

**Universidad de Matanzas
Camilo Cienfuegos
Facultad Industrial-Economía**



MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PREVISIÓN DE LA DEMANDA.

**Autores: MSc. Arley J. Pérez Navarro
Dr. Alberto Medina León
Ing. Pavel Alonso Elizondo
Ing. Nguyen Ramírez Pérez**

Matanzas, Cuba 2007

MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PREVISIÓN DE LA DEMANDA.

INTRODUCCIÓN

Pronosticar el futuro ha resultado sumamente interesante, siempre ha tenido un atractivo especial para los hombres y ha estado vinculado a su existencia, desde el uso de las bolas de cristal y la magia negra permaneciendo aún en nuestros días como una actividad cotidiana.

Con frecuencia, en los textos y artículos científicos de tema empresarial aparecen los autores empeñados en una lucha a muerte al defender la utilidad, vigencia e importancia de la técnica que exponen, e incluso por destruir a su “enemigo” (punto de pedido, MRP, JIT, OPT, por citar algunos); sin embargo, al comenzar en el estudio del pronóstico se encuentra siempre, una mezcla de duda con necesidad, sensación similar a la que sienten los adolescentes ante determinados fenómenos cotidianos, necesarios e importantes y que los impulsan hacia su conocimiento.

Son muchas las frases recogidas por la literatura: **Companys (1990)**, **Merrill(1981)** , **Schroeder (1992)**, **Maynard (1984)**, **Everett (1991)**, **Riggs (1984)**, **Narashiman (1997)** que abordan la contradicción entre exactitud y necesidad de las técnicas de pronóstico, por ejemplo: “los pronósticos siempre están equivocados”. “Es raro que las ventas sean iguales a la cantidad exacta que se pronosticó”; “lo único exacto de una previsión es que no será exacta al 100%”, “la mayoría de las previsiones nunca llegan a formalizarse, son adivinaciones o corazonadas, basadas en la experiencia personal y en el tipo de carácter (optimista o pesimista) del que las realiza”; “esperar respuestas de pronóstico veraces en economía es poco realista, sin embargo algunos ejecutivos esperan esa clase de respuesta y algunas de las personas que hacen pronósticos son lo suficiente valientes (o tontas) como para intentarlas”; “lo delicado y poderoso del instrumento o herramienta científica que se utiliza no da por sí solo validez al resultado obtenido”; “precisión de una previsión resulta un término ambiguo y difícil de definir”; “prever el futuro sobre la base del pasado es como conducir un auto en una carretera de muchas curvas con todos los cristales delanteros y laterales cubiertos y solo mirando hacia atrás”; los pronósticos comerciales precisos son prácticamente imposibles”, “el futuro depende de nuestros actos en el presente”; “de la previsión se espera que no sea exacta por lo que debe ser vigilada y revisada cuando sea necesario”; “los pronósticos solos pueden hacerse cuando se dispone de una historia, y por lo tanto: ¿Qué hacer con productos o negocios nuevos?”. “Los pronósticos jamás son perfectos y serán menos confiables mientras mayor sea el lapso que se pronostique hacia el futuro”.

Mayor preocupación existe aún cuando el fenómeno a estudiar es de un carácter económico, y por lo tanto, está vinculado a la complejidad y la variabilidad del ser humano, lo que provoca desconfianza en la capacidad de los estudios de la producción y la economía para predecir valores futuros sobre la base de datos históricos.

Sin embargo, **Everett (1991)** plantea sencillamente: “si bien todos los elementos de la administración de operaciones son importantes, considero que los pronósticos son unos de los elementos decisivos en la estructura de las operaciones” y a continuación se apoya en planteamientos de Richard M Negui, Vicepresidente de la Donaldson Company que enuncia: “las

necesidades del mercado están cambiando y hoy más que nunca tenemos que cumplir en la entrega de productos”.

Narashiman (1997). Muchas decisiones de negocios dependen de algún tipo de pronóstico. Por ejemplo, los contadores recurren a los pronósticos de costos e ingresos para realizar la planificación fiscal, el personal de recursos humanos necesita pronósticos para reclutar personal, los equipos de mercadotecnia requieren de pronósticos para establecer los presupuestos de promoción, los responsables de planeación financiera los necesitan para administrar el flujo efectivo; y los encargados de planear la producción usan los pronósticos a fin de estar en posibilidad de planear la capacidad, los niveles de inventario y las actividades que se deben llevar a cabo en el taller. Además, los pronósticos pueden medir la variabilidad de la demanda en un tiempo dado y pueden ser de utilidad para mantener niveles de existencias adecuados.

Por todo lo antes expuesto se le ha dado hoy una mayor importancia a la predicción. Pronosticar es esencial para aumentar la ventaja competitiva, y debe permitir reaccionar rápidamente y con precisión a los cambios en el mercado. Su estudio es una necesidad imperiosa y a pesar de las contradicciones enunciadas son innumerables los textos que desde hace años estudian los pronósticos. Véase: **Smith (1944), Davis (1941), Tintner(1952) , Croxton(1960), Mills (1956), Neiswanger (1956)**, e incontables las empresas que en su gestión la emplean atendiendo a su gran importancia para la dirección científica, la planificación de la producción, la determinación del nivel óptimo de inventarios, la prevención de las producciones defectuosas con la consiguiente elevación de la calidad de la producción, y su influencia en la eficiencia de otras muchas funciones de la gestión de operaciones.

Aquí se muestran los principales métodos, técnicas y procedimientos que se utilizan para la previsión de la demanda en las empresas.

Definición de Previsión. Su importancia en la Gestión de Operaciones.

Normalmente, en la literatura vinculada a la Gestión o Administración de Operaciones puede encontrarse la utilización de términos como los de: previsión, pronóstico, proyección y predicción, por lo que resulta importante analizar su significado por la Real Academia de la lengua española y compararlo con el uso que se le atribuye en la Gestión de Operaciones.

PREVER: Ver, saber, conocer con anticipación lo que ha de pasar.

