

4 .....	1
<b>UNA APROXIMACIÓN A LOS MÉTODOS DE PRONÓSTICO .....</b>	<b>1</b>
4.1 INTRODUCCIÓN .....	1
Predicción .....	1
Apreciación .....	2
Funciones de varias variables .....	2
4.2 MÉTODOS DE PRONÓSTICO .....	3
<b>Métodos de suavización</b> .....	5
Promedios móviles .....	5
Otros métodos de suavización .....	7
<b>Métodos de tendencia</b> .....	7
<b>Métodos de descomposición</b> .....	12
4.3 IDEAS BÁSICAS SOBRE ELASTICIDAD PRECIO-DEMANDA: UN EJEMPLO DE CÁLCULO .....	25
<b>El factor de elasticidad</b> .....	27
<b>Un ejemplo de una función de elasticidad</b> .....	28
<b>Ejemplo de cálculo de elasticidad de un producto</b> .....	28
4.4 USO DE LA INFLACIÓN PARA CALCULAR AUMENTOS DE PRECIOS NOMINALES .....	32
<b>Los modelos</b> .....	34
4.5 UN MÉTODO CONSENSUAL Y SUBJETIVO DE PRONÓSTICO: EL MÉTODO DELPHI .....	36
<b>Los oráculos en la antigüedad</b> .....	37
<b>Qué es el método Delphi</b> .....	38
<b>Ventajas</b> .....	39
<b>Los elementos básicos del método Delphi</b> .....	40
Gráfica 4.7. Proceso del método Delphi .....	43
<b>Críticas y objeciones al método</b> .....	44
<b>Algunos usos</b> .....	47
4.6 A MANERA DE CONCLUSIÓN Y RESUMEN .....	48
4.7 BIBLIOGRAFÍA .....	49
<b>Apéndice</b> .....	50
<b>Supuestos que se deben cumplir en el análisis de regresión</b> .....	50
<b>Ejercicios</b> .....	51

## Una aproximación a los métodos de pronóstico

El problema con nuestros tiempos es que el futuro no es lo que era antes.

**Paul Valery**

Me interesa el futuro porque voy a pasar el resto de mi vida allí.

**Charles F. Kettering**

Conócete a ti mismo

(Oráculo de Delfos)

### 4.1 Introducción

La Humanidad ha tratado siempre de predecir el futuro. Basta recordar todos los intentos de las tribus primitivas de controlar —prediciendo— los fenómenos naturales, o el oráculo de Delfos en Grecia. Así mismo, los decisores se enfrentan día a día con la necesidad de tomar decisiones hoy con consecuencias futuras; desearían, sin duda, tener, como Aureliano Buendía, los pergaminos de Melquíades que les describieran, hoja por hoja, día por día, las consecuencias de sus decisiones del momento. Sin embargo, esto no ha sido posible hasta ahora. Pero hay quienes ofrecen bolas de cristal y muchos otros métodos mientras aparecen los pergaminos.

#### Predicción

El proceso de predicción comienza con la definición de las variables que intervienen y las relaciones esperadas entre las variables; después se hace la recolección de datos. Estos datos pueden ser obtenidos por medio de experimentos o simplemente por la recopilación de datos históricos. En el caso de la ejecución de experimentos, por ejemplo, la duración de un determinado producto o la simulación del comportamiento de una variable (ver capítulo sobre simulación), el experimentador puede controlar ciertas variables y, por lo tanto, puede lograr una mejor comprensión de las fuentes de variación; en el caso de los datos históricos nada puede hacerse para controlar las variables que afectan los resultados; éste sería el caso cuando se desea pronosticar la demanda futura a partir del comportamiento de ésta en el pasado.

El paso siguiente en el proceso de predicción es la construcción de un modelo de inferencia estadística para hacer el pronóstico. Estos modelos operan bajo condiciones muy específicas, tales como supuestos de independencia entre variables, distribuciones de probabilidad específicas, etc. Si estos supuestos no se cumplen, los resultados obtenidos pueden perder toda validez.

Al tomar decisiones es posible que el grado de detalle y afinamiento de los resultados sea innecesario, por lo tanto es posible hacer suposiciones fuertes y restrictivas a tal punto que violen las condiciones específicas requeridas por el modelo en cuestión. En estos casos, lo importante es conocer qué condiciones no se están cumpliendo y cuáles son las consecuencias, para actuar con la debida precaución.

#### Apreciación

No siempre es posible partir de información histórica para hacer pronósticos, y es necesario aplicar el criterio, fruto de la experiencia, para “predecir” lo que ocurrirá respecto de una decisión. En la mayoría de las decisiones que se toman día a día son necesarios el criterio y la experiencia. El buen criterio o buen juicio es algo que se obtiene con mucho esfuerzo y paciencia; si bien es cierto que la educación formal da una preparación para adquirirlo, la mejor manera de refinar el criterio es a través de la experiencia.

Al tomar algunas decisiones, lo importante es determinar cuál es el valor preciso de una variable determinada, e igualmente si este valor sobrepasará o no cierto valor crítico. En estos casos, una estimación o apreciación de este valor será suficiente. Se podría pensar en el principio de reducir la discriminación requerida; este principio se puede enunciar de la siguiente manera: cuando haya que estimar el valor de una variable, encuentre el valor de esa variable para el cual la decisión cambie de una alternativa a otra. De esta manera, lo único que se necesita es determinar si el valor estimado de la variable sobrepasa o no el valor crítico que hace cambiar la decisión. Por ejemplo, al tratar de determinar el valor de la(s) tasa(s) de descuento que se debe (n) utilizar para calcular el *Valor Presente Neto* de dos alternativas mutuamente excluyentes, sólo se necesita saber si esta(s) tasa(s) de descuento es(son) mayor(es) que el(los) valor(es) crítico(s) estipulado(s).

#### Funciones de varias variables

Muchas veces es necesario pronosticar una variable que depende a su vez de otras. Por ejemplo, los costos totales de operación de un equipo determinado se componen de mano de obra, energía, mantenimiento, etc. Matemáticamente se puede expresar así:

$$C = f(c_1, c_2, c_3, \dots, c_n) \quad (1)$$

Se puede obtener el pronóstico de  $C$  de dos formas: Pronosticando  $C$  directamente o pronosticando los componentes de  $C$  y, a partir de allí, hallar el valor de  $C$ , por medio de la relación  $f(\cdot)$ . ¿Cuál de las dos formas utilizar? Esto depende de la varianza que se obtenga en una u otra forma. Por ejemplo, si  $C = c_1 + c_2$  y  $c_1$  y  $c_2$  son estadísticamente independientes, entonces la varianza del pronóstico a partir de  $C$  es  $\sigma_c^2$  y a partir de las  $c_i$  es  $\sigma_{c_1}^2 + \sigma_{c_2}^2$ . Si  $\sigma_c^2$  es menor que esta expresión, entonces se debe preferir estimar  $C$  en forma directa.

Por ejemplo, si la relación entre  $C$  y las  $c_i$  es  $C = c_1 + c_2$  y la desviación estándar de  $C$  es  $\sigma_c$  y la de  $c_i$  es  $\sigma_{c_i}$  y sus valores están determinados por:

$$\sigma_c = 0,10C$$

$$\sigma_{c_i} = 0,10c_i$$

entonces las varianzas serían:

A partir de  $C$

$$(0,10)^2 C^2 = (0,10)^2 (c_1 + c_2)^2 = (0,10)^2 c_1^2 + (0,10)^2 c_2^2 + 0,02 c_1 c_2$$

A partir de las  $c_i$

$$(0,10)^2 c_1^2 + (0,10)^2 c_2^2$$

Claramente se ve que la varianza de  $C$  a partir del pronóstico de las  $c_i$  es menor que a partir de  $C$ .

#### 4.2 Métodos de pronóstico

Las técnicas de pronóstico son una herramienta necesaria para la planeación macro y microeconómica. En el caso del gerente, su quehacer básico es la toma de decisiones con consecuencias futuras y, por lo tanto, elaboración de estimativos de lo que sucederá en el futuro. Por otro lado, debe prever escenarios que le permitan anticiparse a las posibles eventualidades que le indicarán la conveniencia o inconveniencia de una alternativa. En particular, para analizar decisiones de inversión es necesario hacer estimativos de muy diversas variables:

precios, tasas de interés, volúmenes de venta o de producción, etc., por lo tanto, es necesario que el analista conozca, por lo menos, la existencia de ciertas técnicas que le ayuden en esta tarea.

Para elaborar pronósticos se pueden encontrar dos grandes clases de modelos: causales y de series de tiempo. Los primeros tratan de encontrar las relaciones de causalidad entre diferentes variables, de manera que conociendo o prediciendo alguna o algunas de ellas, se pueda encontrar el valor de otra. En el segundo caso no interesa encontrar esas relaciones, sino que se requiere solamente encontrar los posibles valores que asumirá una determinada variable. En todos los casos siempre se hace uso de la información histórica, ya sea para predecir el comportamiento futuro o para suponer que el comportamiento histórico se mantendrá hacia el futuro y sobre esta base hacer los estimativos. Aquí se estudiarán algunos métodos de pronóstico de series de tiempo. No se pretende ser exhaustivo sobre el tema porque el alcance de este texto no lo considera y porque además, existen textos especializados sobre pronósticos (ver bibliografía al final del capítulo).

Se debe tener presente que no existe ningún método de pronóstico infalible; lo que logran estos procedimientos es estimar un valor posible, pero siempre sujeto a errores. Si el fenómeno que se va a pronosticar fuera determinístico, bastaría utilizar la ley matemática que lo rige y predecir con exactitud el resultado; este sería el caso de fenómenos físicos, como por ejemplo la caída libre de un cuerpo. En el proceso de toma de decisiones se involucra el comportamiento humano, por ejemplo, a través de las decisiones de los individuos a quienes está dirigido un determinado producto o servicio; las decisiones del mercado están compuestas por muchísimas decisiones individuales, imposibles de predecir con exactitud.

La mayoría de los datos incluyen combinaciones de estas tendencias y se deben generar procedimientos para separarlos. Existen otras clases de pronósticos denominados cualitativos o de pronóstico tecnológico, tales como el Método Delphi. Este método busca, a través de múltiples rondas o iteraciones donde se comparte la información, encontrar consenso sobre valores o escenarios posibles.

Se hace énfasis en que no hay un método de pronóstico perfecto, aunque se podría construir un modelo que ajuste perfectamente los datos que se tienen de un fenómeno; sin embargo, esto

no es recomendable puesto que el elemento aleatorio o de error siempre estará presente y será impredecible, y es mejor identificar los patrones predecibles y asumir el error que se presente, que tratar de introducir en el modelo el elemento error que, se repite, es completamente impredecible e inevitable. En otras palabras, cualquier estimativo implica un cierto grado de error inevitable.

Existen muchos métodos de pronóstico y en esta nota no se hará una revisión exhaustiva de ellos. Además, para calificar la bondad de cada uno de ellos se debe acudir al método de los mínimos cuadrados, esto es, se considera que el mejor método es aquel que minimiza la suma de los cuadrados de los errores (diferencias entre el valor estimado y el observado).

### **Métodos de suavización**

Dentro de los métodos de suavización se pueden considerar tres categorías: a) promedios móviles, b) suavización exponencial y c) otros.

#### **Promedios móviles**

Esta técnica consiste en tomar un grupo de valores observados, calcular el promedio y utilizarlo como pronóstico para el siguiente período. Sólo sirve para pronosticar un solo período: el siguiente. Se debe especificar el número de observaciones que se tomarán; se llama móvil porque siempre se toman las  $N$  últimas observaciones para hacer el pronóstico.

Se pueden considerar promedios móviles simples y promedios móviles lineales. En el primer caso se toman los  $N$  últimos datos y se calcula el promedio; en el segundo caso se construyen además promedios de los promedios y con ellos se establece una ecuación lineal que permite elaborar el pronóstico.

Para el caso de los promedios móviles simples, algebraicamente se representa así:

$$F_{t+1} = (X_t + X_{t+1} + \dots + X_{t-N+1})/N \quad (2)$$

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{i=t-N+1}^t X_i}{N} \quad (3)$$

Este método puede utilizarse cuando se sabe que los datos son estacionarios. La ventaja sobre el promedio total es que permite ajustar el valor de  $N$  para que responda al comportamiento de los datos.

Ejemplo:

Compras realizadas por los clientes que entran a una tienda. Se va a utilizar el promedio móvil con  $N=3$ . (Ver tabla 4.1)

Tabla 4.1. Compras de clientes

Año	Compras	Pronóstico
1970	10	
1971	11	10.00
1972	15	10.50
1973	11	12.00
1974	15	12.33
1975	11	13.67
1976	9	12.33
1977	14	11.67
1978	11	11.33
1979	16	11.33
1980	12	13.67
1981	14	13.00
1982		14.00

#### Suavización exponencial

Existen muchos métodos de suavización exponencial: simple, de tasa de respuesta de adaptación, método de Brown de un solo parámetro, método de Holt de dos parámetros, método cuadrático de Brown, etc. Aquí se considerará un método de suavización: suavización exponencial simple.

#### Suavización exponencial simple.

Este método consiste en asignar un peso a la última información (dato) disponible y al último pronóstico, el cual, a su vez, contiene la información pasada, así:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t \quad (4)$$

Para  $F_2$ , se tiene:

$$F_2 = F_1 \quad (5)$$

Otra forma de expresar el pronóstico es:

$$F_{t+1} = F_t + \alpha e \quad (6)$$

donde  $e$  es el error incurrido en el último pronóstico.

Ejemplo:

Datos de demanda de un producto. Se utilizará suavización exponencial simple con  $\alpha = 0,3$

Tabla 4.2. Despachos a clientes

Cliente	Despachos	Pronóstico
1970	628	
1971	424	628.00
1972	613	566.80
1973	620	580.66
1974	974	592.46
1975	550	706.92
1976	487	659.85
1977	408	607.99
1978	691	547.99
1979	872	590.90
1980	738	675.23
1981	767	694.06
1982		715.94

Los métodos hasta aquí presentados son muy adecuados para pronosticar el siguiente período; no se recomiendan para hacer predicciones a largo plazo.

