemos una estimación del mismo, este se alcance para el precio fijado. Normalmente se incrementará el precio si el nivel de actividad real es inferior al previsto sin entrar a considerar si ese incremento es la estrategia adecuada o no frente a una insuficiente demanda, por el contrario, si las ventas son mayores, los costes de estructura se distribuyen sobre un volumen mayor con lo que los precios objetivo disminuyen, por lo que se podría optar por una disminución en los precios.

Lambin³ plantea que si todas las empresas competidoras de un sector adoptan esta política de precio, terminarán por equipararse y se acabaría con la competencia en precios. Además, señala que las decisiones así tomadas, basándose solo en los costes al final pueden perder de vista sus intereses iniciales generándose un círculo vicioso: el volumen determina los costes, que a su vez determinan los precios que a su vez determinan la demanda.

Por esta razón, entre otras, las empresas se inclinan por la utilización de la fijación del precio objetivo calculado mediante la incorporación de un margen fijo (técnica marginalista), método que resulta simple en sus cálculos y que asegura la obtención de un beneficio mínimo, aunque ignora por completo los factores exógenos a la empresa (demanda y competencia), siendo este su principal problema. Normalmente se aplicarán márgenes más altos sobre productos cuyo ciclo sea estacional, o tengan una demanda rígida o que planteen altos costes de almacenamiento y manipulación. En la red, este último caso, se suaviza, ya que no es necesario disponer de un artículo concreto en el almacén para poder ponerlo en venta, por lo que los costes de almacenamiento disminuyen considerablemente.

Como nosotros no disponemos de información a priori sobre la demanda y la competencia, en el modelo presentado, hemos utilizado esta última técnica, estableciendo un margen fijo de beneficio para obtener el precio mínimo inicial.

³ Ob. cit. 2

Una vez que ya hemos establecido nuestra empresa y hemos comenzado su actividad, podremos obtener esa información retroalimentándonos desde el mismo entorno de la negociación, derivándose esta de la experiencia adquirida durante todo el periodo en un proceso de aprendizaje. La información obtenida será más rica en función de la posibilidad positiva de experimentar que exista en esa actividad empresarial y en el mercado en el que se sitúe. Si el nivel de incertidumbre del mercado es muy alto, solamente podremos establecer el *nivel de precios óptimo* experimentando.

Centrándonos en Internet, podemos comprobar que nos movemos en una zona de mercado con un nivel claro de incertidumbre, en el cual la experimentación es más que posible con respecto a los precios, ya que el coste derivado del cambio a una u otra estrategia en el precio es muy bajo. También hay que tener en cuenta que los procesos de aprendizaje en este entorno son de carácter rápido y fluido, por lo que las empresas tienen dos opciones claramente diferenciadas: escoger un precio en función a la información que ya conocen y que han obtenido por aprendizaje o bien en función a la experimentación, es decir planteando nuevas modalidades de precio al mercado que puedan resultar beneficiosas para la empresa.

4. UN MODELO DE SIMULACIÓN DE PRECIOS EN UNA TIENDA VIRTUAL⁴

Benoît Leloup y *Laurent Deveaux* modelan desde una aproximación económica el problema de precios de una tienda virtual, partiendo de un primer estudio efectuado por *Rothschild* en donde se analiza la estrategia de precios de una tienda tradicional planteando un problema de decisión sobre dos precios que se podrían cargar a los consumidores. Estos autores van un poco más lejos, considerando un problema multi-armado de bandas de *Bernoulli* y *Bayesiana*, por el cual se determina una estrategia óptima, pero haciendo ciertos supuestos adicionales debido a la idiosincrasia propia de una tienda virtual en Internet.

Estos autores plantean los siguientes supuestos principales, partiendo de que no tenemos ninguna información sobre la función de demanda y que no se tienen en cuenta las relaciones empresa-empresa (B2B), sino principalmente las que tienen en cuenta al consumidor final (B2C):

⁴ “Dynamic Pricing on the Internet: Theory and Simulations”. Benoît Leloup and Laurent Deveaux
XVII Jornadas ASEPUMA – V Encuentro Internacional

1.- “La población potencial es extensa, por lo que puede ser considerada infinita”. El mercado es toda la web, por lo que los clientes no tienen una influencia significativa sobre la estrategia a utilizar.