PROYECTO: Planta o representación de la obra que se ha de fabricar (intención, aspirar, desear).

PRONOSTICO: Predecir lo futuro.

PREDECIR: Anunciar lo futuro.

Everett (1991) plantea: “En los ámbitos empresarial, económico y político, la predicción y el pronóstico tienen diversos significados. En la administración de operaciones adoptaremos una definición más bien específica del pronóstico y lo distinguimos del concepto más amplio de predicción”, y define que:

PRONOSTICO : Es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro proyectando hacia el futuro datos del pasado. Los cuales se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro.

PREDICCION O PREVISION: Proceso de estimación de un suceso futuro basándose en consideraciones subjetivas diferentes a los simples datos

provenientes del pasado; estas consideraciones subjetivas no necesariamente deben combinarse de una manera predeterminada.

Companys (1990), agrega a esta definición la necesidad de la existencia de incertidumbre y hace coincidir la definición que él plantea para proyección con la dada por Everett. Además plantea: “la predicción es la estimación del valor futuro que tiene en cuenta aspectos objetivos y subjetivos. La proyección es un **INPUT** para la predicción. Pronosticar es estimar el futuro sin nuestra participación, mientras que la previsión será la incorporación de nuestra inteligencia y esfuerzos para modificar ese pronóstico en el sentido que nosotros deseamos”. En esencia coinciden con la definición de previsión planteada por **Maynard (1984) Anderson, Díaz (1993), Pérez (1986) y Schroeder (1992)**.

Otros autores, quizás apoyados en el propio significado que posee en nuestra lengua enmarcan una diferencia entre pronóstico y proyección en función del alcance temporal, reservando para el segundo períodos más largos y por tanto, resultados más inciertos.

De lo anterior se puede concluir que la previsión posee un carácter de arte y ciencia, pues está matizada por la experiencia y el conocimiento de la actividad del decisor, el cual será capaz de modificar los “datos” obtenidos del pronóstico y por tanto, deberá apoyarse tanto en técnicas cuantitativas como cualitativas para la toma de decisiones.

Resulta importante el lograr una relación exacta entre el esfuerzo invertido en la previsión y los recursos obtenidos y por tanto, destinar grandes recursos solos a aquellos casos en los que un error en la previsión implique daños grandiosos, o que para su recuperación sea necesario invertir grandes recursos y mucho tiempo; pero si por el contrario una decisión errada puede ser rectificadas en un período corto, y con pocos recursos es fácilmente subsanable por ser parte de un proceso secuencial, no serán justificadas las grandes inversiones.

La previsión es un componente importante de la planeación estratégica y operacional. Esta resulta un paso previo a la toma de decisiones, es un insumo para muchas de las actividades de la dirección de operaciones y por lo tanto desviaciones substanciales provocan consecuencias económicas. Algunas consecuencias evidentes de los errores en la previsión tomados por exceso son: excesos de inventario con sus pérdidas asociadas, capacidades instaladas en exceso, sobredimensionado de instalaciones y por lo tanto mayores costos de producción y capital inmovilizado, etc. Un error en la previsión por defecto trae similares consecuencias que las planteadas, aunque en sentido inverso, a la vez que se dejan de obtener ganancias por ventas no realizadas y la posibilidad siempre existente de la pérdida de algún cliente.

No obstante, el papel de la previsión ha tenido diversos grados de jerarquización en la **Gestió de Operaciones**. A principios de siglo era insignificante y los niveles de producción eran establecidos por los gerentes. Poco antes de la Segunda Guerra Mundial, las industrias comenzaron a darse cuenta de la necesidad de un sistema integral de producción y del papel del pronóstico como la unión coordinadora en la planificación de la producción, se llegó a pensar que su aplicación de por sí, implicaba el éxito para la industria y trajo, por lo tanto, la desilusión para muchos.

Actualmente el ritmo de aceptación del pronóstico parece haberse nivelado nuevamente, pero no con la ferviente intensidad previamente experimentada.

Las complicadas interrelaciones de la economía actual hacen que los pronósticos sean un paso vital en la planeación operacional.

Se conoce, además, que los mejores pronósticos serán emitidos por personas que tengan un entrenamiento especial, aunque incluso los especialistas calificados cometen errores.

Según **Schroeder (1992)** existen tres formatos de ajustarse a los errores de pronóstico. Uno de ellos es tratar de reducir el error a través de mejores pronósticos. El segundo es incrementar la flexibilidad de las operaciones y el tercero consiste en reducir el tiempo de anticipación con que se necesitan los pronósticos. Incluso, los pronósticos bien hechos tendrá cierto margen de error, sin embargo, la meta es el menor margen de error posible, lo cual es consistente con los costos razonables de pronósticos. Para reconocer los errores inherentes a los pronósticos, todos estos deberán tener por lo menos dos números: uno, que es la estimación de la demanda; y el otro; para el error de pronóstico o desviación esperada. La realización de pronósticos que cuenten con un solo número implica ignorar el error; sin embargo, esto ocurre comúnmente en la práctica. Para fijar el programa de fabricación es esencial conocer muy bien la historia de las operaciones de la empresa. Cuando ésta ha estado establecida durante muchos años, las ventas y la producción pueden preverse con una exactitud razonable, pero hay que tener también en cuenta las circunstancias corrientes (conocimiento y experiencia de los ejecutivos). El análisis de los datos históricos, de hecho, contribuye fuertemente en la detección de fluctuaciones estacionales, generalmente asociadas a los cambios de costumbres según las estaciones que se producen con regularidad, **Alford(1972)**.

Maynard (1984), resalta la importancia de la previsión cuando plantea: “la planificación de operaciones podemos dividirla en dos áreas principales: previsión y planificación”. Generalmente en una economía competitiva, las previsiones de la demanda de un servicio o producto son necesarias, estas previsiones se hacen más para la salida de la operación que para la entrada. El objetivo de la planificación es convertir la salida proyectada en exigencias de entradas de materias primas, personal, equipo, instalaciones, dirección, etc.; tanto las previsiones como la planificación deben hacerse no sólo a largo plazo, sino también para el medio o el corto plazo.