Otros métodos de suavización

Solo se mencionarán otros métodos de suavización existentes y no menos importantes: método de control de adaptación de Chow, método de suavización de tres parámetros de Box y Jenkins, método multiplicativo de Winter y el sistema de monitoreo de Trigg.

#### **Métodos de tendencia**

Uno de los métodos más conocidos, pero también de los más mal utilizados es la regresión lineal. En cualquier curso de Presupuesto es tema obligado. Sin embargo, como se mencionó, se tiende a utilizar mal este procedimiento. En cualquier caso en que se utilice un modelo, es necesario validarlo: esto es, verificar si los supuestos del modelo coinciden con la realidad. Y esto no es lo que hace la mayoría de los usuarios. La regresión lineal implica, por lo menos, distribución normal de los errores de la variable dependiente que no están correlacionados y para utilizarlo con validez estadística, debe contarse además con un tamaño de muestra  $n$  de por lo menos 30 datos históricos. ¡¡¡Cuántos cursos de finanzas y de presupuestos en particular no se hacen invitando a los estudiantes a utilizar la regresión lineal con 3 ó 5 datos!!! Otro supuesto obvio es que la tendencia observada de los datos puede ser descrita por una recta. Sin embargo, este supuesto se puede obviar haciendo las sustituciones necesarias, por ejemplo, si se considera que una variable tiene un comportamiento exponencial (no lineal), estos datos podrían

“linealizarse” calculando el logaritmo de los datos y proyectar el logaritmo. Después se halla el antilogaritmo y esa sería la proyección.

La idea de la regresión lineal es hallar una recta que cumpla con un requisito básico común para muchos métodos de pronóstico: La suma de los cuadrados de la diferencia entre el valor estimado y el observado es mínima. Por eso se llama también método de mínimos cuadrados.

En general, se trata de encontrar (en el caso de la regresión lineal) una recta que cumpla esa condición y que se expresa así:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n + e \quad (7)$$

donde:

$Y$  = variable dependiente

$X_j$  = variable independiente

$e$  = error

$a$  = intercepción con el eje de las abcisas ( $y$ )

$b_j$  = coeficiente de cada variable  $X_j$

En el caso particular de una variable independiente la “fórmula” será:

$$Y = a + bX + e \quad (8)$$

Excel presenta varias alternativas para calcular proyecciones de variables que tienen un comportamiento lineal. En el apéndice se encuentran las condiciones que se deben cumplir para poder hacer un adecuado análisis de regresión.

Ejemplo. Supongamos que se tienen los siguientes datos (más adelante se verá que son los promedios móviles del índice de costos de construcción y vivienda (ICCV) para 1900 – 2002. (Ver Tabla 4.3)

Tabla 4.3 Datos para regresión lineal<sup>1</sup>

Mes/Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Ene	19,1629	23,6973	28,9297	36,6081	45,1535	53,8631	63,6946	73,9467	86,4953	96,2921	105,8417
Feb	19,5425	24,0807	29,4948	37,3307	45,8531	54,6482	64,4347	74,9268	87,5311	97,0312	106,7392
Mar	19,9234	24,4722	30,0983	38,0531	46,6048	55,3936	65,2981	75,9360	88,4168	97,7705	107,6733
Abr	20,3150	24,8579	30,7197	38,7901	47,3325	56,1940	66,1421	77,0015	89,1909	98,5542	108,5992
May	20,7159	25,2328	31,3600	39,5145	48,0747	57,0025	66,9765	78,0776	90,0018	99,2928	109,5383
Jun	21,1014	25,6294	32,0012	40,2189	48,8307	57,8229	67,8003	79,1396	90,8497	100,0157	110,4667
Jul	21,4724	26,0550	32,6618	40,9050	49,5700	58,6363	68,6588	80,0846	91,7579	100,7892	111,3867
Ago	21,8424	26,5178	33,3088	41,6186	50,3000	59,4495	69,5127	81,0770	92,5680	101,5995	112,3558
Sep	22,1958	26,9982	33,9688	42,3134	51,0173	60,2977	70,3486	82,1361	93,3145	102,4215	113,2717
Oct	22,5668	27,4675	34,6293	43,0077	51,7425	61,1495	71,1835	83,2519	93,9963	103,3387	114,0783
Nov	22,9420	27,9315	35,3034	43,7108	52,4567	62,0019	72,0570	84,3279	94,7273	104,2350	114,8792
Dic	23,3210	28,4236	35,9557	44,4266	53,1620	62,8449	72,9778	85,4083	95,5249	105,0417	115,6608

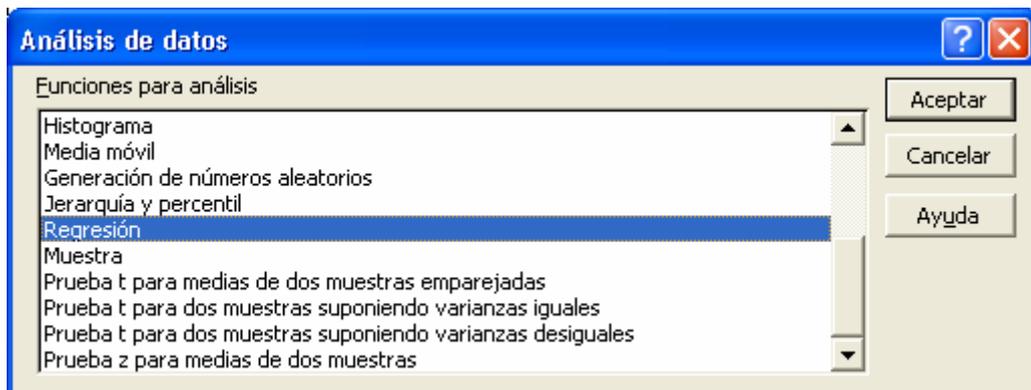
Por razones de espacio hemos agrupado los datos por año y mes. Sin embargo, si se utiliza un programa para hacer la regresión deberá agruparse de la manera que indique el programa. Por ejemplo, en el caso de Excel se requiere que estén en una fila o columna continua. Para hacer una regresión lineal usando Excel se selecciona la opción de menú Herramientas y allí se selecciona Análisis de datos.

---

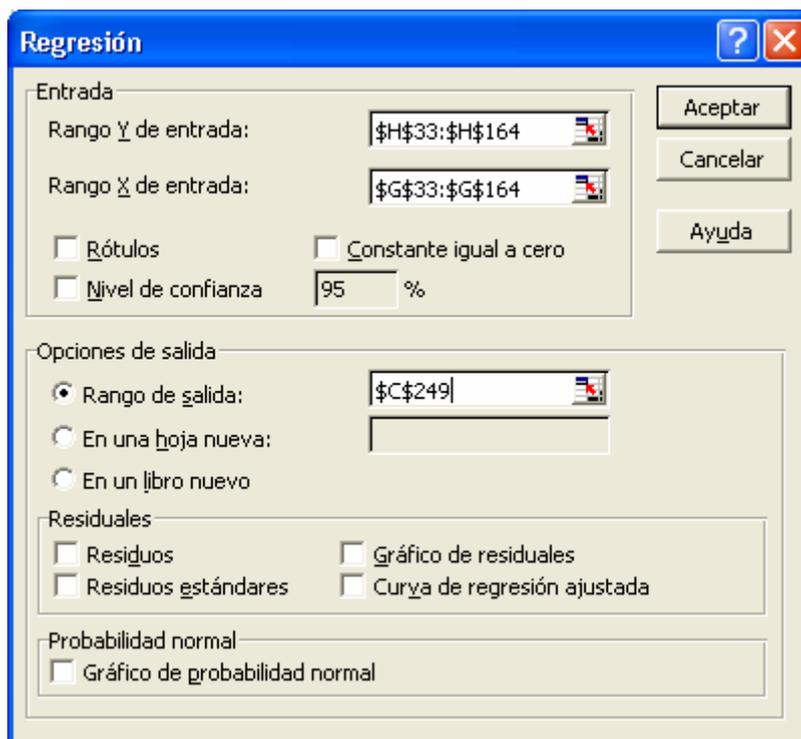
<sup>1</sup> Fuente: DANE



Al seleccionar Análisis de datos aparece el siguiente cuadro de diálogo y allí se selecciona Regresión.



Esto nos va permitir introducir la información necesaria para calcular la regresión. Al escoger Regresión aparece el siguiente cuadro de diálogo donde se introducen los rangos que contienen los datos.



Se debe indicar si se incluyen o no los rótulos o títulos de cada variable. Así mismo se debe indicar dónde deben aparecer los datos del cálculo de la regresión. En este caso, el rango Y corresponde a los promedios móviles y el rango X corresponde al número del mes. Los resultados de la regresión aparecen a continuación:

Resumen	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,99507775
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,99017973
R <sup>2</sup> ajustado	0,99010419
Error típico	2,95394764
Observaciones	132

#### Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	114377,249	114377,249	13107,9284	2,159E-132
Residuos	130	1134,35487	8,72580666		
Total	131	115511,604			
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	
Intercepción	0,99657307	0,58878423	1,69259469	0,09292794	
Variable mes	0,77252406	0,00674753	114,489862	2,159E-132	

Estos resultados nos indican muchas cosas. Por ejemplo, nos dicen cuántas observaciones tenemos (la validez de los análisis estadísticos depende en gran medida de esta condición). Nos dicen qué tan bien se ajustan los datos a una recta. Esto lo sabemos por varios indicadores: el R<sup>2</sup>

y la Prueba F. El  $R^2$  es alto, 0,99017973 y el estadístico F supera el valor crítico de 2,159E-132 (esto es notación científica y significa 2,159 dividido por un 1 con 132 ceros a la derecha). Por otro lado, debemos cerciorarnos de que los coeficientes (la intercepción,  $a$  en nuestra notación, y el coeficiente de la variable,  $b$  en nuestra notación), son significativos desde el punto de vista estadístico y esto se sabe examinando los valores bajo el título probabilidad. El valor de esta probabilidad nos indica si son o no significativos. Para la intercepción, cuyo valor es 0,99657, se ve que no es significativa para 5% sino para 10% (el valor de la probabilidad es 0,09292794 o sea, 9,29%), pero el coeficiente de la variable (en este caso el número del mes), cuyo valor es 0,77252, sí es significativo puesto que su probabilidad es 2,159E-132 o sea 0%. Cuando utilicemos el método de descomposición en la siguiente sección utilizaremos estos valores para calcular una tendencia lineal.

### **Métodos de descomposición**

Un método de pronóstico para analizar series de tiempo es el de descomposición.<sup>2</sup> Un paso importante en el proceso de determinar el método de series de tiempo adecuado es considerar los diferentes patrones que presentan los datos. Se pueden identificar cuatro patrones típicos: horizontal o estacionaria, estacional, cíclico y de tendencia.

- Se presenta un patrón horizontal o estacionario ( $H$ ) cuando los datos fluctúan alrededor de un valor promedio constante. Las ventas que no aumentan ni disminuyen con el tiempo, son un ejemplo de este tipo de comportamiento.
- Se presenta un patrón estacional ( $E$ ) cuando los datos están afectados por factores que se repiten con cierta frecuencia (trimestral, mensual o en determinadas fechas, por ejemplo, Navidad, Semana Santa, etc.).
- Un patrón cíclico ( $C$ ) se presenta debido a efectos económicos de largo plazo y generalmente asociados con el ciclo económico. La construcción de vivienda puede ser un ejemplo de este tipo.

---

<sup>2</sup> Esta es una versión manual del método y se presenta para ilustrar de manera sencilla el procedimiento. Existen programas especializados que hacen estos procesos de manera eficiente.

- Existe un patrón de tendencia ( $T$ ) cuando existe un aumento o disminución secular de los datos. Las ventas de la mayoría de las firmas presentan este comportamiento.

Los métodos de descomposición suponen que los datos contienen patrones estacionales, cíclicos y de tendencia. Una función que representa esta relación puede ser la siguiente:

$$\text{dato} = \text{patrón} + \text{error} \quad (9)$$

$$= f(\text{tendencia}, \text{estacionalidad}, \text{ciclo}) + \text{error} \quad (10)$$

$$X_t = f(T_t, E_t, C_t, Er_t) \quad (11)$$

donde:

$X_t$  es el dato al período  $t$

$T_t$  es el componente de tendencia en el período  $t$

$E_t$  es el componente o índice de estacionalidad del período  $t$

$C_t$  es el componente cíclico del período  $t$

y  $Er_t$  es el error del período  $t$

El procedimiento general para aislar los diversos componentes es el siguiente y se aplica a los diferentes métodos de descomposición.

1) Con los datos disponibles calcule el promedio con un  $N$  igual a la longitud de la estacionalidad (12 meses, 4 trimestres o 7 días, por ejemplo). Con esto se elimina la estacionalidad y el error, por lo tanto en el promedio móvil se encuentra sólo la tendencia y el ciclo.

2) Separe el promedio móvil de los datos. Lo que queda es la estacionalidad y el error.

3) Aísle los factores estacionales que constituyen el período completo de estacionalidad (cada mes, semestre o trimestre, por ejemplo) promediándolos para cada período.

4) Identifique la forma de la tendencia con los resultados de 1) (lineal, exponencial, etc.) y calcule su valor para cada uno de los períodos para los cuales se tienen datos.

5) Separe el resultado de 4) de los resultados de 1) para obtener el factor cíclico.

6) Separe la estacionalidad, la tendencia y el ciclo de los datos para obtener el error.

Este método es útil cuando se considera que existe una tendencia y estacionalidad. La estacionalidad se puede identificar en los datos si se observan con regularidad ciertos “picos” o “baches” en los datos; por ejemplo, si se encuentra que el consumo de gaseosa es siempre mayor en los días sábados y domingos y menor en los días jueves, se podría sospechar que existe una estacionalidad asociada con esos días de la semana. Por otro lado, se puede llegar a la conclusión acerca de la existencia de la estacionalidad deduciéndola a partir del comportamiento del negocio; por ejemplo, antes de examinar cualquier dato, se podría pensar que la venta de juguetes o de calendarios y agendas va a presentar picos en los tres últimos meses del año. Obsérvese que se habla de estacionalidad cuando los períodos de análisis son menores de un año. Por ejemplo, semestres, trimestres o meses en relación con un año; quincenas, décadas o semanas en relación con mes; días de la semana con relación a la misma. Esto es, si los datos son anuales, por ejemplo, no tiene sentido pensar en la existencia de un patrón estacional.