2.- El modelo, para simplificar los cálculos, asume que “los clientes llegan en grupos del mismo tamaño y en un ratio constante”. Para seguir con esa simplificación, fija “la cantidad de producto que pueden comprar en una unidad por periodo”.

3.- “El precio que puede cargar la tienda a cada cliente pertenece a una serie finita y discreta”. El precio mínimo va a coincidir con lo que hemos denominado precio objetivo, y lo vamos a calcular según la metodología de fijación de precios internos determinada anteriormente, es decir, añadiendo al coste unitario de compra un margen de beneficio fijo.

En el modelo vamos a establecer ese coste unitario sin distinguir entre coste fijo y/o variable, para obviar el problema de la previsión de un volumen estimado de ventas entre las que se repartan las cargas de estructura del producto.

$$p_o = \frac{P_t}{(1 - m_f)} = C + m_b$$

donde:

C es el coste de compra por unidad de producto

m_b es la unidad mínima de beneficio que se pretende obtener

Ya sabemos que la experimentación en el comercio electrónico no supone grandes costes añadidos, por lo que el precio máximo que pueda presentar una tienda virtual puede ser un precio experimental, que nos aporte nueva información acerca del comportamiento de la demanda que podremos incorporar posteriormente al modelo.

4.- “No existe posibilidad de pacto entre el cliente y el vendedor, por lo que el precio fijado es el que la tienda decide publicitar”. En el comercio electrónico sólo existe un caso en el que esta teoría de juegos basada en el ultimátum no se cumple. Es el caso de las *subastas*, pero no afecta al modelo planteado porque se encuadraría dentro del C2C y no del B2C, y estaría fuera de nuestra población de estudio.

5.- No conocemos cómo un cliente va a reaccionar acerca de un precio que se establezca por lo tanto, el vendedor debe de “asociar la conducta del consumidor con probabilidades asociadas a los precios que estime oportuno ofertar”. Para poder extraer conclusiones apropiadas sobre la conducta de los clientes, debemos plantear el “supuesto de Homogeneidad”, es decir que cada consumidor tiene un comportamiento individualmente igual en media y representativo del colectivo de clientes potenciales.

Dentro de este supuesto, los autores identifican que para cada precio p_j , $j = 0,1\dots k$, existe una probabilidad asociada P_j , $j = 0,1\dots k$ de hacer una compra. La tienda virtual ha de suponer que esta distribución de probabilidad, no va a variar con el tiempo, por lo que se plantean “*estacionaridad para la función de respuesta del consumidor*”.

6.- Como ya hemos reiterado y debe de ser un supuesto claro de partida en el modelo, “*no conocemos a priori la función de respuesta real del consumidor*”. La tienda virtual podrá optar entre explorar para adquirir nueva información con el riesgo que conlleva o explotar la que vayamos adquiriendo.

7.- Consideraremos que la tienda virtual sigue una lógica *Bayesiana*, es decir que desea “*maximizar el valor presente neto esperado de sus beneficios en función de las probabilidades subjetivas que ya hemos asumido con respecto a la función de respuesta de los consumidores*”.

Una vez planteados los distintos supuestos podemos comenzar a establecer el modelo de toma de decisiones. Vamos a establecer el beneficio de la tienda virtual en un determinado periodo de tiempo t quitando el coste al precio elegido para ese momento del tiempo:

$$\pi(s) = p_j(t) - c$$

Lógicamente, este beneficio será real cuando el bien se venda y si el bien no se vende, será cero. Para establecer esta conducta de compra, definimos una variable aleatoria de *Bernoulli* asociada a cada precio, independientes e idénticamente distribuidas. La probabilidad de compra asociada al precio p_j va a ser :

$$P_j = P[Y_j = 1]$$

Nos queda establecer para cada periodo una serie discreta y finita de precios, variando solamente un precio en cada periodo, obteniendo así la serie o estrategia de precios determinada

$$S = [p^s(0), \dots, p^s(t), \dots, p^s(\infty)]$$

siendo $p^s(t)$ es el vector de precios escogido para el periodo t cuando la tienda virtual sigue la estrategia s . Obteniendo un vector de variables aleatorias de *Bernoulli* como función respuesta para cada vector de precios escogido en cada periodo siguiendo una determinada estrategia, obtendremos la matriz de cambio S .