Schroeder(1992) identifica las principales decisiones de la Gestión de Operaciones que requieren algún tipo de pronósticos o previsiones:

- Diseño del proceso.
- Planeación de la capacidad de las instalaciones.
- Planeación agregada.
- Programación.
- Gestión de inventario.

En el caso del diseño del proceso, se necesitan los pronósticos para decidir el tipo de proceso y el grado de automatización que se va a utilizar. Por ejemplo, cuando hay un pronóstico bajo de las ventas en el futuro, esto podría indicar la necesidad de muy poca automatización y de que el proceso debe mantenerse lo más sencillo posible. Si se pronostica un volumen mayor, se podría justificar una mayor automatización, así como un proceso más elaborado que incluyera un flujo de línea. Como las decisiones sobre el proceso tienen una naturaleza de largo plazo, es posible que se requiera de pronósticos que se anticipen varios años.

Las decisiones sobre capacidad utilizan los pronósticos en varios niveles diferentes de agregación y precisión. En el caso de la planeación de la capacidad total de las instalaciones, se necesita un pronóstico a largo plazo que se adelante a varios años en el futuro. En el caso de las decisiones sobre la capacidad a mediano plazo, se extenderán hasta el siguiente año o algo similar.

Se necesita un pronóstico más detallado por línea de producto para determinar los planes de contratación, subcontratación y decisiones sobre el equipo. Cuando esto es posible, los pronósticos a mediano plazo deben ser más exactos y más detallados que los pronósticos a largo plazo.

En la determinación de la capacidad a corto plazo, incluyendo la asignación del personal disponible y de las máquinas asignadas para las tareas o actividades en el futuro cercano, deben detallarse en términos de los productos individuales y deben ser bastante exactas. Las decisiones sobre inventarios dan como resultado acciones de compra que tienden a ser de una naturaleza de corto plazo y a referirse a productos específicos. Los pronósticos que llevan a estas decisiones deben satisfacer los mismos requisitos que los pronósticos para la programación a corto plazo: deben tener un alto nivel de exactitud y ser específicos para cada producto individual. En el caso de las decisiones sobre inventarios y programación, por la gran cantidad de artículos que normalmente se involucran, también será necesario hacer un gran número de pronósticos. Por ello, con frecuencias utilizan sistemas computarizados de pronóstico para este tipo de decisiones.

Es necesario estimar el futuro para planear el sistema y luego programar y controlar este para facilitar una producción eficaz de bienes o servicios.

En los negocios en general, cuando la gente habla de pronósticos, por lo común se refieren a alguna combinación de pronóstico y predicción. Usualmente el pronóstico se sustituye espontáneamente por un pronóstico económico, lo que implica cierta combinación de cálculos objetivos y de juicios subjetivos.

Las técnicas empleadas en la realización de pronósticos varían en función del contenido del contexto en que se mueve el fenómeno objeto de la previsión. En principio, las técnicas pueden clasificarse en dos grandes categorías: técnicas cuantitativas y técnicas cualitativas. Varios autores como **Anderson, Calero (1986), Companys (1990), Ríos (1983), Schroeder (1992), Díaz (1993), Uriel (1985), Lieberman (1991)** coinciden en que:

- Las técnicas cualitativas se basan fundamentalmente en el conocimiento humano y efectúan las estimaciones futuras a partir de informaciones cualitativas tales como, opiniones de uno o más expertos, analogías, comparaciones, etc. En ocasiones son conocidas como técnicas subjetivas y en ellas, la distinción entre pronóstico y previsión no es tan acusada. Cuando no se dispone de información histórica al respecto son los únicos métodos utilizables.
- Las técnicas cuantitativas se apoyan en dos técnicas estadísticas convencionales: El análisis de series de tiempo o cronológicas y los modelos causales. Se parte de la información histórica recogida sobre las variables que tienen influencia en el proceso, y sobre ella, mediante técnica de tipo estadístico, se genera la previsión. No existen factores subjetivos de ningún tipo.

Podría añadirse a estos dos grupos la utilización de una combinación de técnicas de ambos tipos, si se realiza adecuadamente pueden presenciarse buenos resultados.

Autores como **Schroeder (1992)**, **Díaz(1993)**, **Ríos (1983)**, **Uriel (1985)** y **Lieberman(1991)**/, refieren a que, en los modelos causales, el tiempo no es la variable independiente base para la recogida de la información, sino que se suponen establecidas unas relaciones determinadas entre algunas de las variables que intervienen y se trata de determinar cuales son “exactamente” estas relaciones, siendo la forma más común de encontrarlas como ecuaciones de regresión, los tres tipos de pronósticos a los que se hizo referencia se pueden usar de manera conjunta

Fernández(1993), plantea que en el mundo empresarial se toman decisiones en diferentes horizontes temporales ; así se hacen planes para el presente y para el futuro más inmediato, por lo que resultará muy difícil que la “previsión” resultase de utilidad para los diversos planes, con cometidos y plazos tan dispares. Las series temporales son recomendadas siempre que se trate de un futuro próximo, es decir un horizonte a corto plazo. Las técnicas causales consideran que la demanda depende de una o más variables (independientes) precio y publicidad, entre otras, y suelen ser útiles para realizar previsiones a mediano plazo. Las técnicas cualitativas dependen básicamente de la opinión de los expertos y se utilizan cuando no existen datos históricos, o de existir, no se consideran útiles para prever el futuro ; por ello se utilizan para realizar previsiones a medianos y, sobre todo, largo plazo. Sin duda, la técnica subjetiva se usa con frecuencia junto con un análisis de series de tiempo; sin embargo, desafortunadamente, los hechos y sus resultados no son necesariamente de la misma población que los hechos y resultados pasados, de allí que no puedan usarse los métodos de inferencia estadística con propósito de pronóstico.

Modelos cualitativos.