Uno de los modelos de descomposición más utilizados es el multiplicativo, o sea,

$$X_t = T_t \times E_t \times C_t \times Er_t \quad (12)$$

Al aplicar los seis pasos propuestos se tiene:

1) y 2) Calcule el promedio móvil y aísla los factores estacionales:

$$M_t = T_t \times C_t \quad (13)$$

$$\frac{X_t}{M_t} = \frac{T_t \times E_t \times C_t \times Er_t}{T_t \times C_t} \quad (14)$$

La expresión anterior aísla la estacionalidad y el error.

3) El siguiente paso es eliminar el error de los valores obtenidos con la última expresión. Los modelos clásicos de descomposición utilizan el enfoque del promedio medial. Para calcular el promedio medial se toman todos los datos de promedio móvil para cada período (mes, trimestre, etc.) y se eliminan los valores extremos, con los datos restantes se calcula el promedio. Los datos obtenidos para cada período se ajustan al 100% multiplicando el promedio medial por 100 veces el número de períodos/suma de todos los promedios mediales.

4) y 5) Los pasos finales son calcular la tendencia y separarla del ciclo. Se identifica el patrón de la tendencia y se calcula el valor de ella para cada uno de los períodos para los cuales se tienen datos. En este modelo se elimina así:

$$\frac{M_t}{T_t} = \frac{T_t \times C_t}{f(a,b,c...t)} = C_t \quad (15)$$

donde a, b, c ... son las constantes de la regresión y t es el período correspondiente.

En el caso de una regresión lineal se tendría:

$$\frac{M_t}{T_t} = \frac{T_t C_t}{a + b(t)} = C_t \quad (16)$$

6) Con estos factores, estacionalidad, tendencia y ciclo, se puede estimar el error.

$$Er_t = \frac{X_t}{T_t \times E_t \times C_t} \quad (17)$$

Ejemplo:

Se va a estudiar el comportamiento del Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV) 1990 – 2002 y se va a hacer una proyección utilizando el método de descomposición (ver tabla 4.1). Se va a fraccionar la información de 1990 a 2001 para hacer una proyección de los siguientes doce meses (de 2002), para evaluar la bondad del método. Estos datos se encuentran en la Tabla 4.4.

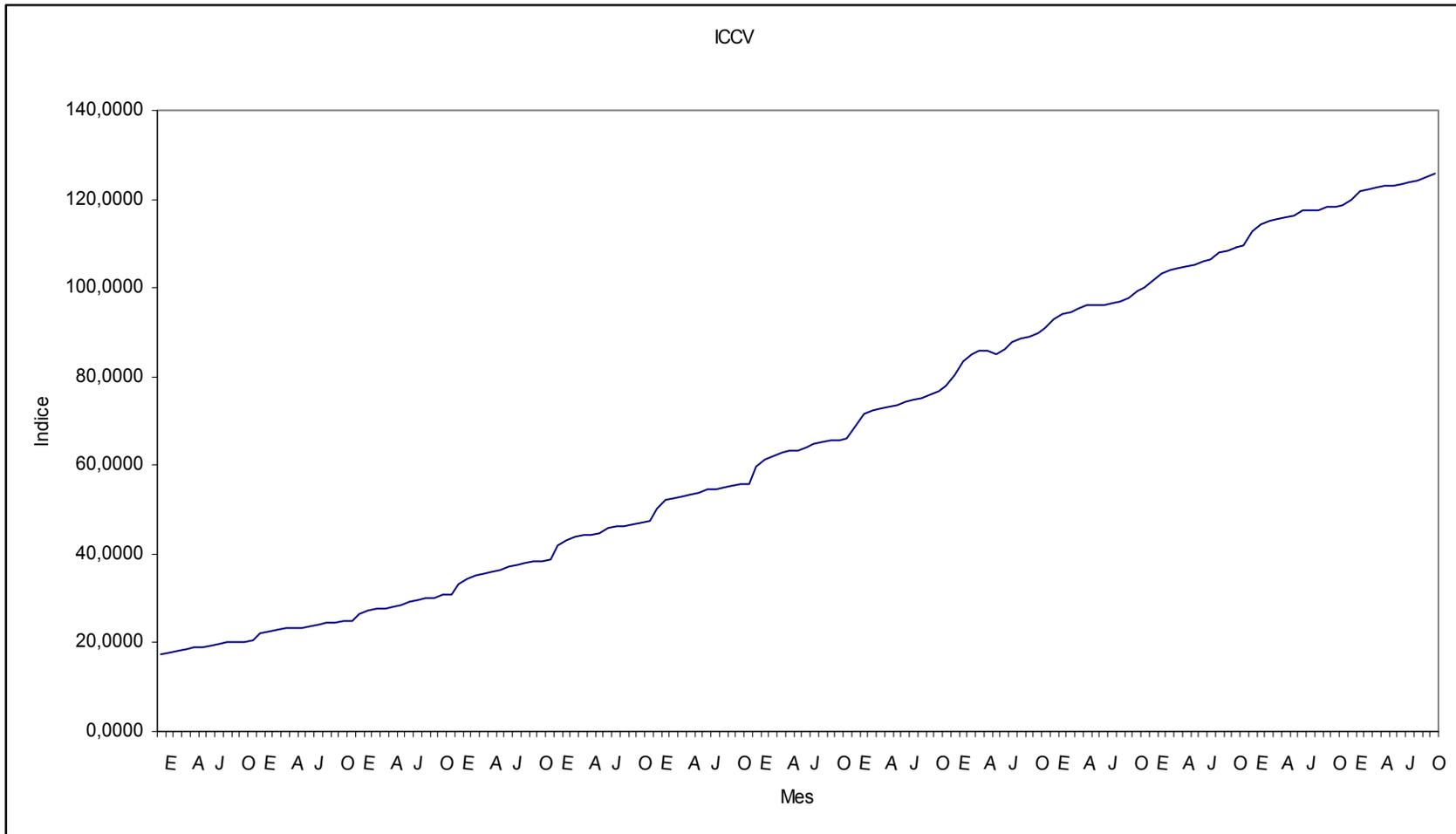
Tabla 4.4 Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV)<sup>3</sup>  
1990 - 2002

Mes/Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Enero	17,396	21,952	26,552	33,333	42,004	50,398	59,819	68,700	80,462	92,892	101,760	112,530	17,396
Febrero	17,984	22,556	27,254	34,497	43,165	52,185	61,130	71,491	83,600	94,229	103,100	114,310	17,984
Marzo	18,277	22,975	27,604	35,060	43,905	52,637	62,241	72,370	85,157	94,446	103,850	114,960	18,277
Abril	18,433	23,245	27,743	35,427	44,120	53,027	62,729	72,742	85,655	95,386	104,250	115,520	18,433
Mayo	18,785	23,411	28,170	35,864	44,317	53,388	63,233	73,119	85,862	96,036	104,710	115,850	18,785
Junio	19,072	23,524	28,632	36,560	44,793	53,665	63,425	73,728	85,068	95,967	105,250	116,290	19,072
Julio	19,361	23,801	29,354	37,118	45,681	54,441	64,200	74,447	86,356	96,077	105,800	117,430	19,361
Agosto	19,830	24,071	29,836	37,755	46,093	54,700	64,879	74,909	87,618	96,576	106,440	117,430	19,830
Septiembre	20,015	24,467	30,098	38,025	46,357	55,060	65,282	75,302	88,692	96,873	107,880	117,560	20,015
Octubre	20,168	24,669	30,237	38,325	46,762	55,332	65,560	76,042	88,954	97,725	108,480	118,090	20,168
Noviembre	20,265	24,813	30,719	38,547	47,136	55,599	65,715	76,764	89,728	99,300	108,980	118,360	20,265
Diciembre	20,369	24,885	30,958	38,787	47,510	55,924	66,121	77,749	90,793	100,000	109,600	118,650	20,369

<sup>3</sup> Fuente DANE

Lo primero que se requiere es observar el patrón de los datos. Para esto se dibujan los datos en el tiempo, así:

Gráfica 4.1. ICCV (1990-2002)



Lo primero que se observa en esta gráfica es que hay una tendencia (crecimiento) y una estacionalidad (picos y valles). Para eliminar estos picos y valles se calcula un promedio móvil para suavizar la curva. En esta operación se pierden los primeros datos. Así mismo, se han reservado los datos de 2002 para evaluar el pronóstico que se elabore. Se calcula el promedio móvil de 12 meses —para incluir todo el ciclo de estacionalidad— y se obtienen los siguientes resultados (Ver Tabla 4.5):

Tabla 4.5. Promedio móvil de 12 meses para el Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV)<sup>4</sup> 1990 - 2001

Mes/Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Ene	19,1629	23,6973	28,9297	36,6081	45,1535	53,8631	63,6946	73,9467	86,4953	96,2921	105,8417
Feb	19,5425	24,0807	29,4948	37,3307	45,8531	54,6482	64,4347	74,9268	87,5311	97,0312	106,7392
Mar	19,9234	24,4722	30,0983	38,0531	46,6048	55,3936	65,2981	75,9360	88,4168	97,7705	107,6733
Abr	20,3150	24,8579	30,7197	38,7901	47,3325	56,1940	66,1421	77,0015	89,1909	98,5542	108,5992
May	20,7159	25,2328	31,3600	39,5145	48,0747	57,0025	66,9765	78,0776	90,0018	99,2928	109,5383
Jun	21,1014	25,6294	32,0012	40,2189	48,8307	57,8229	67,8003	79,1396	90,8497	100,0157	110,4667
Jul	21,4724	26,0550	32,6618	40,9050	49,5700	58,6363	68,6588	80,0846	91,7579	100,7892	111,3867
Ago	21,8424	26,5178	33,3088	41,6186	50,3000	59,4495	69,5127	81,0770	92,5680	101,5995	112,3558
Sep	22,1958	26,9982	33,9688	42,3134	51,0173	60,2977	70,3486	82,1361	93,3145	102,4215	113,2717
Oct	22,5668	27,4675	34,6293	43,0077	51,7425	61,1495	71,1835	83,2519	93,9963	103,3387	114,0783
Nov	22,9420	27,9315	35,3034	43,7108	52,4567	62,0019	72,0570	84,3279	94,7273	104,2350	114,8792
Dic	23,3210	28,4236	35,9557	44,4266	53,1620	62,8449	72,9778	85,4083	95,5249	105,0417	115,6608

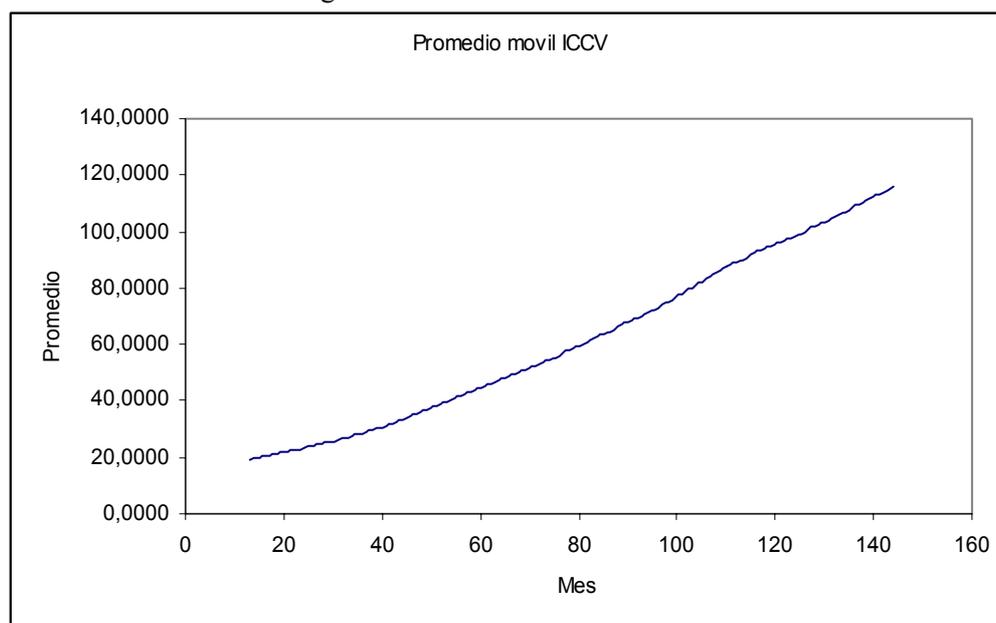
El promedio móvil contiene, entonces, la tendencia ( $T$ ) y el ciclo ( $C$ ). Al dividir el dato original por el promedio móvil, el resultado contendrá la estacionalidad ( $Est$ ) y el error ( $Err$ ). Como el ciclo es un "movimiento" de largo plazo y de alguna manera la tendencia  $T$ , calculada como una regresión lineal, es un promedio, se puede suponer que la tendencia ( $T$ ) calculada elimina el ciclo  $C$ .

Al examinar el comportamiento del promedio móvil, se observa una casi perfecta linealidad de los datos.

---

<sup>4</sup> Cálculos del autor

Figura 4.2 Promedio móvil de ICCV



Por lo tanto, se le puede proyectar por medio de una regresión lineal. Excel tiene varios modos de trabajar la proyección lineal. Aquí se ha escogido la función  $=PRONOSTICO(valor\ de\ x; matriz\ y; matriz\ x)$  que es muy sencilla.