El valor presente neto esperado de los beneficios asociados a la estrategia s será por tanto:

$$\Pi(s) = E \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \pi[s(t)] F(0) \right\}$$

donde:

$$\Pi[s(t)] = Y^s(t) [p^s(t) - c]$$

$F(0)$ es la información que la tienda virtual tiene en el momento $t=0$, y en nuestro modelo la consideramos nula para simplificar los cálculos.

\exists^t probabilidad de que la tienda virtual no pare su actividad en el tiempo $t = 0, \dots, 4$.

Según el último supuesto planteado, nuestra tienda virtual sigue una lógica *Bayesiana*, por lo que deberemos elegir la estrategia de precios s que maximice el valor presente neto esperado de los beneficios.

4.1. Simulación del Modelo: datos de partida

Para establecer la estrategia de precios inicial vamos a suponer que el producto tiene un coste unitario de venta de 20 uds. monetarias, y como ya indicamos consideramos que el importe a imputar por costes fijos es cero, evitando así el tener que indicar un volumen de actividad previsto para cada periodo repartiendo así las cargas de estructura entre los precios. Por este motivo el precio umbral y el técnico coinciden en nuestra simulación.

Vamos a establecer también una restricción del beneficio mínimo a obtener sobre el precio. Optamos por el sistema más utilizado por las empresas de los propuestos anteriormente, el que establece un tanto por ciento fijo, en este caso el 0,5 aplicado sobre el precio técnico, lo que nos indica el mínimo beneficio que esperamos obtener. Añadiéndolo al precio técnico encontramos el *precio objetivo o precio mínimo* de la estrategia inicial (30 uds.).

Para establecer el *precio máximo*, y como ya hemos expresado como resultado de que el marco de Internet nos permite un margen amplio para la experimentación, optamos por establecer un precio máximo de 50 uds.

Es importante señalar que una vez obtenido el modelo para estos precios mínimo y máximo así calculados, diseñaremos mediante una herramienta propia de la hoja de cálculo, los *escenarios*, distintos márgenes de beneficio deseado inicial y precios experimentales máximos, incorporando así distintas opciones a los parámetros de partida.