En ocasiones, las previsiones no se realizan utilizando modelos matemáticos formales, sino simplemente a través de las opiniones de los expertos en la materia. La práctica común es reunir a varios expertos en la materia, los cuales, tras una serie de reuniones y discusiones, llegan a una conclusión (dinámica de grupos). El problema de esta práctica es que en todo grupo suele surgir un líder, el cual ejerce tal influencia sobre los demás que el grupo globalmente asume sus opiniones particulares. Para evitar este problema han surgido diversas variaciones a esta técnica:

- **Método Delphi.** Es uno de los más conocidos y consiste en seleccionar una serie de expertos (que entre sí desconocen el hecho de haber sido seleccionados, dirigidos por un coordinador que actúa de intermediario entre ellos. Este les va solicitando opiniones y previsiones, y de entre las recibidas selecciona aquellas que caen en el 25% de las más pesimistas y el 25% de las más optimistas, pidiendo explicaciones a esas personas de cómo justifican ellos este hecho. Toda la información recibida, incluyendo las justificaciones, son enviadas a los expertos, repitiendo el proceso hasta que se llegue a un consenso.

• **Brainstorming.** El método de la tormenta de Ideas o tormenta cerebral se le atribuye a Osborn, quién en 1938 lo utilizó para reflexiones en grupo. Para su utilización se requiere de un grupo de participantes capaces de aportar soluciones al problema que se estudia, guiados y estimulados eficazmente por un facilitador y auxiliado por uno o más registradores. El facilitador puede ser el jefe del grupo, un miembro cualquiera o una persona externa.

Su aporte más importante es el de separar la generación de ideas de su evaluación y crítica, pues esta última es capaz de matar las ideas antes de que lleguen a expresarse o desarrollarse.

La ejecución de la tormenta de ideas debe realizarse sobre la base de las siguientes reglas o principios:

- ✓ Es una generación de ideas en grupo.
- ✓ Se suprime toda crítica.
- ✓ Toda idea por ridícula o absurda que parezca, debe manifestarse en la reunión, sólo será absurda realmente las ideas que nos se manifiesten. Se admiten ideas contrarias, mejoradas, complementarias e incluso iguales.
- ✓ La cantidad de ideas es la base del método, no la calidad de las mismas. Cuántas más ideas sean generadas, más posible será llegar a buenos resultados y alcanzar entonces la calidad deseada. Fomentar ideas en bruto e imponer un trabajo posterior de análisis y selección que también se puede hacer en grupo.
- ✓ Se estimula la generación de nuevas ideas y se mejoran y transforman las emitidas por los demás.
- ✓ No debe utilizarse para soluciones claras o que podamos encontrar basándonos en la experiencia, tampoco para problemas que admitan una sola solución. Se deberá abordar un tema preciso.
- ✓ Los criterios acerca del tiempo de duración máxima de la sesión varían acorde a los distintos autores entre 15 minutos y 2 horas.
- ✓ Respecto al número de participantes: **Companys(1990)**, 7 ó 8, otros autores entre 6 y 40. En la medida que el número sea mayor y más cercano a 40 será más difícil dirigir al grupo.
- ✓ Debe velarse por la calidad de los participantes, los que deben conocer del tema, poseer formaciones y edades diferentes, resultando factible y útil su renovación sistemática.
- ✓ El Brainstorming y otros métodos similares resultan de notable ayuda en las primeras etapas de la previsión tecnológica y resultan el origen de los escenarios, siendo la fuente de ideas que pueden ser desarrolladas en el futuro.
- ✓ El facilitador o coordinador puede y debe estimular la sesión mediante: la búsqueda de analogías, asociaciones de palabras y juegos, listas de preguntas o de palabras, etc. En todo momento deberá tener el control de la sesión y garantizar que todas las ideas sean registradas tal y como han sido emitidas, siendo útil para esto repetir la idea una vez planteada y cerciorarse de que fue registrada. Deberá también estimular al enriquecimiento, modificación o mejoramiento de las ideas planteadas.
- ✓ La principal dificultad de la utilización del Brainstorming estriba en la ordenación de las ideas, su reducción a un número manejable que puedan presentarse a las personas que deberán seleccionarlas y

eventualmente utilizarlas. Pueden utilizarse diversos procedimientos pero la actitud del facilitador es esencial.

- ✓ Toda idea escrita pasa a ser del grupo.
- ✓ Se considera positivo un ambiente informal.

La recopilación de estas ideas puede ser realizado también de forma escrita, lo que garantiza un mayor anonimato de los participantes y recomendable cuando el jefe del grupo está presente y posee una alta influencia sobre sus subordinados. Su aplicación garantiza un nivel de elaboración mayor de las ideas; pero no logra un ambiente tan informal. En todas las variantes se comienza por el planteamiento del problema y la requerida motivación de los participantes que proceden a escribir sus ideas, durante un tiempo prefijado, en pliegos de papel. Las variantes más conocidas son:

1. **Embalse de ideas:** Cada participante coloca papel en un recipiente, de donde puede también extraer otra hoja la que puede enriquecer con nuevas ideas.

2. **Exposición de ideas :** Las tarjetas creadas por los participantes se clavan en la pizarra y los distintos miembros pueden aportar otras nuevas en las tarjetas estimulados por su lectura.

3. **Grupos nominales:** Los miembros del grupo colocan sus ideas en las tarjetas y se las entregan al facilitador que procede a registrar estas ideas en la memoria de grupo procurando no seguir un orden predeterminado en la lectura de las tarjetas. El facilitador puede recoger las tarjetas y repartirlas nuevamente en un orden contrario al que fueron recogidas y se permite un nuevo tiempo para generara nuevas ideas antes de pasar a crear la memoria del grupo.

4. **6-3-5:** Participan seis personas, que generan tres ideas cada uno en cada oportunidad y poseen cinco minutos para pensar en sus tres posibles ideas. Pasados los cinco minutos el facilitador ordena pasar su tarjeta al miembro que esté a su derecha repitiendo el procedimiento seis veces. Pueden obtenerse hasta 108 ideas en 30 minutos.