Tabla 4.6. Tendencia lineal para el promedio móvil del Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV)<sup>5</sup> 1991 - 2001

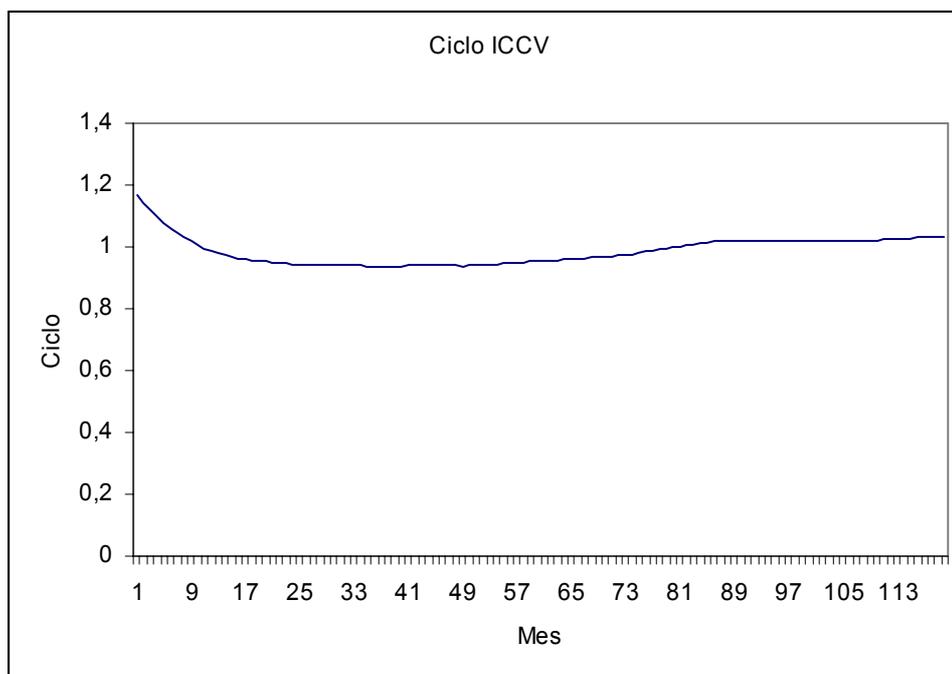
Mes/Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Ene	11,0391	20,3091	29,5791	38,8491	48,1191	57,3891	66,6591	75,9291	85,1991	94,4691	103,7391
Feb	11,8116	21,0816	30,3516	39,6216	48,8916	58,1616	67,4316	76,7016	85,9716	95,2416	104,5116
Mar	12,5841	21,8541	31,1241	40,3941	49,6641	58,9341	68,2041	77,4741	86,7441	96,0141	105,2841
Abr	13,3566	22,6266	31,8966	41,1666	50,4366	59,7066	68,9766	78,2466	87,5166	96,7866	106,0566
May	14,1291	23,3991	32,6691	41,9391	51,2091	60,4791	69,7491	79,0191	88,2891	97,5591	106,8291
Jun	14,9016	24,1716	33,4416	42,7116	51,9816	61,2516	70,5216	79,7916	89,0616	98,3316	107,6016
Jul	15,6741	24,9441	34,2141	43,4841	52,7541	62,0241	71,2941	80,5641	89,8341	99,1041	108,3741
Ago	16,4466	25,7166	34,9866	44,2566	53,5266	62,7966	72,0666	81,3366	90,6066	99,8766	109,1466
Sep	17,2191	26,4891	35,7591	45,0291	54,2991	63,5691	72,8391	82,1091	91,3791	100,6491	109,9191
Oct	17,9916	27,2616	36,5316	45,8016	55,0716	64,3416	73,6116	82,8816	92,1516	101,4216	110,6916
Nov	18,7641	28,0341	37,3041	46,5741	55,8441	65,1141	74,3841	83,6541	92,9241	102,1941	111,4641
Dic	19,5366	28,8066	38,0766	47,3466	56,6166	65,8866	75,1566	84,4266	93,6966	102,9666	112,2366

<sup>5</sup> Cálculos del autor

Tabla 4.7. Ciclo de largo plazo para el Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV)<sup>6</sup> 1991 - 2001

Mes/Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	1,7359	1,1668	0,9780	0,9423	0,9384	0,9386	0,9555	0,9739	1,0152	1,0193	1,0203
2	1,6545	1,1423	0,9718	0,9422	0,9379	0,9396	0,9556	0,9769	1,0181	1,0188	1,0213
3	1,5832	1,1198	0,9670	0,9420	0,9384	0,9399	0,9574	0,9801	1,0193	1,0183	1,0227
4	1,5210	1,0986	0,9631	0,9423	0,9385	0,9412	0,9589	0,9841	1,0191	1,0183	1,0240
5	1,4662	1,0784	0,9599	0,9422	0,9388	0,9425	0,9602	0,9881	1,0194	1,0178	1,0254
6	1,4160	1,0603	0,9569	0,9416	0,9394	0,9440	0,9614	0,9918	1,0201	1,0171	1,0266
7	1,3699	1,0445	0,9546	0,9407	0,9396	0,9454	0,9630	0,9940	1,0214	1,0170	1,0278
8	1,3281	1,0312	0,9520	0,9404	0,9397	0,9467	0,9646	0,9968	1,0216	1,0173	1,0294
9	1,2890	1,0192	0,9499	0,9397	0,9396	0,9485	0,9658	1,0003	1,0212	1,0176	1,0305
10	1,2543	1,0076	0,9479	0,9390	0,9395	0,9504	0,9670	1,0045	1,0200	1,0189	1,0306
11	1,2227	0,9963	0,9464	0,9385	0,9393	0,9522	0,9687	1,0081	1,0194	1,0200	1,0306
12	1,1937	0,9867	0,9443	0,9383	0,9390	0,9538	0,9710	1,0116	1,0195	1,0202	1,0305

Figura 4.3. Ciclo de largo plazo. ICCV 1990-2002



Cuando se elimina el promedio móvil (Tendencia × Ciclo) de los datos originales, lo que queda es Estacionalidad × Error. Como se dijo arriba, se divide el dato original por el promedio móvil.

Por ejemplo, para enero de 1991 el índice vale 21,9515 y el promedio móvil para ese mismo mes vale 19,1629, por lo tanto  $21,9515/19,1629 = 1,1455$

<sup>6</sup> Cálculos del autor.

Tabla 4.8. Estacionalidad y error para el Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV) <sup>7</sup> 1991 - 2001

Mes/Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Ene	1,146	1,120	1,152	1,147	1,116	1,111	1,079	1,088	1,074	1,057	1,063
Feb	1,154	1,132	1,170	1,156	1,138	1,119	1,110	1,116	1,077	1,063	1,071
Mar	1,153	1,128	1,165	1,154	1,129	1,124	1,108	1,121	1,068	1,062	1,068
Abr	1,144	1,116	1,153	1,137	1,120	1,116	1,100	1,112	1,069	1,058	1,064
May	1,130	1,116	1,144	1,122	1,111	1,109	1,092	1,100	1,067	1,055	1,058
Jun	1,115	1,117	1,142	1,114	1,099	1,097	1,087	1,075	1,056	1,052	1,053
Jul	1,108	1,127	1,136	1,117	1,098	1,095	1,084	1,078	1,047	1,050	1,054
Ago	1,102	1,125	1,133	1,108	1,087	1,091	1,078	1,081	1,043	1,048	1,045
Sep	1,102	1,115	1,119	1,096	1,079	1,083	1,070	1,080	1,038	1,053	1,038
Oct	1,093	1,101	1,107	1,087	1,069	1,072	1,068	1,068	1,040	1,050	1,035
Nov	1,082	1,100	1,092	1,078	1,060	1,060	1,065	1,064	1,048	1,046	1,030
Dic	1,067	1,089	1,079	1,069	1,052	1,052	1,065	1,063	1,047	1,043	1,026

Para calcular el índice de estacionalidad por mes se calcula el promedio de cada mes, se suman esos promedios y se normalizan para que sumen en total 12.

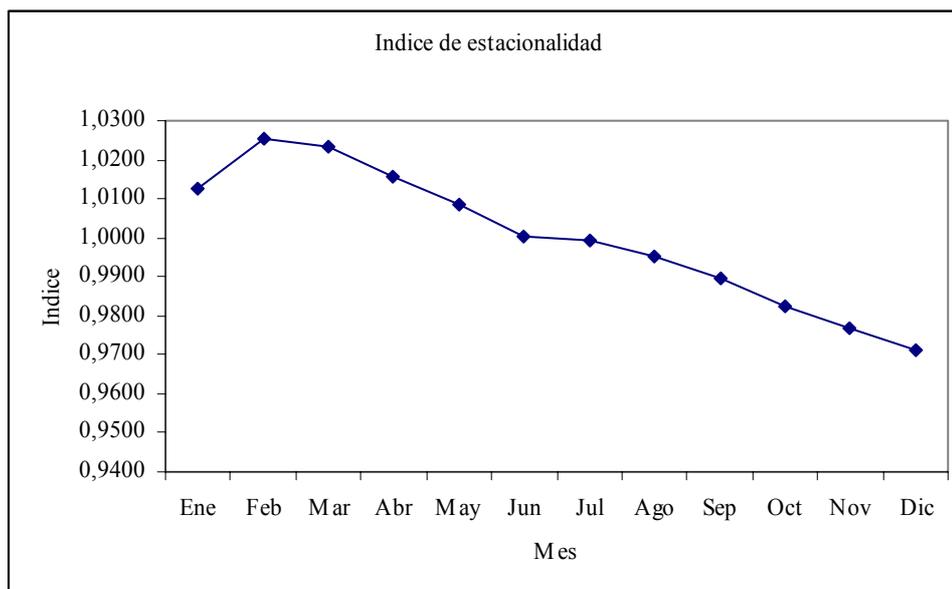
Tabla 4.9 Índice de estacionalidad mensual para el Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV) <sup>8</sup>

Ene	1,1048	1,0126
Feb	1,1185	1,0252
Mar	1,1164	1,0233
Abr	1,1082	1,0158
May	1,1002	1,0084
Jun	1,0916	1,0005
Jul	1,0905	0,9995
Ago	1,0856	0,9950
Sep	1,0794	0,9893
Oct	1,0719	0,9825
Nov	1,0659	0,9770
Dic	1,0594	0,9710
	13,0924	12,0000

<sup>7</sup> Cálculos del autor.

<sup>8</sup> Cálculos del autor.

Gráfica 4.4. Índice mensual de estacionalidad ICCV 1990-2002



Para preparar un pronóstico se multiplica el valor de la tendencia calculada por el índice de estacionalidad y por el factor cíclico que se estime. Para estimar el factor cíclico se debe tener un cierto conocimiento del devenir de la economía y no es calculable en forma directa como puede ser la tendencia o la estacionalidad; esta estimación del ciclo se basa en la información disponible sobre la economía, la observación del ciclo y en algún grado es un estimativo de tipo subjetivo. Una posibilidad es examinar la tendencia que muestre la gráfica, como aparece a continuación. En el caso del ejemplo, si se desea pronosticar el año 2002 se tiene:

Tabla 4.10. Proyecciones del ICCV 2002

2002	Dato No.	Tendencia	Ciclo	Estacionalidad	Proyección del Índice $T \times C \times Est$
Ene	145	113,0091	1,0334	1,0126	118,2595
Feb	146	113,7816	1,0345	1,0252	120,6674
Mar	147	114,5541	1,0355	1,0233	121,3795
Abr	148	115,3266	1,0365	1,0158	121,4255
May	149	116,0991	1,0376	1,0084	121,4725
Jun	150	116,8716	1,0386	1,0005	121,4494
Jul	151	117,6441	1,0397	0,9995	122,2452
Ago	152	118,4166	1,0407	0,9950	122,6199
Sep	153	119,1891	1,0417	0,9893	122,8414
Oct	154	119,9616	1,0428	0,9825	122,8990
Nov	155	120,7341	1,0438	0,9770	123,1209
Dic	156	121,5066	1,0449	0,9710	123,2719

El último dato que se utilizó para calcular la tendencia fue el número 144 (diciembre de 2001; por lo tanto, el mes de enero de 2002 corresponde al 145. Por ejemplo, el pronóstico para mayo de 2002 será:  $Tendencia \times Ciclo \times Estacionalidad = 116,0991 \times 1,0376 \times 1,0005 = 121,4725$

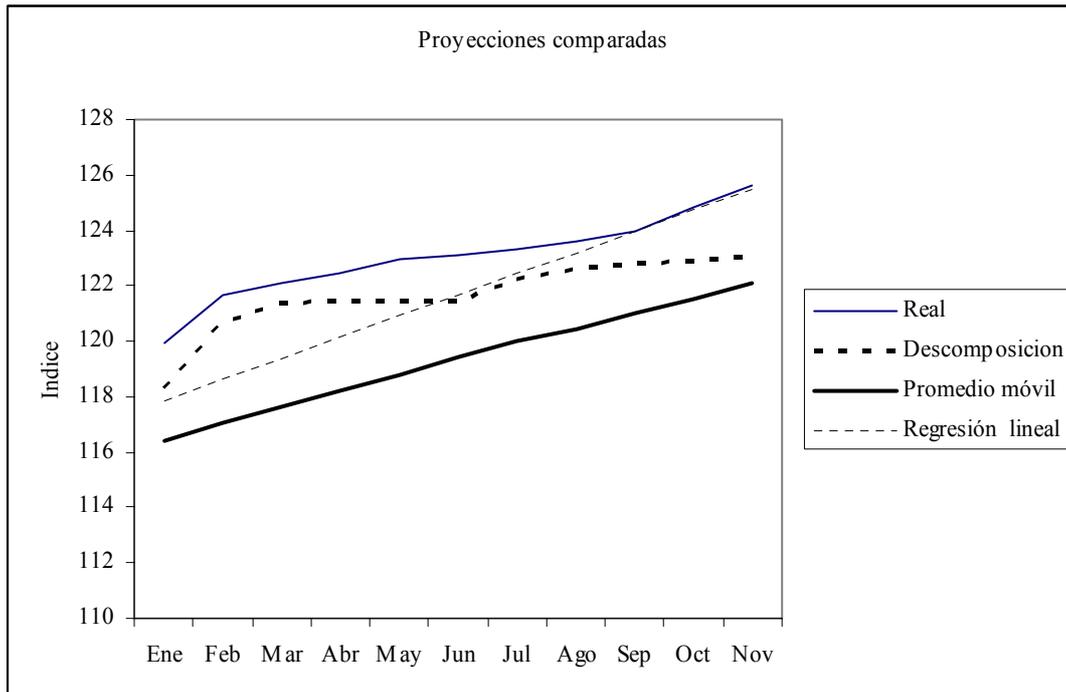
Los promedios móviles que se utilizan en este método pueden ser centrados o no. Si el número de términos en el promedio móvil es impar la colocación del promedio móvil no tiene problema pues se sitúa en  $(N+1)/2$ . Si es par, se tendría que colocar medio período rezagado o medio período adelantado.