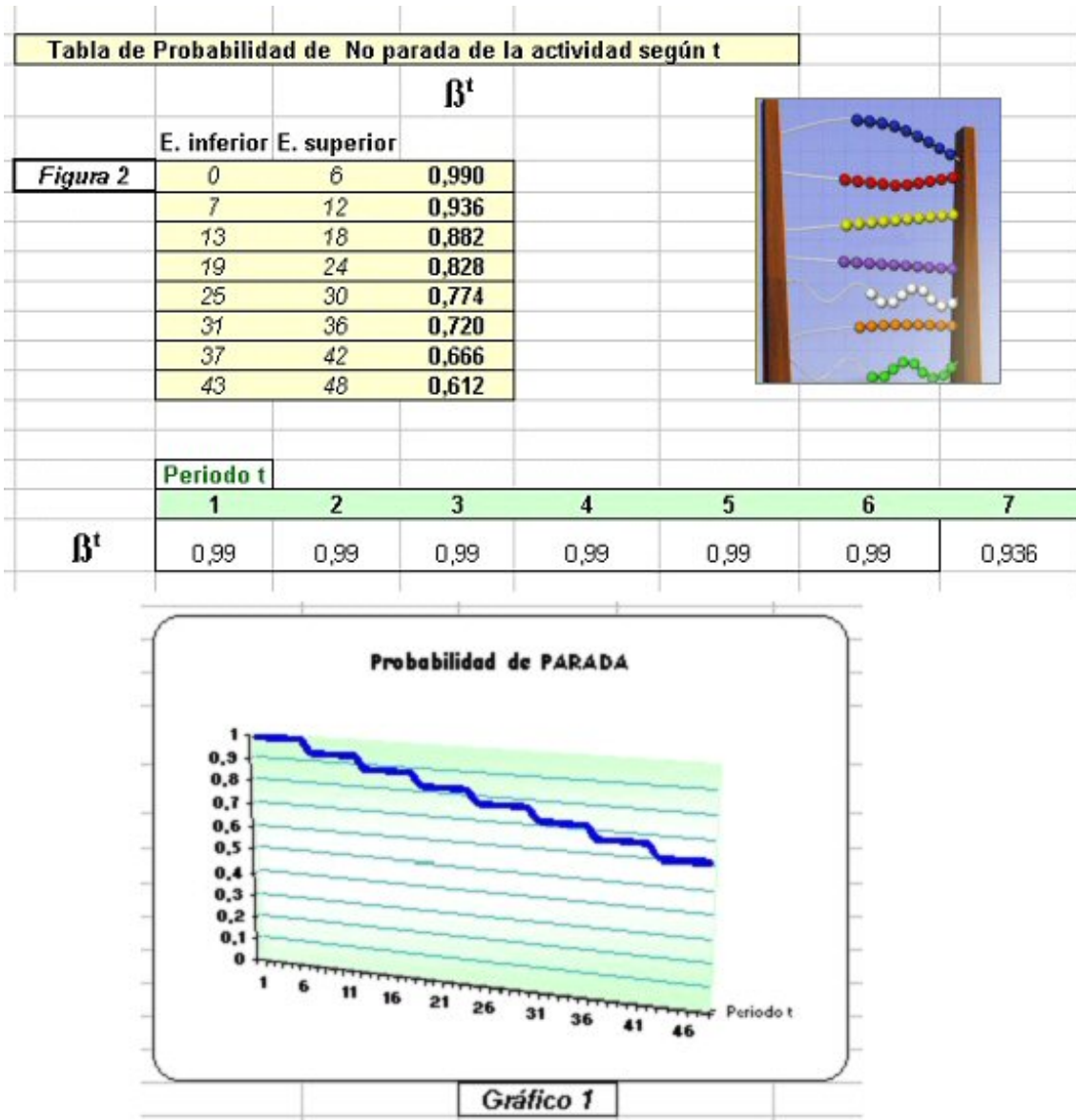
La simulación del proceso de elección lo hemos efectuado considerando un total de 48 periodos manteniendo el supuesto de que existe el mismo número de consumidores para cada una de las propuestas de precios

ESTRATEGIA DE PRECIOS	
Datos de partida:	
Coste unitario de venta=	20
Cargas de estructura	0
% bº mínimo=	50,0%
Escenario:	
Precio umbral (precio límite)=	20
Precio técnico o punto muerto (c)=	20
Margen de beneficio=	10
Precio objetivo o suficiente=	30
Precio mínimo=	30
Precio experimental máximo=	50
Precios por estrategia:	6
Periodos a estudiar, t =	48
Figura 1	

y la misma función de respuesta de los mismos. Todos estos datos han sido recogidos en la *Figura 1*.

Como no conocemos dicha función, nosotros fijaremos las probabilidades de compra según una variable aleatoria de compra o no compra, calculada siguiendo una distribución de probabilidad de *Bernoulli* de 0,5, pero manteniendo que siempre que se oferta el precio mínimo, la probabilidad de compra asociada al mismo sea igual a uno (es decir, ante un precio mínimo el consumidor siempre compra).

El modelo, también tiene en cuenta la probabilidad de parada de la tienda virtual en cada momento del tiempo, es decir la posibilidad de que el comercio deje la actividad. Nosotros hemos introducido esta información en una hoja de cálculo mediante una tabla de “no parada” (*Figura 2*) diseñada por escalones cuya amplitud ha sido establecida para cada seis periodos en un desgaste del 5,4 %. (*Gráfico 1*). Por ser muy amplio el número de periodos establecido, en las figuras se muestran los resultados de los primeros, exclusivamente.