• **Sinética y Pensamiento lateral.** Resultan derivaciones del Brainstorming y sirven para fomentar la imaginación de los miembros del grupo. Se plantea que la salida momentánea del tema abordado, de una forma consciente y dirigida puede ayudar en las soluciones que se plantean. Resulta útil su utilización en la solución de problemas con las siguientes características:

1. ¿Cómo obtener ideas de nuevos productos, nuevos procesos o nuevos servicios?
2. ¿Cómo conseguir nuevos usos para un producto o nuevos mercados?
3. ¿Qué alternativas existen para este o aquel procedimiento?
4. ¿Cómo resolver problemas de producción?

Pasos:

1. Formulación del problema: por el experto.
2. Análisis del problema: por el grupo; solicitud de información al experto; descomposición del problema.
3. Brainstorming.
4. Reformulación del problema por los participantes, lista de todos los hitos que deberían alcanzarse para resolver el problema.
5. Elección de un "punto identificado".
6. Transposición analógica (analogía directa); elección de una analogía.

7. Excursión sinéctica.
8. Mediante analogía personal: identificación; juego de roles; sueño despierto en grupo.
9. Mediante analogía simbólica: símbolos; títulos de libros; juegos con las palabras.
10. Regreso al problema.

• **Analogías.** Si dos cosas tienen, cuando menos, una característica común, aparece una analogía. El interés de este método de previsión tecnológica está en investigar si ambas cosas presentan también otras características similares. Se distinguen dos etapas para obtener una analogía: **la casual o superficial**, motivada al aparecer la semejanza entre dos cosas, y **la formal**, que surge después de un análisis completo de las características básicas.

Se plantean la existencia de analogías biológicas, históricas y geográficas. El empleo de antecedentes biológicos para las analogías ha llegado a conocerse como Biónica. La Biónica, que data de mediados de los años 60, ha sido definida como el arte de aplicar conocimientos sobre los sistemas vivos para resolver problemas tecnológicos, es decir, el empleo de analogías biológicas en la Previsión Tecnológica.

Se plantea como su aplicación más importante el identificar el nivel de ventas de nuevos productos, para lo cual presenta una precisión razonable para pronósticos a medio y largo plazos. Permite el análisis comparativo de nuevos productos con otros ya existentes y similares en el mercado (televisión a color con televisión en blanco y negro).

• **Modelo o mapa contextual.** Consiste en una representación gráfica de la evolución de una tecnología a lo largo del tiempo y de las tecnologías o sub-tecnologías que han influido en su avance. El mapa contextual es el recomendado para dar una visión global del desarrollo de una tecnología y las sub-tecnologías asociadas.

Su principal aplicación es servir de punto de partida para llevar a cabo estudios de series temporales donde las primeras etapas del desarrollo tecnológico son registradas, cuantificadas y colocadas sobre una escala temporal para poder después extrapolar.

Su elaboración se realiza de forma similar a una Red Simplificada de Actividades, que posee otros usos en la gestión de Producción y en especial en el estudio del Diseño de Industrias.

Las actividades se representan por círculos o cuadrados, los que se unen por flechas que representan las relaciones entre las actividades y que permiten una idea del tiempo entre cada una de ellas. Se representan sólo las relaciones fundamentales, creando una red plana. Puede ser utilizado como un elemento previo al uso de la técnica de búsqueda por analogías, o una herramienta para apoyar a la creación de escenarios.

• **Analogías Morfológicas.** De todas las técnicas disponibles para la previsión de nuevos productos o procesos, la morfología es, probablemente, la más sistemática. Consiste en obtener un modelo de dos dimensiones denominado matriz morfológica. En la primera columna aparecen las etapas, variables o atributos fundamentales de la tecnología examinada. Las siguientes columnas numeradas contienen los diferentes métodos alternativos para complementar las diversas etapas.

ALTERNATIVAS. PARÁMETROS BÁSICOS	1 no se realiza	2 sólo cualitativo	3 métodos científicos	4 métodos científicos y computacionales
PREVISIÓN A				
PLAN MAESTRO B				
GESTIÓN DE STOCK C				
Etc				

Tabla 1. Modelo de la Matriz

Por medio de la matriz pueden examinarse muchas probabilidades de un proceso y añadirse métodos nuevos que, por consiguiente, aumenten las probabilidades de modificar los procesos generales. Situación actual A1-B2-C4-D2-E2.

Resulta una herramienta útil en el análisis del nivel de Gestión de Operaciones de una empresa determina y el establecimiento de escenarios que contribuyan a fijar la misión de la empresa, hacia niveles superiores y con cambios sistemáticos y sostenidos.

• **Análisis de vacíos.** El método de vacíos es muy utilizado en áreas diferentes de la gestión empresarial. Una secuencia conocida es la de los números de Fibonacci, que se obtiene sumando los dos términos precedentes, si los dos primeros números son la unidad, la serie sería: 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89 144.

Existen fenómenos inesperados donde se manifiesta el cumplimiento de esta serie, como el índice de crecimiento de las abejas y conejos y el número de semillas de los espirales de los girasoles. Los girasoles ordinarios tienen 34 ó 55 espirales desarrollándose en direcciones opuestas, mientras que los girasoles gigantes tienen 89 ó 144.

Son conocidas otras aplicaciones para el método en el marco empresarial como el estudio de los vacíos o huecos de mercado y de los vacíos de planificación (diferencia entre el nivel de actividad que busca la empresa y el que obtendría sin cambios en las estrategias o políticas de la misma).

• **Vigilancia del entorno o Monitoring.** Es uno de los métodos más creativos y difíciles en el elemento cualitativo. Consiste en recoger los datos relativos a sucesos que van ocurriendo a lo largo del tiempo, y que encadenados pueden, dar lugar a una innovación o suceso que tenga importancia para la marcha de la empresa. Estos sucesos corresponden al entorno tecnológico, económico, político, social y ecológico.