A continuación se pueden comparar los datos proyectados con los reales para 2002 (que dejamos adrede para verificar el pronóstico).

Tabla 4.11. Comparación de métodos de pronóstico para ICCV 2002

2002	Dato real	Descomposición $C \times T \times Est$	Promedio móvil	Regresión lineal
Ene	119,91	118,26	116,42	117,85
Feb	121,64	120,67	117,03	118,62
Mar	122,11	121,38	117,64	119,38
Abr	122,47	121,43	118,24	120,15
May	122,93	121,47	118,82	120,91
Jun	123,11	121,45	119,41	121,67
Jul	123,33	122,25	119,97	122,44
Ago	123,63	122,62	120,47	123,20
Sep	124,00	122,84	120,98	123,96
Oct	124,81	122,90	121,52	124,73
Nov	125,64	123,12	122,08	125,49
Dic	N.D.	123,27	122,69	126,25

Gráfica 4.5. Comparación de proyecciones



Una forma analítica de evaluar qué tan buena es una proyección es calcular la suma de los cuadrados de los errores. Entre varios métodos se considerará mejor aquél que presente menor suma de los cuadrados de los errores. Si se consideran los métodos de regresión lineal para proyectar los siguientes doce meses, o el promedio móvil, para proyectar los mismos doce meses, pero uno a la vez, o sea, que al finalizar enero se proyecta febrero, y así sucesivamente, se obtiene lo siguiente:

Tabla 4.12. Cálculo del cuadrado de los errores en la proyección del ICCV

	$(\text{Real} - \text{descomposición})^2$	$(\text{Real} - \text{Promedio})^2$	$(\text{Real} - \text{regresión})^2$
Ene	2,72	12,22	4,22
Feb	0,95	21,25	9,13
Mar	0,53	19,97	7,44
Abr	1,09	17,92	5,41
May	2,12	16,93	4,09
Jun	2,76	13,72	2,07
Jul	1,18	11,26	0,80
Ago	1,02	10,01	0,19
Sep	1,34	9,11	0,00
Oct	3,65	10,83	0,01
Nov	6,35	12,68	0,02
Dic	N.D.	N.D.	N.D.
Suma de cuadrados	23,71	155,90	33,38

Con estos datos se concluye que el mejor método de pronóstico, en este caso particular, es el de descomposición por tener menor suma de cuadrado de los errores. Debe observarse que éste es un análisis *a posteriori* suponiendo que se está en diciembre de 2001 y se hacen las proyecciones (con excepción del promedio móvil que debe hacerse mes a mes); después se espera a noviembre de 2002 qué tal resultaron las proyecciones. Por consiguiente, el análisis de los mínimos cuadrados sólo podría hacerse en noviembre de 2002.

El uso de los métodos de pronóstico depara sorpresas y deben explorarse muy bien las cifras. Lo que se ha hecho en este ejemplo es relativamente sencillo, porque se conocen unas cifras (2002) contra las cuales comparar la bondad del pronóstico; sin embargo, el problema reside en que en la realidad obviamente no se sabe qué tan bueno va a resultar el pronóstico hacia el futuro.

#### **4.3 Ideas básicas sobre elasticidad precio-demanda: un ejemplo de cálculo**

Muchas veces se requiere incluir el efecto de un aumento de precios en las proyecciones financieras de una firma. Esto se puede lograr calculando la elasticidad precio-demanda del producto o servicio que se analiza.

Aunque no es posible generalizar sobre lo que determina la elasticidad precio-demanda, podemos identificar, sin ser exhaustivos, algunas de sus causas y contextos. A continuación se presenta una lista de causas y circunstancias que pueden afectar la demanda. Se supone que estas variables actúan en condiciones que los economistas llaman *ceteris paribus*. Esto es, se supone que el resto del mundo no cambia.

Consumo. Si los bienes se consumen en cantidades pequeñas, el costo total puede no ser importante. En otras palabras, si el gasto en esos bienes es pequeño en relación con el ingreso del consumidor, el costo puede ser despreciable y por lo tanto el cambio de precio puede que no afecte la demanda. Ejemplo de esta situación es el consumo de la sal de mesa en un hogar.

Ingreso. Si el ingreso es alto en relación con el precio del bien (más precisamente, si el costo del consumo es bajo en relación con el ingreso), el aumento en el precio del bien puede que no

afecte la demanda. Como un ejemplo se puede mencionar otra vez la sal de mesa, cuyo precio es relativamente bajo, aun para los hogares de bajos ingresos.

Sustituibilidad. Si hay libre competencia y existen varios sustitutos del bien, la demanda se verá afectada por un aumento en el precio. Mientras más sustitutos haya, mayor será el efecto de un aumento del precio en la demanda. Otra vez, la sal de mesa es un buen ejemplo. No tiene buenos sustitutos y por lo tanto un aumento en su precio no afecta mucho la demanda.

Clase de bienes. Los bienes de lujo, suntuarios o superfluos pueden verse muy afectados por un aumento de precios, mientras que los bienes necesarios o de primera necesidad se afectan menos por un aumento de precio. Un ejemplo es el consumo de pan, panela, agua de la llave, etc. Un aumento en el precio del agua para consumo doméstico o de la panela afecta menos su demanda que un aumento en el precio de los tiquetes aéreos o en el precio de los automóviles.

Hábitos y tiempo. La elasticidad precio-demanda para bienes de consumo que han sido aceptados por el mercado hace ya algún tiempo (y si para el análisis se utiliza una serie de datos históricos suficientemente larga) será posiblemente baja. Más aun, cuando se analiza el comportamiento de esos datos para determinar la elasticidad precio-demanda, hay que tener en cuenta que el hábito de consumo no cambia de manera repentina. Los hábitos de consumo no son fáciles de cambiar.

A continuación se presenta un resumen del comportamiento de la demanda, dado que ha habido un aumento del precio de los bienes en estudio. Existen tres casos básicos:

1. Aumento nominal de precio mayor que la tasa de inflación.
2. Aumento nominal de precio igual que la tasa de inflación.
3. Aumento nominal de precio menor que la tasa de inflación.

Suponiendo que el resto de la economía se ajusta por la tasa de inflación (y en particular el ingreso), se puede decir que en el Caso 1 se detectará una reducción de la demanda. En el caso 2 no habrá cambios en la demanda y en el Caso 3 la demanda puede aumentar.

Por el otro lado, se pueden identificar tres clases de bienes:

1. Bienes con demanda elástica o casi elástica.
2. Bienes con elasticidad unitaria.

### 3. Bienes con demanda inelástica.

La Clase 1 es una clase de bienes cuya demanda cambia en una proporción mayor que el cambio en el precio. La Clase 2 incluye bienes cuya demanda cambia exactamente lo mismo que el cambio en el precio. Y la Clase 3 incluye bienes cuya demanda cambia en una proporción menor a la del cambio de precio. Estos cambios están asociados con un coeficiente de elasticidad,  $\beta$ . Si el valor absoluto de  $\beta$  es mayor que 1 se dice que es elástica, si es igual a 1 se dice que es unitaria y si es menor que 1 se dice que es inelástica.

Al usar este coeficiente  $\beta$  en una ecuación lineal, nos permite medir el efecto del aumento de precios en la demanda. Esta ecuación se llama el factor de elasticidad.

#### **El factor de elasticidad**

El factor de elasticidad tiene en cuenta la elasticidad precio-demanda propiamente dicha. Con este factor se puede ajustar la demanda multiplicando la demanda por el factor. Por ejemplo, si se tiene la demanda del período  $n$ , ésta debe ajustarse con el factor de elasticidad del mismo período así:

$$D_n \text{ ajustada} = D_n \text{ sin ajustar} \times \text{Factor de elasticidad} \quad (18)$$

$$\text{Factor de elasticidad} = 1 + \text{elasticidad} = 1 + \beta(\text{aumento real de precio}) \quad (19)$$

$$\text{Aumento real de precio} = \frac{1 + \text{aumento en el precio nominal}}{1 + \text{inflacion}} - 1 \quad (20)$$

Entonces,

$$\text{Factor de elasticidad} = 1 + \beta \left[ \frac{1 + \text{aumento en el precio nominal}}{1 + \text{inflacion}} - 1 \right] \quad (21)$$

y

$$D_n \text{ ajustada} = D_n \text{ sin ajustar} \times \left[ 1 + \beta \left[ \frac{1 + \text{aumento en el precio nominal}}{1 + \text{inflacion}} - 1 \right] \right] \quad (22)$$

El coeficiente de elasticidad  $\beta$  puede ser un valor mayor o menor que cero.

Este factor de elasticidad se utiliza, como se indicó, para multiplicar una demanda dada y de esta manera incluir el efecto del aumento de precios en la demanda. Si se explora la ecuación

del factor de elasticidad, cuando  $\beta$  es 1, y hay un aumento real de precios, la demanda se reducirá en el mismo porcentaje en que se aumentó el precio de venta. Si  $\beta$  es mayor que 1, la demanda se verá afectada en más del porcentaje real de aumento de precios y finalmente, si  $\beta$  es menor que 1, la demanda se verá afectada en menos que el porcentaje de aumento real de precios. Entonces, si fijamos a  $\beta$  en cero, se dice que el bien es completamente inelástico. Esto significa que el precio puede aumentar y la demanda no se verá afectada. El bien se consume igual.

### **Un ejemplo de una función de elasticidad**

Un ejemplo es el del consumo del agua potable en los hogares. Cuando se construyen funciones de elasticidad, es necesario entender el hábito de consumo.

En este caso se utiliza la siguiente función de elasticidad.

$$Q_t = e^C P_{t-1}^{\beta_1} Q_{t-2}^{\beta_2} \quad (23)$$

o

$$\ln Q_t = C + \beta_1 \ln P_{t-1} + \beta_2 \ln Q_{t-2} \quad (24)$$

Hay que reconocer que la gente reacciona en cuanto al consumo cuando se da a conocer el nuevo precio. Sin embargo, también se debe reconocer que los hábitos son muy difíciles de cambiar. Por esa razón la cantidad demandada depende no solo del precio, sino del consumo de dos períodos atrás (se trata del consumo de agua tratada en el acueducto). Nos interesa el coeficiente de  $P_{t-1}$  o la pendiente ( $\beta$ ) de  $P_{t-1}$ .

Se pueden utilizar métodos de regresión lineal con una adecuada serie de datos y con ello calcular el valor de  $\beta$ . Y en este caso se utiliza  $\beta_1$  como coeficiente de elasticidad. Este es el coeficiente del precio en la ecuación.

### **Ejemplo de cálculo de elasticidad de un producto**

Se cuenta con la información de consumo de agua residencial en el estrato 5 de la ciudad de Cali, Colombia.

Si la facturación es mensual, el usuario percibe el aumento de precio en un mes e inicia su cambio de patrón de consumo al mes siguiente. El patrón de consumo no se cambia de manera

instantánea. Puede haber una gran variedad de modelos que representen este fenómeno. Así mismo, la demora en el cambio del patrón de consumo se puede representar de muchas formas.

Una manera de representar el fenómeno puede ser modelando el efecto sobre el consumo para que dependa del precio del último mes y del consumo de dos meses atrás. Eso se puede representar en una ecuación tal como la siguiente:

$$Q_t = e^C P_{t-1}^{\beta_1} Q_{t-2}^{\beta_2} \quad (25)$$

Cuando se quieren estimar parámetros de ecuaciones como (1), se pueden linealizar y expresar como una ecuación lineal. A partir de esta idea se puede describir esta ecuación como

$$\ln Q_t = C + \beta_1 \ln P_{t-1} + \beta_2 \ln Q_{t-2} \quad (26)$$

Observe que las ecuaciones 25 y 26 son las ecuaciones 23 y 24.

Los valores de  $C$ ,  $\beta_1$  y  $\beta_2$  se pueden encontrar por regresión lineal. Usando la opción *Análisis de datos* en *Herramientas* de Excel, se tiene lo siguiente:

Tabla 4.13. Estrato 5 Cali consumo de agua

Mes	Precio m3 \$98	Cantidad m3	$\ln P_{t-1}$	$\ln Q_{t-2}$	$\ln Q$
1	246	30,23			
2	243	30,59			
3	238	31,37	5,49306	3,40883	3,44585
4	242	31,14	5,47227	3,42067	3,43849
5	241	31,25	5,48894	3,44585	3,44202
6	231	33,04	5,48480	3,43849	3,49772
7	246	31,64	5,44242	3,44202	3,45442
8	247	32,06	5,50533	3,49772	3,46761
9	244	32,44	5,50939	3,45442	3,47939
10	269	30,2	5,49717	3,46761	3,40784
11	252	31,99	5,59471	3,47939	3,46542
12	267	30,55	5,52943	3,40784	3,41936
13	255	31,71	5,58725	3,46542	3,45663
14	259	31,11	5,54126	3,41936	3,43753
15	256	31,3	5,55683	3,45663	3,44362
16	275	29,33	5,54518	3,43753	3,37861
17	276	29,09	5,61677	3,44362	3,37039
18	257	30,97	5,62040	3,37861	3,43302
19	267	30,16	5,54908	3,37039	3,40652
20	296	27,8	5,58725	3,43302	3,32504
21	279	29,01	5,69036	3,40652	3,36764
22	279	29,05	5,63121	3,32504	3,36902
23	297	27,86	5,63121	3,36764	3,32719
24	284	29,05	5,69373	3,36902	3,36902
25	294	28,03	5,64897	3,32719	3,33328
26	297	27,57	5,68358	3,36902	3,31673
27	310	26,49	5,69373	3,33328	3,27677
28	314	26,19	5,73657	3,31673	3,26538
29	290	28,03	5,74939	3,27677	3,33328
30	296	27,5	5,66988	3,26538	3,31419
31	317	26,09	5,69036	3,33328	3,26155
32	300	27,38	5,75890	3,31419	3,30981
33	300	27,03	5,70378	3,26155	3,29695
34	284	28,3	5,70378	3,30981	3,34286
35	297	27,49	5,64897	3,29695	3,31382
36	302	27,22	5,69373	3,34286	3,30395
37	290	28,18	5,71043	3,31382	3,33861
38	303	27,27	5,66988	3,30395	3,30579
39	307	27	5,71373	3,33861	3,29584
40	314	26,44	5,72685	3,30579	3,27488
41	307	27,02	5,74939	3,29584	3,29658
42	312	26,87	5,72685	3,27488	3,29101
43	296	28,16	5,74300	3,29658	3,33790
44	291	28,77	5,69036	3,29101	3,35933
45	284	29,26	5,67332	3,33790	3,37622
46	307	27,61	5,64897	3,35933	3,31818
47	306	27,83	5,72685	3,37622	3,32611
48	323	26,85	5,72359	3,31818	3,29027
49	309	27,93	5,77765	3,32611	3,32970
50	307	27,96	5,73334	3,29027	3,33077

Mes	Precio m3 \$98	Cantidad m3	lnP <sub>t-1</sub>	ln Q <sub>t-2</sub>	lnQ
51	331	26,18	5,72685	3,32970	3,26500
52	317	27,15	5,80212	3,33077	3,30138
53	308	27,65	5,75890	3,26500	3,31963
54	313	27,48	5,73010	3,30138	3,31346
55	320	27,27	5,74620	3,31963	3,30579
56	332	26,62	5,76832	3,31346	3,28166
57	261	31,9	5,80513	3,30579	3,46261
58	324	28,05	5,56452	3,28166	3,33399
59	332	27,17	5,78074	3,46261	3,30211
60	361	25,15	5,80513	3,33399	3,22486

Los datos sobre precios están estipulados en precios a pesos de 1998.