Hemos de señalar que en la modelización realizada, no hemos incorporado información adicional que puede ir surgiendo, consecuencia del aprendizaje en la tienda virtual, y por esta razón hemos considerado la elección del precio a ofertar en un momento determinado del tiempo como un proceso aleatorio, aunque para que realmente tenga un sentido económico y el cálculo sea correcto, deberíamos tener en consideración la utilización de índices de asignación dinámica (Índices de *Gittins*⁵) incorporando así la información proporcionada por el mismo proceso.

⁵ Escoger en cada momento el precio con el índice de *Gittins* mayor, actualizándolos por periodo con la información nueva que va adquiriendo. Ob. cit. 4. “Multi –armed Bandit Allocation Indices J.C Gittins

4.2. Elaboración del Modelo con hoja de cálculo

En primer lugar estableceremos las estrategias de precio a utilizar durante cada uno de los periodos señalados. Partimos del intervalo entre los precios mínimo y máximo señalados en los datos de partida (30 y 50 uds.). Se ha decidido que el número de estrategias a comparar van a ser de un total de diez, compuestas a su vez de seis precios cada una, teniendo en cuenta que solamente variaremos un precio cada vez sobre la estrategia anterior para que se sostengan los supuestos teóricos.

Estos vectores de precios para cada estrategia los hemos obtenido de forma aleatoria, ya que partimos de la hipótesis de que la tienda virtual no dispone de ninguna información a priori de la función de respuesta del futuro comprador, indicando solamente que los valores han de estar dentro del intervalo señalado. Para que únicamente nos varíe un precio a la hora de elaborar la siguiente estrategia a utilizar, hemos recurrido al cálculo de una variable aleatoria y dicha variable calculada entre el número de precios que forman el vector estrategia, nos indica el componente, (en este caso el precio) que va a variar para el nuevo vector, haciendo un recalcu aleatorio nuevo para ese precio de cambio escogido situándolo la elección dentro del intervalo del precio mínimo y máximo.

Para mostrarnos de forma más clara qué precio es el que varía en cada estrategia, recurrimos al formato condicional de la hoja indicando que si el valor del nuevo precio no coincide con el anterior nos los muestre en un formato diferente al resto. A la matriz formada por las diez estrategias la denominamos **matriz de cambio**, (*Figura 3*).

		Estrategias:									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vectores de seis precios matriz de cambio o elección	p_j	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}
	1	$p1$	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	2	$p2$	50	50	50	50	50	50	39	39	41
	3	$p3$	38	38	38	38	49	49	49	49	49
Figura 3	4	$p4$	46	50	50	33	33	42	42	42	42
	5	$p5$	39	39	47	47	47	47	47	47	39
	6	$p6$	50	50	50	50	50	50	48	48	48
Variable aleatoria de selección de cambio de precio				4	5	4	3	4	2	6	2

El siguiente paso una vez establecidas las estrategias a utilizar es determinar el beneficio que obtendría la tienda virtual. Mostramos los cálculos realizados con la primera de las estrategias seleccionadas como ejemplo de las iteraciones a realizar con cada una de ellas.

Como ya hemos señalado nuestro estudio se realiza para 48 periodos, por lo que nuevamente tendremos que elegir el precio a ofertar en cada uno de los periodos a tratar

(Figura 4). Por no disponer de información a priori, y a que durante el proceso no vamos a ir incorporando la información que vayamos recogiendo como resultado de la explotación del mismo, optamos de nuevo por un proceso de elección aleatorio⁶. Como ya hemos mencionado, utilizando las llamadas Políticas de índices *Gittins* de asignación dinámica, escogeríamos el precio que tuviera el índice *Gittins* más grande actualizando así la información en cada periodo.