La información para el "monitoring" es amplísima, por lo que en la mayoría de las ocasiones el previsor no dispondrá de todos los datos necesarios. Esta dificultad es menor para las previsiones elaboradas por las administraciones públicas o las grandes empresas, con más medios para preparar la información adecuada.

• **Consulta a los vendedores.** Consiste en solicitar las opiniones de los vendedores o agentes comerciales, sobre lo que ocurrirá en su área o región. Pueden presentarse los siguientes problemas: suelen existir prejuicios y tendencias según intereses particulares, pueden ser afectadas por el carácter excesivamente optimista o pesimista y hay que hacer intervenir a muchas

personas, lo cual resulta costoso por el tiempo que requiere contestar los cuestionarios.

- **Consultas de mercado.** Pueden ser de muchos tipos: pruebas de mercado, reuniones con los consumidores, etc. Se recoge la opinión de un pequeño grupo de personas, y se trata de extrapolar estos resultados para el mercado en general.

Modelos cuantitativos.

Se basan en modelos matemáticos, principalmente de tipo estadístico, los cuales han de ser alimentados por abundante información histórica sobre las variables a estudiar. Es por ello que sólo serán realmente efectivos si el sistema ha alcanzado cierto nivel de estabilidad. Se pueden distinguir dos tipos de modelos cuantitativos:

- **Series temporales o históricas** . Partiendo de unos conjuntos ordenados de observaciones recogidas durante varios períodos iguales de tiempo que nos indican la evolución de los valores de las variables objeto de estudio en relación al tiempo, se trata de extrapolar ese comportamiento hacia el futuro. Existen muchos métodos que hacen uso de esta información, alguno de los cuales se abordarán en próximos epígrafes.
- **Modelos causales.** En este caso, el tiempo no es la variable independiente base para la recogida de la información, sino que se suponen establecidas unas relaciones determinadas entre algunas de las variables que intervienen, y se trata de determinar cuáles son exactamente esas relaciones. Los métodos existentes serán analizados posteriormente.
- **Redes Neuronales Artificiales.** Se modela utilizando datos históricos y asistido por el uso de la computación el problema en términos de variables y sus relaciones inspirado en las redes neuronales biológicas. Se entrena y ajusta la red a través de algoritmos de aprendizaje para obtener un pronóstico final.

Pronóstico por serie de tiempo.

Los modelos de series de tiempo se basan en la historia de la demanda de un producto. Esta historia se analiza para descubrir patrones tales como los de tendencia, estacionalidad o ciclos y los patrones de demanda obtenidos se proyectan hacia el futuro. Como estos patrones no suelen permanecer por períodos muy largos los modelos de series de tiempo son esencialmente útiles para pronosticar a corto y mediano plazo.

Estos métodos tratan de descubrir la pauta o configuración interna y otras características particulares de datos históricos. La proyección se realiza extendiendo dicha configuración hacia el futuro, es decir, extrapolando. Se supone implícitamente que todos los factores externos que influyen en el fenómeno considerado seguirán en el futuro con una misma pauta, sin cambios bruscos que influyan en los mismos. Una serie de tiempo puede verse como la representación de los resultados de la variable aleatoria de interés a lo largo de un período fijo, por lo general registrado a intervalos igualmente espaciados. Companys /4/, Rodríguez /23/, Lieberman/13/, Anderson /2/, Kazmier /12/.

Puesto que una serie de tiempo es una descripción del pasado, un procedimiento lógico para pronosticar el futuro es usar estos datos históricos.

Si la historia constituye una guía de lo que se puede esperar en el futuro, es posible postular un modelo matemático que sea representativo del proceso. Estos razonamientos tienen preceptos en frases o postulados tales como: “la historia es una buena maestra” o “la historia se repite”.

Esta naturaleza discreta de los datos puede resultar intrínseca al fenómeno de que la información sola puede estar disponible en ciertos instantes o puntos en el tiempo, de que se ha sometido un fenómeno continuo a un muestreo o que son valores acumulados a lo largo de ciertos intervalos. En este último caso el intervalo de muestreo o unidad de tiempo considerada, puede ser un día, una semana o varias, dependiendo de la naturaleza de la aplicación y de la finalidad de la proyección. Obviamente, la elección del intervalo de muestreo tiene mucha influencia en los datos, en el mismo sistema de pronóstico y en los resultados obtenidos.

Se designará por $Y(t)$ a la observación realizada en el instante “ t ” o correspondiente a él. Los datos que realmente representan el proceso de estudio son solo una parte importante en un sistema de pronóstico. Por ejemplo, en el control de “stocks” y de producción debe partirse del pronóstico de la demanda, es decir, de las necesidades reales del cliente. Sin embargo, los datos disponibles suelen ser ventas, envíos a los clientes, facturación o algo similar. Aunque estas informaciones están muy relacionadas con la demanda pueden diferir de ella de manera que perturben un pronóstico basado en esta, pues la venta no tiene en cuenta las no realizadas a causa de ruptura de “stocks”, los envíos están distorsionados respecto a la demanda en lo anterior y además en los plazos de entrega, etc. **Companys (1990), Everett (1991)**, coinciden nuevamente en que la exactitud dependerá en gran medida del análisis realizado por el especialista.

Lieberman (1991) plantea que en las situaciones más reales, la forma exacta del modelo que genera la serie de tiempo no llega a conocerse y con frecuencia, se elige un modelo mediante la observación de los resultados de la serie de tiempo durante un período. En la Fig. 1 se muestran varios patrones comunes en las series de tiempo.

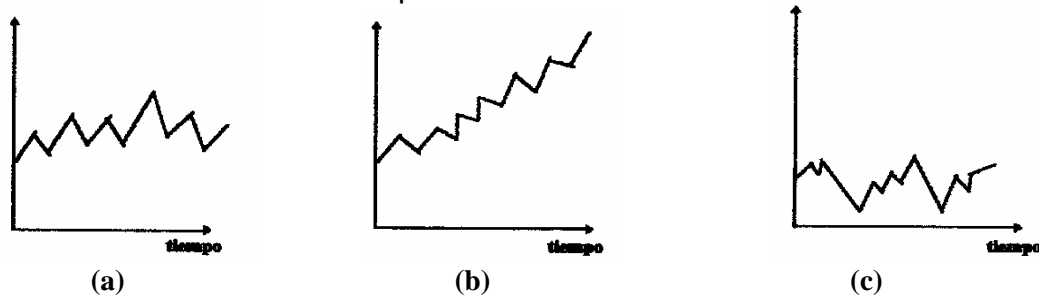


Figura No.1.