Usando en *Análisis de datos* la opción *Regresión*, se encuentra lo siguiente:

*Estadísticas de la regresión*

Coefficiente de correlación múltiple	0,78792775
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,62083015
R <sup>2</sup> ajustado	0,60704215
Error típico	0,04197549
Observaciones	58

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	0,15866943	0,07933471	45,0268628	2,6178E-12
Residuos	55	0,0969068	0,00176194		
Total	57	0,25557623			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	4,38009751	0,78815565	5,55740165	8,2506E-07
lnP <sub>t-1</sub>	-0,36926095	0,07983081	-4,62554406	2,3117E-05
lnQ <sub>t-2</sub>	0,31619518	0,119768	2,64006389	0,01076563

El coeficiente del precio, en este caso -0.3692 es el coeficiente de elasticidad,  $\beta$ . Por cada 1% de aumento en el precio real, la demanda se reduce en -0.3692%. Esto se puede expresar en términos de aumento de precios e inflación de la siguiente manera:

$$\text{Factor de elasticidad} = 1 - 0.3692 \left( \frac{1 + \text{aumento de precios}}{1 + \text{tasa de inflación}} - 1 \right) \quad (27)$$

Si el aumento de precios real (deflactado) es de 1%, entonces la demanda se reduce en -0.3692%

#### **4.4 Uso de la inflación para calcular aumentos de precios nominales**

Cuando se tienen que hacer proyecciones financieras, se requiere calcular los futuros precios de bienes y servicios (por ejemplo, materia prima, mano de obra, precios de venta, etc.) y para ello se deben calcular los aumentos de precios que se cree van a prevalecer en el futuro.

Si en el modelo de proyección de estados financieros se fijan los precios corrientes o nominales sin un enlace adecuado a la tasa de inflación, se puede terminar con un modelo inconsistente. Por ejemplo, si se fija de manera independiente una tasa de aumento de precios en 8% (con una inflación implícita de 5%, por ejemplo) y no se enlaza con la tasa de inflación, al hacer un análisis de sensibilidad (al cambiar la inflación por ejemplo a 10%) el aumento de precios seguirá igual a 8% y no refleja la tasa de inflación. Esto genera una inconsistencia interna en el modelo. Con lo que presentamos en esta sección pretendemos ofrecer una herramienta que permita “descubrir” cuál es la política que, por ejemplo, una firma ha utilizado para fijar sus precios en relación con la inflación (esto es aplicable a los proveedores o a los bancos para determinar cuál ha sido la prima de riesgo percibida por ellos al otorgarle préstamos a una firma).

Cuando se calculan los aumentos de precios de una firma se deben tener en cuenta los aumentos nominales (que incluyen la inflación). Los precios nominales son los que cualquiera “ve” en la economía. En el supermercado, en la tienda de computadores, y así sucesivamente. La mayoría de los economistas consideran inapropiado pensar en precios nominales o corrientes. Esto es válido para ciertos propósitos (por ejemplo, para el cálculo de la elasticidad en la sección anterior). Vamos a mostrar con un ejemplo sencillo cómo se pueden utilizar los datos históricos para hacer descubrir comportamientos en esos datos y hacer cálculos futuros sobre variables nominales (aumentos de precios).

Al desarrollar este ejemplo reconocemos que el uso de herramientas econométricas requiere de mucho rigor. No se pretende en esta sección hacer un análisis econométrico a profundidad, sino de dar algunas claves al lector sobre lo que se puede hacer. Hay programas comerciales que permiten hacer el análisis econométrico con todo el rigor. En el apéndice se muestran las condiciones que se deben cumplir para hacer un análisis econométrico robusto.

Hay que anotar que es muy raro el caso en que un modelo satisfaga el 100% de estas condiciones.

### **El enfoque de la tasa de aumento nominal o corriente**

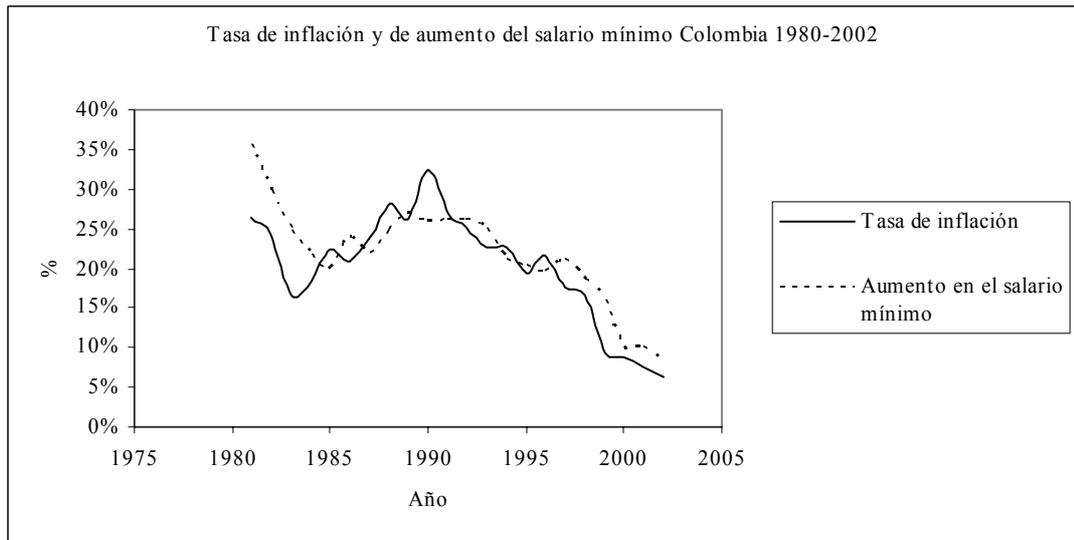
Vamos a considerar un ejemplo sencillo basado en datos reales del salario mínimo y de la tasa de inflación en Colombia. En este ejemplo suponemos una relación entre el aumento de salario mínimo y la inflación del mismo año. No se considera que exista una relación causa efecto, sino que quienes toman decisiones sobre el tema (la mayoría de las veces no ha habido concertación con los sindicatos sino que se ha definido por decreto gubernamental el aumento) tienen como punto de referencia la inflación para determinar el aumento. Ver la siguiente tabla y la correspondiente gráfica.

Tabla 4.14. Tasa de inflación y aumento del salario mínimo

Año	Tasa de inflación	Tasa nominal de aumento en salario mínimo
1981	26,35%	35,71%
1982	24,03%	30,00%
1983	16,64%	24,98%
1984	18,28%	22,00%
1985	22,45%	20,00%
1986	20,95%	24,00%
1987	24,02%	22,00%
1988	28,12%	25,00%
1989	26,12%	27,00%
1990	32,37%	26,00%
1991	26,82%	26,07%
1992	25,14%	26,04%
1993	22,61%	25,03%
1994	22,60%	21,09%
1995	19,47%	20,50%
1996	21,64%	19,50%
1997	17,68%	21,02%
1998	16,70%	18,50%
1999	9,23%	16,01%
2000	8,75%	10,00%
2001	7,65%	9,96%
2002	6,4%	8,04%

En la tabla anterior se puede observar la relación entre la inflación y la tasa de aumento del salario mínimo. Se ve mejor de manera gráfica.

Gráfica 4.6 Tasa de inflación y de aumento del salario mínimo



Aquí supondremos para hacer el ejemplo más sencillo que la relación entre inflación y aumento del salario mínimo se da entre los valores para cada año.<sup>9</sup>

### Los modelos

Se pueden explorar diferentes modelos y compararlos entre sí para escoger el mejor. Este es un paso inevitable cuando se hace este tipo de análisis. Para examinar este proceso se debe consultar Vélez-Pareja (2002b). Los programas comerciales para trabajo econométrico ofrecen alternativas de modelos y pruebas que permiten escoger el mejor modelo. Se debe tener cuidado de no seleccionar modelos que presenten relaciones espurias entre las variables. Antes de escoger o diseñar un modelo debemos encontrar la relación lógica o teórica que puede haber detrás de cada modelo. Recordemos lo que se estudió en la sección sobre elasticidad. También se debe tener cuidado con el número de observaciones. Usualmente pocas observaciones no ofrecen resultados confiables. Por lo general se necesitan unas 24 o más observaciones para obtener resultados aceptables. En este ejemplo tenemos menos de 24 y sin embargo los resultados son estadísticamente significativos.

Hallaremos la relación entre la tasa de inflación y el aumento del salario mínimo utilizando las técnicas de regresión lineal.

---

<sup>9</sup> Si se desea incluir el efecto de tener el aumento ligado a la inflación del año (o del año anterior o del año siguiente) habría que utilizar variables que se conocen como “dummies” y con ellas se puede tener en cuenta la existencia de varios universos en los datos. Ejemplos de universos económicos diferentes pueden ser economía globalizada o no, protegida o no, etc. Y sí sucesivamente, según el caso.

Utilizaremos un modelo lineal con dos variables independientes: la tasa de inflación y el tiempo. La variable dependiente es la tasa de aumento del salario mínimo.

El modelo propuesto es

$$\text{Aumento de salario mínimo} = a + b(\text{Tasa de inflación}) + c(\text{año}) + \text{error} \quad (28)$$

Utilizando los datos presentados arriba y asignando una numeración de 1 a 22 a los años, se tiene el siguiente resultado de la regresión:

#### Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,91041107
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,82884831
R <sup>2</sup> ajustado	0,81083234
Error típico	0,0285048
Observaciones	22

#### Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	0,074762424	0,03738121	46,0063177	5,2134E-08
Residuos	19	0,015437946	0,00081252		
Total	21	0,09020037			

#### Datos sobre coeficientes

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	0,16640585	0,035185199	4,72942749	0,01%
t	-0,00456349	0,001258007	-3,62755482	0,18%
Tasa de inflación	0,51309245	0,116343385	4,4101558	0,03%

Al igual del análisis que se hizo arriba, se encuentra que el modelo es bueno porque tiene R<sup>2</sup> alto, 0,83, y la prueba F es significativa (46,0063177 > 5,2134E-08). Por otro lado, los coeficientes y la intercepción son significativos a menos del 1% puesto que las probabilidades del estadístico t de cada coeficiente son mucho menores que 0,5%.

La regresión que hacemos en Excel nos arroja las proyecciones de los aumentos. Éstas aparecen en la segunda columna de la siguiente tabla. Se incluye la columna de datos reales para comparación.

Tabla 4.16. Pronóstico versus aumento nominal del salario mínimo

Observación	Pronóstico del aumento de salario mínimo	Aumento nominal en salario mínimo
1	29,7%	35,7%
2	28,1%	30,0%
3	23,8%	25,0%
4	24,2%	22,0%
5	25,9%	20,0%
6	24,7%	24,0%
7	25,8%	22,0%
8	27,4%	25,0%
9	25,9%	27,0%
10	28,7%	26,0%
11	25,4%	26,1%
12	24,1%	26,0%
13	22,3%	25,0%
14	21,8%	21,1%
15	19,8%	20,5%
16	20,4%	19,5%
17	18,0%	21,0%
18	17,0%	18,5%
19	12,7%	16,0%
20	12,0%	10,0%
21	11,0%	10,0%
22	9,9%	8,0%

Si se considera que el año 2003 es el número 23, entonces usando los coeficientes definidos arriba y el pronóstico de inflación para Colombia para 2003 de 5,5%, el pronóstico para el aumento de salario mínimo será

Aumento salario mínimo para 2003

$$= 0,16640585 - 0,00456349 \times 23 + 0,51309245 \times 5,5\% = 8,97\%$$

El aumento que se estipuló para 2003 fue de 7,44%. El lector se sorprenderá de la diferencia entre lo pronosticado y lo ocurrido en la realidad. Como ya se ha sugerido en varios ejemplos, no existe un método de pronóstico 100% exacto. Recuerde que nuestros modelos de pronóstico todos tienen un margen de error y este error es aleatorio, no es predecible.

#### 4.5 Un método consensual y subjetivo de pronóstico: El Método Delphi

Cuando estamos haciendo proyecciones para calcular los flujos de caja de un proyecto o firma nos encontraremos con situaciones en las que no contamos con datos históricos. Debemos hacer entonces apreciaciones subjetivas de lo que puede valer un determinado parámetro. No se recomienda que este ejercicio de subjetividad se haga de manera individual. Para ellos existen métodos que logran generar consenso, tales como el método Delphi o Delfi.