		Elección precio a ofertar de la estrategia s: 1										
Precio:	5	7	2	6	7	7	4	2	3	4	5	3
	s_t											
Periodo t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0	30	0	0	30	30	0	0	0	0	0	0
	0	0	50	0	0	0	0	50	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	0	38
Figura 4	0	0	0	0	0	0	46	0	0	46	0	0
	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0
	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Precio/periodo:	39	30	50	50	30	30	46	50	38	46	39	38

Una vez que hemos seleccionado el precio que se va a ofertar en cada uno de los periodos, calculamos el beneficio unitario que obtendríamos antes de conocer si efectivamente el cliente que acude a nuestra tienda virtual compra o no compra (Figura 5); es decir al precio elegido le restamos el precio técnico o punto muerto, en definitiva los costes generados para la producción del bien y a partir del que la venta de ese producto comienza a generar beneficio.

		pj-c										
	s_t											
Periodo t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	18
Figura 5	0	0	0	0	0	0	26	0	0	26	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0
	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0
Beneficio posible:	19	10	30	30	10	10	26	30	18	26	19	18

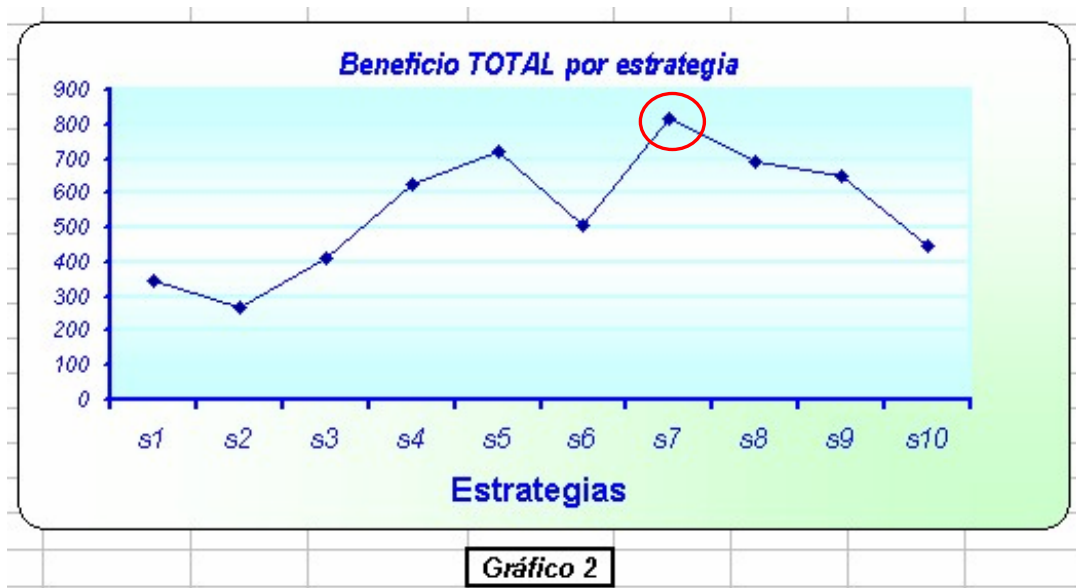
Para el cálculo de la probabilidad de compra al precio ofertado, hemos recurrido a una distribución de variables aleatorias de *Bernoulli*, tal como ya hemos señalado en los datos de partida. Por lo que la distribución de probabilidad para esta estrategia en cada periodo, para los precios ofertados, quedaría tal y como se muestra en la Figura 6.

		Probabilidad de Compra asociada a la Estrategia s: 1										
Y_j	$s_t(2)$											
Periodo t (1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Figura 6	(1) Variables de Bernoulli Asociadas (para ver si compra). $p=0,5$											
	(2) Manteniendo que si coincide con el precio mínimo la prob =1											

⁶ (Ob. cit. 7)

		Estrategia:	
Decisión		p_j	s_j
Beneficio Máx. Esperado: 813,672		p_1	30
Estrategia elegida: s_7		p_2	39
Figura 9b		p_3	49
		p_4	42
		p_5	47
		p_6	50

Podemos comprobar que realizando los iteraciones para cada una de las estrategias escogidas en el primer paso, y comparando los valores esperados obtenidos para cada una de ellas, tanto analítica como gráficamente (*Gráfico 2*), encontramos que el intervalo de beneficio máximo esperado para el modelo práctico planteado, oscila desde el mínimo obtenido por la estrategia s_2 (267,84 uds.) y el máximo perteneciente a la estrategia s_7 (813,672 uds.), resultando por tanto esta última la estrategia más adecuada.