La figura 1(a) contiene una serie de tiempo en la que se puede observar que el proceso que la genera se representa por un nivel constante superpuesto con fluctuaciones aleatorias. La figura 1 (b) muestra una serie de tiempo que el proceso que la genera posee una tendencia creciente lineal (podría ser decreciente) superpuesta con fluctuaciones aleatorias y, por último, en la figura 1 (c), puede observarse una serie de tiempo, generada por un proceso que se representa por un nivel constante superpuesto con efectos estacionales y fluctuaciones aleatorias.

El análisis previo del comportamiento de la serie histórica resulta importante y necesario para la calidad de los resultados, ya que para aquellos productos en los que los patrones de la demanda permanezcan constantes, luego de cierto tiempo resultará fácil el poder pronosticar; pero ante patrones cambiantes, dinámicos e inestables, el proceso se hace más difícil. La representación gráfica de la serie de tiempo previo a cualquier análisis resulta una necesidad y es el primer paso necesario para la adecuada selección de los métodos de pronósticos.

Componentes de una serie de tiempo.

Ha sido costumbre clasificar las fluctuaciones de una serie cronológica o de tiempo en cuatro tipos básicos de variaciones, las cuales, superpuestas y actuando en conjunto, explican los cambios en las series durante un período de tiempo y dan a las series un aspecto irregular. Estos cuatro componentes de una serie, según **Anderson** , **Calero (1986)**, **Companys (1990)**, **Freund (1960)** son:

- Tendencia.....(T)
- Componente estacional.....(E)
- Componente cíclico.....(C)
- Componente irregular o aleatoria.....(I)

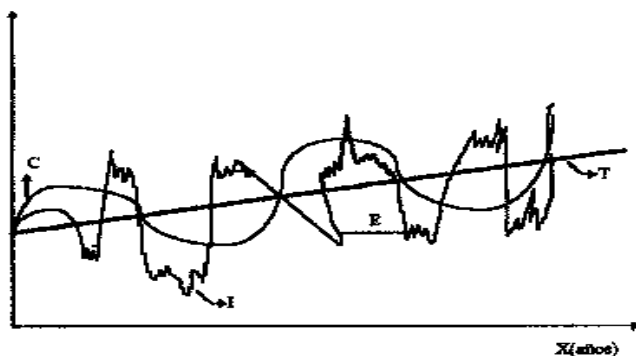


Figura No.2 Componentes de una serie de tiempo.

Tendencia: Es el componente más importante de aquellos que afectan los valores individuales de una serie, indica el rumbo o dirección general del movimiento de la serie, **Companys (1990)**, **Kazmier, Ríos (1983)** , **Rodríguez (1974)**, **Merrill (1981)**. Esta es la característica más continuada en toda su extensión que está presente en la serie y está asociada al pronóstico a largo plazo. La tendencia corresponde a la evolución durante un período de tiempo largo, de carácter global creciente o decreciente, superior a un año. Este crecimiento general se representa frecuentemente en forma lineal o exponencial. La tendencia encuentra su aplicación en la acción de factores tales como el crecimiento demográfico, o la evolución del nivel de vida, que determinan como efecto un aumento en el valor global del consumo. Los tipos de tendencia según **Rodríguez(1974)**, **Lieberman(1991)**, **Freund (1960)** son:

- Tendencia constante.
- Tendencia de crecimiento o decrecimiento constante.
- Tendencia de razón de crecimiento.

Componente estacional: Se refiere a un modelo de cambio que se repite regularmente en el tiempo a través de oscilaciones periódicas, generalmente un año, alrededor de la línea de tendencia. Estos movimientos pueden o no estar asociados a las estaciones del año, de estarlo, imponen que para su análisis se requiera recopilar información por un año o más.

El componente estacional debe completar su movimiento dentro del período que se analiza, y mostrar una configuración repetida a intervalos regulares durante subperíodos de cualquier lapso de tiempo especificado. El componente estacional puede o no estar presente en una serie histórica, su aparición está asociada a variaciones en el ritmo de vida cotidiana: horas pico, períodos de frío o calor, precio de los productos agrícolas dentro y fuera de estación, vacaciones, días de pago, etc.

En algunos casos las configuraciones estacionales en sí, son preocupaciones primordiales, puesto que pocos planes inteligentes (de producción, inventario, propaganda, etc.) se pueden hacer sin algunas medidas estadísticas de variaciones estacionales.

Componente cíclico: Los movimientos cíclicos se asemejan a los estacionales en que también son movimientos ondulados repetitivos, aunque no regulares, pero difieren en que son de duración más prolongada y menos predecibles en cuanto a longitud y amplitud, y no resulta inusual que requieran de hasta cuatro años o periodos para completarse. No existe correspondencia exacta entre los conceptos de “Componente cíclico” y “Ciclo económico” de las empresas, aunque en ocasiones el concepto de ciclo económico resulta útil para vislumbrar mejor el significado de aquel.

Generalmente, el componente cíclico de una serie es tratado como un residuo que se estima después que los componentes tendenciales y estacionales han sido identificados y luego de haber eliminado los movimientos irregulares, promediándolos y distribuyéndolos entre los distintos periodos de la serie. En ocasiones, el análisis del componente cíclico se realiza de conjunto con la tendencia, si lo que se pretende es destacar la influencia del componente estacional.

Componente aleatorio o irregular: Son las fluctuaciones irregulares que se observan en toda serie cronológica afectada por factores aleatorios (**Companys (1990), Kazmier, Rodríguez (1974)**). Traducen el carácter imprevisible de múltiples causas, generalmente muy difíciles de enumerar o aislar y prácticamente imposible de medir su extensión y repercusión, además que introducen variaciones significativas entre las distintas observaciones, por ejemplo: terremotos, huelgas, inundaciones, caprichos, etc.