## Los oráculos en la antigüedad

En la antigüedad hubo muchos oráculos y no sólo en Grecia. También los hubo en otras regiones, como en Egipto y en el Imperio Romano. El oráculo más famoso de la Antigüedad estuvo en Delfos. De ahí el nombre del método Delphi (podría llamarse también método Delfico). Delfos llegó a ser el punto medio, el centro exacto del mundo helénico. Apolo escogió este sitio para su oráculo, el oráculo de Delfos.

Umberto Eco dice que “debemos seguir el precepto del oráculo de Delfos: Conócete a ti mismo”. Esta sabia máxima fue la base de algunas corrientes filosóficas y algunos se la atribuyen a Sócrates. Menciona también Eco que Heráclito nos recordaba que “el señor cuyo oráculo está en Delfos no habla ni se esconde, sino que se manifiesta a través de señales” y que “el conocimiento que buscamos es limitado porque adopta la forma de una permanente interrogación”.

El oráculo era la respuesta que los dioses daban a una pregunta que le formulaban los que acudían a consulta. Griegos y romanos, individuos particulares o funcionarios oficiales, tales como embajadores o reyes visitaban a Delfos a consultar con la sacerdotisa principal del oráculo, conocida como Pitia<sup>10</sup>. El oráculo era considerado como la revelación de Apolo. O sea, que las palabras de Pitia revelaban la voluntad de los dioses. Se preguntaba si era mejor o más deseable que se haga una cosa u otra. El oráculo sugería lo que consideraba acertado o desacertado, y además, indicaba qué consecuencias podían presentar los diferentes cursos de acción.

Sin embargo, Dalkey uno de los inventores del método, decía que el nombre Delphi o Delfico era en cierta forma desafortunado. El nombre se asocia con algo esotérico, oculto cuando precisamente lo que pretende es lo contrario. Aclarar el futuro, mejorar pronósticos y cálculos sobre lo que puede acontecer en el futuro. El método trata de obtener lo máximo de una información disponible imperfecta o pobre.

---

<sup>10</sup> Apolo mató a una enorme serpiente llamada Pitón que custodiaba el santuario de Gea y en memoria de la serpiente y de Gea, Apolo quiso que una mujer fuera la sacerdotisa principal y la llamó Pitia, también conocida como Sibila. De aquí procede la palabra pitonisa.

Entre las primeras aplicaciones de la herramienta se encuentran el estudio de las tendencias de largo plazo en la sociedad y su efecto sobre la misma, con especial énfasis en la ciencia y la tecnología.

### **Qué es el método Delphi**

Vamos a explorar varias definiciones o características del método. Es una técnica para la solución de problemas y para la toma de decisiones. Fue diseñado para ser utilizado en la solución de problemas poco estructurados y que por lo general, exceden la capacidad analítica de una sola persona. Es adecuado para la planeación estratégica en las empresas que se mueven en un entorno incierto y cambiante. Es una forma de desarrollar un pronóstico cuando no existen datos sobre un tema.

Así mismo, el método Delphi es una técnica que permite llegar a opiniones de consenso en un grupo sobre cierto asunto específico. Consiste en una serie de preguntas repetidas, por lo general utilizando encuestas o cuestionarios, sobre el tema que se investiga a personas que se considera conocen el tema. En otras palabras, se supone que el grupo que participa en un proceso de esta naturaleza es experto en el tema. Esta técnica permite recoger y decantar el conocimiento del grupo de expertos sobre el tema que se ha escogido. Permite la formación de consenso en un grupo y es útil como herramienta exploratoria para el pronóstico tecnológico o sobre la educación (sobre el desarrollo de la tecnología, por ejemplo, cómo serán utilizados los computadores dentro de 30 años). Esta herramienta permite producir información confiable para la toma de decisiones. También es útil en la educación. Permite a los investigadores y a los estudiantes obtener una visión más detallada y profunda acerca de los supuestos (y de las opiniones que existen) sobre un problema específico.

Se plantea una pregunta inicial, por ejemplo, cuál va a ser la tasa de inflación del año siguiente, y a partir de las primeras respuestas, cada pregunta repetida se acompaña de las respuestas y razones que presentó cada miembro del grupo (en forma anónima). Además, esas respuestas se comunican a los integrantes del grupo como puntos de vista de las personas que participan o integradas en una sola opinión del grupo. Se puede llegar a un consenso de opinión,

pidiendo justificación para la desviación significativa de las respuestas promedio del grupo. Este proceso hace que el individuo revise su respuesta y sus razones para ella de manera que si lo considera conveniente puede reconsiderarlas. Después de algunas (dos o tres) rondas, se puede llegar a consenso; algunas veces se pueden promediar los diferentes resultados (si el punto analizado es cuantificable). El método Delphi es, por tanto, un esquema de comunicación que se puede utilizar para facilitar y enriquecer el flujo de información dentro de un grupo cuyos miembros son expertos en un tema específico.

Este procedimiento se puede llevar a cabo de manera sincrónica o asincrónica. En el primer caso los miembros del grupo reciben las opiniones del resto en forma inmediata y su revisión ocurre de manera casi inmediata. En el segundo caso, los participantes reciben las opiniones por medio impreso o por correo electrónico y sus opiniones se pueden reelaborar con algún tiempo de espera. No es necesario que el grupo de expertos se encuentre físicamente en un mismo sitio. Por lo general se encuentran dispersos geográficamente. Lo importante es adaptar el proceso de comunicación de manera que se ajuste a la situación.

El método Delphi fue desarrollado en RAND (acrónimo de Research and Development, en inglés) Corporation por Olaf Helmer y Norman Dalkey.

En 1959 Helmer y Rescher, compañero del primero en RAND Corporation publicaron un artículo titulado "On the Epistemology of the Inexact Sciences", que fue la base filosófica para el uso de este método de pronóstico. El argumento básico era que en los campos donde no se había desarrollado suficiente conocimiento y teoría era legítimo acudir al testimonio de los expertos.

Desde su creación, las variaciones en el método Delphi han sido de procedimiento y de propósito. Se puede considerar que para cada aplicación se ajustan los procedimientos para adaptarse a la necesidad específica del momento y circunstancia con el fin de adecuar el método al problema.

### **Ventajas**

Se le atribuyen algunas ventajas. Entre ellas podemos destacar:

1. El método Delphi reconoce de hecho la diferencia entre una opinión subjetiva (basada en la experiencia, en la intuición disciplinada) y una opinión arbitraria. El juicio de expertos sobre un tema relativamente desconocido puede ser considerado como subjetivo, pero no arbitrario.
2. Reconoce también la utilidad del buen juicio y criterio del ser humano y en particular de un grupo de expertos. Una sola persona, con frecuencia no tiene suficiente conocimiento sobre ciertos problemas para encontrar efectivamente una solución. Por la metodología de trabajo descrita arriba, el método puede eliminar ciertos sesgos que se presentan cuando se acude a la opinión de un solo experto o a un grupo no anónimo, en el cual se puede presentar esa tendencia que se denomina “seguir al líder”. Esto es, que si los miembros del grupo saben quién emitió una u otra opinión, es muy fácil que si hay algún miembro con prestigio y ascendencia sobre los demás, el resto se acoja a la opinión de dicho experto.
3. Otro de los sesgos que pueden ser eliminados es el temor de un miembro del grupo de retractarse o modificar una opinión ya expresada.
4. También reduce la posibilidad de que algunos o algún miembro se acojan a la opinión de la mayoría sin mucha reflexión, puesto que se piden, se recopilan, se evalúan y se tabulan opiniones independientes sin discusiones presenciales de grupo. Con esta estrategia se reduce o se elimina el efecto de halo, la influencia de las personalidades fuertes y la tendencia de algunas personas a seguir la opinión de la mayoría, que muchas veces no necesariamente tiene la razón.
5. El método Delphi elimina o reduce los efectos nocivos del trabajo por comités, donde con frecuencia se pueden presentar los sesgos arriba mencionados.

### **Los elementos básicos del método Delphi**

Los elementos clave del método son:

1. Una estructura que permita el flujo de información entre un grupo de expertos.
2. Reciclaje de la información dentro del grupo y

### 3. Anonimato de los participantes.

Como se mencionó arriba, estas características ofrecen ciertas ventajas que no se dan en los tradicionales comités donde los participantes se enfrentan cara a cara. Como a veces resulta inevitable que el grupo se desvíe del propósito de estudio, se requiere que un coordinador le haga seguimiento al proceso y que si es necesario revise la información que se genera para eliminar aquella que no es pertinente al tema en estudio.

Se pueden identificar diez pasos para la aplicación del método:

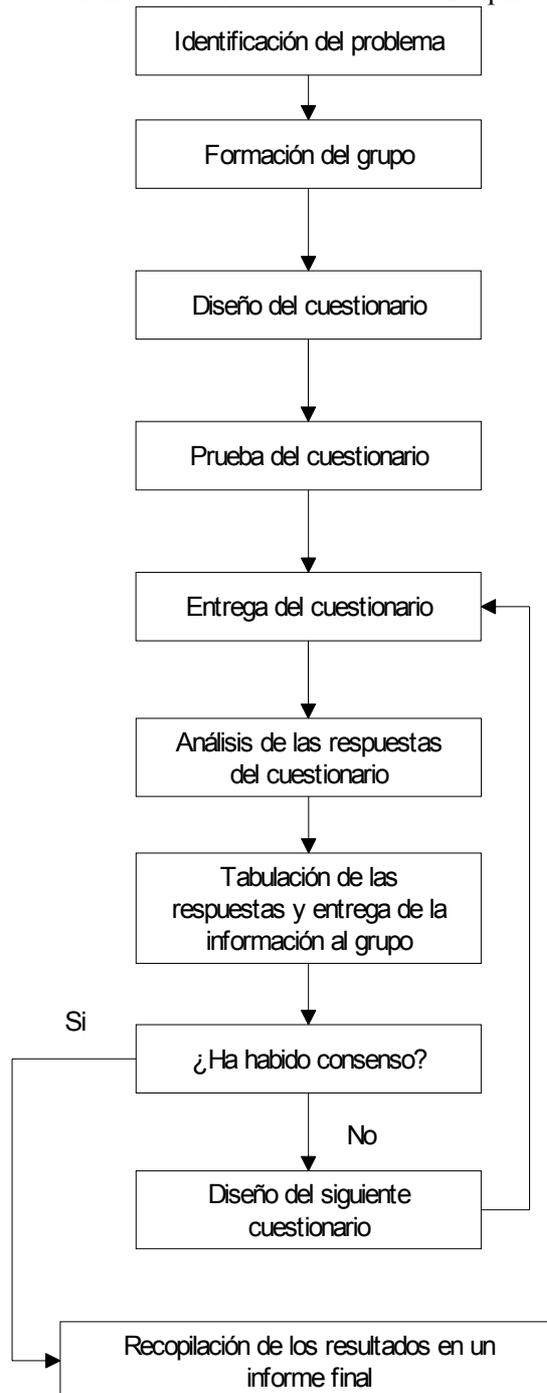
1. Definición del problema.
2. Formación de un grupo que aborde un tema específico. Usualmente los miembros del grupo son expertos en el tema que se pretende estudiar. Dentro de ese grupo se pueden conformar uno o varios subgrupos (paneles) para que participen en el proceso. Uno de los subgrupos puede dedicarse al análisis de los resultados de cada ronda de preguntas durante el proceso.
3. Diseño del cuestionario que se utilizará en la primera ronda de preguntas.
4. Prueba del primer cuestionario. Muchas veces la estructura o formulación de las preguntas puede que no conduzca a las respuestas apropiadas. Se debe evitar la ambigüedad y la vaguedad en la redacción de las preguntas. Deben ser muy precisas, puntuales y no estar sujetas a interpretación.
5. Entrega del cuestionario a los panelistas.
6. Análisis de las respuestas de la primera ronda de preguntas
7. Preparación de la segunda ronda de preguntas y aprovechamiento de la primera ronda para perfeccionar las preguntas. O quizás, si es necesario, probar otra vez las preguntas, como en el paso anterior.
8. Entrega del segundo cuestionario a los panelistas.
9. Análisis de las respuestas de la segunda ronda de preguntas. (Los pasos 6 a 9 deberán repetirse en forma iterativa hasta cuando se llegue a un consenso o se alcance una cierta estabilidad en las respuestas.)

10. Preparación de un informe por parte del equipo que analiza los resultados para presentar las conclusiones del ejercicio.

Los participantes deben entender muy bien cuál es el propósito del ejercicio de búsqueda de consenso. Esto evitaría que los participantes respondan de manera inapropiada y que se sientan frustrados y/o pierdan interés en el proceso. Los participantes, como ya se ha dicho, deben ser expertos en el tema o al menos estar bien informados acerca del mismo. El número de participantes debe ser mínimo cuatro o cinco.

El proceso arriba mencionado se puede representar en una gráfica secuencial.

Gráfica 4.7. Proceso del método Delphi



Es necesario hacer algunas verificaciones antes de empezar a utilizar el método Delphi.

Algunas de ellas son:

1. ¿Qué clase de proceso de comunicación se requiere para estudiar el problema?
2. ¿Quiénes son y dónde están los expertos en el tema?
3. ¿Qué otras técnicas de análisis se pueden utilizar? (Ver por ejemplo, Makridakis y Wheelwright (1978).)

Precisamente, al responder este tipo de interrogantes se puede lograr mejorar la utilización del método evitando que la herramienta se desacredite por mal uso.

No se puede perder de vista que los resultados que produce el método Delphi son apenas opiniones. Son opiniones de expertos, sí, pero opiniones.