Analizando los precios que componen esta estrategia elegida comprobamos que los precios mínimo (precio objetivo) y máximo (precio experimental), elegidos como datos de partida, están incluidos en este vector. Teniendo en cuenta este resultado, hemos realizado una nueva simulación para la estrategia elegida utilizando una herramienta propia de la hoja de cálculo, los *Escenarios*, que nos permite presentar diferentes resultados para una estrategia si variamos alguno de los parámetros que la originan. En este caso, la estrategia contenía el precio mínimo y máximo iniciales, por

lo que hemos modificado el porcentaje de beneficio mínimo deseado y el precio máximo fijado para experimentar en el mercado, manteniendo el resto de precios constantes obteniendo los resultados que se presentan en el informe de la *Figura 10*. Hay que tener en cuenta que el proceso arrastra el componente aleatorio, por lo que para otra tirada de simulación, podría variar la composición del vector de precios resultante para la estrategia elegida, pudiendo no resultar la óptima en esas circunstancias.

Resumen de escenario. Estrategia s7					
	Valores actuales: MUY OPTIMISTA OPTIMISTA PESIMISTA MUY PESIMISTA				
<i>Celdas cambiantes:</i>					
<i>Porcentaje de Beneficio mínimo que se desea</i>	50%	60%	55%	45%	40%
<i>Precio experimental máximo</i>	50	70	60	45	40
<i>Celdas de resultado:</i>					
<i>Beneficio medio por estrategia</i>	16,9515	21,06525	19,008375	15,86775	14,784
<i>Beneficio TOTAL por estrategia</i>	813,672	1011,132	912,402	761,652	709,632
	<i>Figura 10</i>				

Comprobamos que si tenemos una actitud muy pesimista, es decir, esperamos obtener un margen de beneficio mínimo del 40% y variamos el precio máximo experimental por un valor de 40 uds. manteniendo el resto del vector de precios, obtendríamos un beneficio total para esta estrategia de 709,632 uds., mientras que si optamos por ser muy optimistas, beneficio del 60% y el precio de 50 lo cambiamos a 70 uds., obtendríamos un resultado esperado de 1011,132 uds.

5. CONCLUSIONES

El modelo presentado no incluye todas las variables que puedan intervenir en el proceso real, pero mediante la utilización de la hoja de cálculo, una herramienta informática versátil y asequible para cualquier empresa, podemos obtener una información muy útil para tomar una decisión respecto a la política de precios a implantar en la misma. Esto es especialmente importante, porque errores sobre cualquier política en los inicios de una actividad desembocan en un fracaso casi inmediato de la tienda virtual. Debido al elevado nivel de incertidumbre derivado de las condiciones propias del entorno de Internet y a que sus procesos de decisión han de ser muy rápidos para adaptarse a las fluctuaciones de la demanda, esta herramienta nos permitiría adoptar la estrategia óptima para cada momento, teniendo en cuenta todas las variables al alcance del decisor.

Si realizamos comparaciones de este modelo con otros sistemas de elección de precios como los indicados de programación por objetivos, árboles de decisión, juegos de la naturaleza, etc., podemos asegurar que éste sistema nos indicaría con un nivel mayor de precisión la estrategia de fijación de precios más adecuada a implantar para el mejor funcionamiento de una tienda en Internet.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BENOÎT, L. AND DEVEAUX, L..“DYNAMIC .“Pricing on the Internet: Theory and Simulations”
- DOMÍNGUEZ MACHUCA J.A.; DURBÁN OLIVA, S. Y MARTIN ARMARIO, E. “El Subsistema Comercial en la Empresa. Problemas y Fundamentos Teóricos.
- GITTINS, J.C. . “Multi -armed Bandit Indices” .
- LAMBIN , J-J. “Marketing Estratégico”. Ed. Mc Graw Hill.
- WALKENBACH, J.A.; “Excel con VBA.” Ed.Anaya Multimedia