### **Críticas y objeciones al método**

Como es natural, el método Delphi tiene sus contradictores y sus defensores. Aquí presentamos las críticas más frecuentes y las precauciones que deberían tomarse para evitarlas. Esto puede mejorar la confiabilidad del método. Las críticas más conocidas son

- 1) No es un método científico y por lo tanto no es exacto y se tiene poca confiabilidad en los resultados. Para contrarrestar estas críticas se debe considerar que la confiabilidad se define comúnmente en términos de la precisión de los instrumentos de medición y puede probarse de varias formas, por ejemplo,
  - a. Comparando predicciones de diferentes estudios con los eventos reales.
  - b. Variando los procedimientos internos y estudiando sus efectos en el pronóstico obtenido.
  - c. Comparando predicciones del método con otras predicciones basadas en métodos convencionales.
- 2) Dificultad para evaluar el grado de pericia o conocimiento real implícitos en el pronóstico logrado.
- 3) “Anclaje” hacia el futuro o el pasado. Se puede dar mayor peso a eventos pasados recientes, por ejemplo, y no a lo que está ocurriendo en el momento o pueda ocurrir en el futuro. O viceversa.
- 4) Simplificación. Se puede caer en el error de examinar los eventos futuros en forma aislada sin ponerlos en un contexto mucho más amplio. En Makridakis y Wheelwright (1978) se puede estudiar el uso de matrices de impacto cruzado para reducir este problema y la

asociación de probabilidades a la predicción. Esto es, que la ocurrencia de un efecto puede afectar la probabilidad de ocurrencia de otros eventos que se incluyan en el estudio.<sup>11</sup>

- 5) Pericia insuficiente. Un especialista tiende a ver el problema desde un punto de vista muy estrecho, perdiendo el contexto y por lo tanto puede hacer un pronóstico inapropiado. Debe establecerse muy claramente los criterios para escoger al experto. Posiblemente no sea necesario que sea el más experto en el tema, sino que conozca suficientemente el asunto. Paradójicamente puede suceder que los pronósticos de los expertos no difieran mucho del que producen los no expertos. Además de escoger muy bien a los expertos debe analizarse si el método es aplicable al estudio y análisis del problema que se tiene entre manos. En el tema de los expertos conviene precisar con más detalle algunos aspectos, por ejemplo
  - a) Se debe tener en cuenta los niveles de pericia dentro del grupo. Una brecha muy amplia de conocimiento entre ellos puede desanimar a los más expertos.
  - b) Hay que tener cuidado al seleccionar los expertos cuando al analizar aspectos tecnológicos, por ejemplo, se involucran necesariamente aspectos culturales. No tener en cuenta los aspectos culturales del problema puede generar sesgos o malas interpretaciones. Por ejemplo, cómo se define la pericia y con qué criterios se seleccionan los expertos. En los casos en que existan criterios formales y objetivos para determinar el grado de pericia deben obtenerse muestras aleatorias del universo de posibles expertos.
  - c) Hay que tener en cuenta la actitud de los expertos hacia el proceso en sí. Por ejemplo, si actúan guiados por razones de reputación, por razones políticas, si toman el proceso de análisis en serio, etc.
  - d) No sólo se debe tener en cuenta el conocimiento de los expertos sino su interés en el tema y su compromiso con el proceso. Es posible que en cada ronda de respuestas haya

---

<sup>11</sup> Las matrices de impacto cruzado consideran el impacto de la ocurrencia de un evento sobre eventos subsecuentes cuando hay muchos eventos interrelacionados. Se desarrollan series de probabilidades condicionadas para los eventos.

cada vez menos personas que respondan. Es necesario analizar las características de los que contestan y de los que no contestan. En este caso el problema es de autoselección.

- 6) Descuido. Si no se tiene un cuidado muy especial, se puede caer en una ejecución descuidada del método. Por ejemplo, puede haber pérdida de atención, puede considerarse un juego y comportamientos similares. Esta situación es muy fácil que se presente puesto que el anonimato puede generar una gran falta de compromiso con el proceso. Se puede alcanzar el “consenso” por simple pereza de los participantes para seguir haciendo rondas de análisis del problema. Y no sólo hay que alcanzar el consenso sobre un dato final, por ejemplo, sino sobre las condiciones o supuestos implícitos y explícitos que hay detrás de ese resultado.
- 7) Sesgo en el cuestionario. La forma como se plantean las preguntas puede ser adecuada para unos y no para otros. Por ejemplo, en ciertas culturas puede ser ofensivo preguntar por la edad o preguntar si la madre está viva o muerta. El método es muy sensible a la forma como se plantean las preguntas (ambigüedad, imprecisión). Hay que definir muy bien los estándares para el cuestionario, por ejemplo, las escalas a utilizar y, como ya se dijo, la claridad de las preguntas. También hay que informar a los participantes sobre el número de rondas de cada pregunta y explicar las escalas que se utilizan. Un principio básico del método de encuestas es que las preguntas o frases sobre los eventos deben ser precisos y sin ambigüedad. Un instrumento pobre puede sesgar o distorsionar las respuestas. Hay que tener en cuenta aspectos como el grado de especificidad de las preguntas y su nivel de estructuración. Las preguntas pueden ser muy específicas o muy generales o muy estructuradas o muy poco estructuradas. Dependiendo de ello, el juicio de los expertos puede ser optimizado o subutilizado. Parece que es mejor dejar abierto o poco estructurado el cuestionario de la primera ronda.
- 8) Manipulación. El coordinador del grupo puede alterar el proceso y conducir al grupo a un resultado predeterminado. Aquí se debe ser cuidadoso en la elección del coordinador para garantizar este aspecto de la calidad del proceso. La predicción del panel original se puede muy fácilmente distorsionar por la ausencia de una definición clara de lo que los expertos

están prediciendo. Como este es un método que permite alcanzar consensos en un grupo, se debe definir taxativamente cuándo se ha alcanzado consenso. Por ejemplo, se define consenso como la situación donde por lo menos el 65% está de acuerdo en que el evento estudiado tiene una probabilidad mayor de 50% de ocurrir en un lapso de tiempo especificado. Sin embargo, será posible encontrarse con situaciones en donde el consenso no se logra. Esto hay que incluirlo en el informe.

Debe reconocerse que en la evaluación de un método se puede confundir la evaluación del método en sí con los resultados. Esto sucede también con los modelos para la toma de decisiones. Se descalifica un modelo porque los resultados que se han obtenido no son los adecuados, pero no se indaga si el modelo fue bien aplicado o no. En Vélez Pareja (2002a) se encuentra un aparte donde se discute este tema (capítulo 6). Hay que distinguir, entonces, entre la evaluación del método y la evaluación del uso y aplicación del mismo.

### **Algunos usos**

El método Delphi puede ser usado para:

1. Planear en grupos o mejorar la comunicación.
2. Hacer predicciones sobre cómo va a ser o cómo debe ser un evento futuro en temas de tecnología, economía o de asuntos sociológicos.
3. Investigar con una variante de la encuesta. En general el método es muy útil para analizar y responder una pregunta sobre una sola variable. Cuando se tienen que analizar múltiples variables, los resultados pueden no ser los óptimos. Sin embargo, el hecho de no servir para múltiples variables no reduce su utilidad. En muchos casos se cuenta con modelos complejos, multivariados, y el gran problema es encontrar los datos para alimentar el modelo. El método se puede utilizar para analizar, una a una, las variables del modelo complejo y usar los resultados como datos de entrada de ese complejo modelo.
4. Mejorar el proceso de aprendizaje al ampliar considerablemente el conocimiento de los participantes sobre un tema dado.

5. Comunicar de manera que se pueda llevar un grupo a la convergencia de metas y objetivos.
6. Identificar necesidades y solucionar problemas.
7. Tomar decisiones reales o simuladas.
8. Identificar y estudiar un rango de posibles alternativas o estrategias para resolver un problema.
9. Identificar, analizar y hacer explícitos los supuestos de una opción o alternativa que conduzca a juicios diferentes.
10. Encontrar información para generar consenso en un grupo de expertos.
11. Integrar juicios sobre un tema interdisciplinario.

#### **4.6 A manera de conclusión y resumen**

Uno de los problemas que enfrenta el que decide es tener que tomar decisiones con información insuficiente. La comunidad académica busca permanentemente formas de reducir la incertidumbre en la toma de decisiones ocasionadas por la falta de información.

Se estudiaron algunos métodos de pronóstico y en particular el método de descomposición. Para este método se presenta un ejemplo exhaustivo basado en cifras reales. Este ejemplo se encuentra en la página [www.poligran.edu.co/decisiones](http://www.poligran.edu.co/decisiones) que complementa este texto. También se presenta un ejemplo de cálculo de elasticidad precio demanda. Por último, se presenta un método subjetivo de pronóstico: el Método Delphi.

Bien utilizado, el método Delphi puede ser una herramienta útil para cerrar la brecha entre la ignorancia total acerca de unas variables y una apreciación calificada de los valores que esas variables pueden tomar.

Aquí conviene recordar aquella parte de Cien años de soledad que dice: “...Aureliano saltó once páginas para no perder el tiempo en hechos demasiado conocidos, y empezó a descifrar el instante que estaba viviendo, descifrándolo a medida que lo vivía, profetizándose a sí mismo en el acto de descifrar la última página de los pergaminos, ...”

#### 4.7 Bibliografía

Anónimo, (Sin fecha, circa 1975), **El Método Delfico**, mimeo, 10 pp.

García Márquez, Gabriel, (1967) **Cien años de Soledad**, Editorial Sudamericana, 19a ed. 1970

Helmer, O. y N. Rescher, (1959), On the Epistemology of the Inexact Sciences, **Management Science**, v ol. 6, N. 1, p. 25-52.

<http://www.iit.edu/~it/delphi.html>

[http://pespmc1.vub.ac.be/asc/Delphi\\_metho.html](http://pespmc1.vub.ac.be/asc/Delphi_metho.html)

<http://www.surveying.salford.ac.uk/idsin/delphi.html>

Linstone, H. A., M. Turoff, eds., **The Delphi Method**, Londres, Addison-Wesley Publishing Co. Inc, 1977.

Makridakis, Spyros y Steven C. Wheelwright, (1978), **Forecasting: Methods and Applications**, Wiley. (Existe tercera edición, 1998).

Vélez Pareja Ignacio, (2002a), **Decisiones de inversión Enfocado a la valoración de empresas**, CEJA, 3a edición

\_\_\_\_\_, (2002b), Use of Inflation as the Basis to Estimate Nominal Increases in Prices, Documento de trabajo disponible en **Social Science Resarch Network** ([www.ssrn.com](http://www.ssrn.com))

## **Apéndice**

### **Supuestos que se deben cumplir en el análisis de regresión**

1. Parámetros lineales. Esto significa que el modelo se puede escribir como una ecuación lineal. Por ejemplo,

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2, + \dots + b_nX_n + e$$

2. Muestra aleatoria. Se cuenta con una muestra aleatoria del universo que se quiere representar por el modelo.
3. Media condicional es 0. El valor esperado del error  $e$ , es cero.
4. Colinealidad imperfecta. Ninguna de las variables independientes tiene relación de colienalidad con las demás.
5. Homocedasticidad. La varianza del error es la misma para todas las combinaciones de las variables independientes.
6. Normalidad. El error  $e$  se distribuye de acuerdo con la distribución normal y es independiente de las variables independientes.

## Ejercicios

1. Se cuenta con datos trimestrales de una determinada variable así:

Año	Trimestre	Disponibilidad del dato (xx=sí)	Promedio móvil 4 trimestres (xx=sí)
1985	I	xx	-
1985	II	xx	-
1985	III	xx	xx
1985	IV	xx	xx
1986	I	xx	xx
1986	II	xx	xx
1986	III	xx	xx
1986	IV	xx	xx
1987	I	xx	xx
1987	II	xx	xx
1987	III	xx	xx
1987	IV	xx	xx
1988	I	xx	xx
1988	II	xx	xx
1988	III	xx	xx
1988	IV	xx	-

Suponga un modelo multiplicativo del siguiente tipo:

Dato = Estacionalidad x Tendencia x Error

Y suponga que la tendencia encontrada es lineal y de la siguiente forma:

Tendencia =  $15 + 4X$ , donde X es el trimestre correspondiente y la estacionalidad encontrada antes de ajustarla es:

I	II	III	IV
0,80	0,60	1,08	1,30

Calcule el pronóstico para los cuatro trimestres del año 1989.

2) Usted desea hacer un estimativo de la inflación del país y cuenta con la siguiente información:

Mes	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Enero	16,3921	21,6352	27,5705	34,4138	42,1585	51,031	61,3635	74,0179	87,2242	102,21	110,64	120,04	128,89
Febrero	16,9936	22,3735	28,4928	35,5348	43,7125	52,8312	63,8256	76,3269	90,0891	103,94	113,19	122,31	130,51
Marzo	17,4863	22,9395	29,1527	36,2025	44,6807	54,2147	65,171	77,5133	92,4328	104,92	115,12	124,12	131,43
Abril	17,9783	23,5818	29,9848	36,9058	45,7417	55,4275	66,4595	78,7723	95,1174	105,74	116,27	125,54	132,63
Mayo	18,3297	24,1017	30,6833	37,4993	46,4502	56,3461	67,4916	80,0508	96,6037	106,25	116,88	126,07	133,43
Junio	18,6881	24,4831	31,3720	38,0802	46,8714	57,0274	68,2654	81,0138	97,7832	106,55	116,85	126,12	134,00
Julio	18,9416	24,9281	31,9993	38,5492	47,2998	57,4717	69,2966	81,6906	98,2508	106,88	116,81	126,26	134,03
Agosto	19,2422	25,2458	32,2404	39,0346	47,7626	57,8376	70,0612	82,6292	98,2826	107,41	117,18	126,59	134,16
Septiembre	19,7000	25,6127	32,5008	39,4746	48,2842	58,3251	70,8954	83,6703	98,5677	107,76	117,68	127,06	134,64
Octubre	20,0795	25,9530	32,7843	39,8966	48,8236	58,8431	71,7133	84,4785	98,9194	108,14	117,86	127,29	135,39
Noviembre	20,4875	26,2698	33,0231	40,4113	49,3682	59,3102	72,2892	85,1654	99,0949	108,66	118,24	127,44	136,45
Diciembre	21,0042	26,6384	33,3336	40,8696	50,1045	59,8586	72,8114	85,6876	100,00	109,23	118,79	127,87	145,18

(Fuente: DANE)

Pronostique la inflación para el año de 2002. Compare sus resultados con los datos reales. ¿A qué conclusiones llega?

3) Haga un análisis similar al del ejercicio 2) con el índice de precios al por mayor (1990-2001) para el sector de textiles.