El procedimiento general para la previsión por series históricas.

Un procedimiento para la previsión de la demanda basado en series históricas puede llevarse a cabo en nueve etapas (Fig 3.)

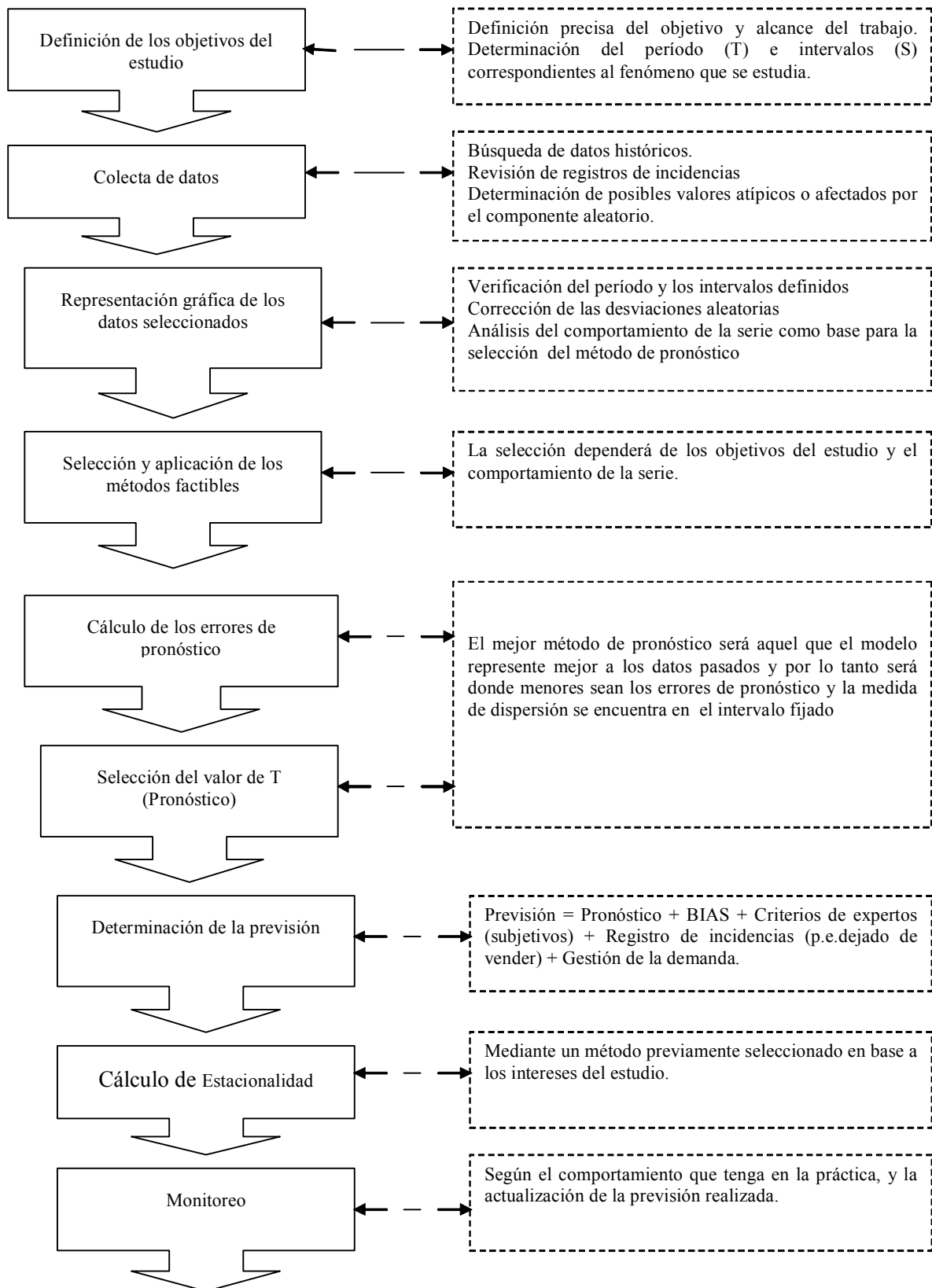


Fig. 3 Procedimiento para la previsión por Series Históricas.

Algunas consideraciones del procedimiento.

En la definición de los objetivos del estudio se deberá tener presente entre otros aspectos: ¿Para que se desea el estudio?, este aspecto puede incidir en

la selección del método y en la valoración de los costos beneficios asociados al estudio, otro aspecto importante es el nivel de seguimiento que se le desea dar al mercado (alto o bajo). En los conceptos de tendencia (T) y estacionalidad (S) se profundiza en epígrafes siguientes.

El registro de incidencias es el lugar donde se debe reflejar la explicación de los fenómenos aleatorios que han ocurrido de forma tal que la persona que realice el estudio posea la posibilidad de su corrección.

En la determinación de la previsión se debe considerar:

- 1) El pronóstico realizado; que será el valor obtenido de la aplicación del modelo matemático con menores errores y desviación dentro de los límites fijados (mejor modelo) entre aquellos que respondan a los objetivos deseados en el estudio.
- 2) El error BIAS se recomienda la suma algebraica del error. Si el pronóstico seleccionado es 1264.66 y $BIAS = 189.09$ quiere decir que como promedio en todas las estimaciones estamos incurriendo en un error igual al BIAS por defecto y una mejor previsión sería de: $1264.66 + 189.08$. En caso de BIAS ser negativo es lo contrario.
- 3) Criterios de expertos. Son criterios que se tienen en cuenta por el carácter pesimista u optimista de quien realiza el estudio. En estos criterios pueden influir condiciones existentes en el momento del estudio distintas a las del pasado.
- 4) El registro de incidencias además de reflejar los fenómenos aleatorios deberá tener en consideración:
 - a) Las cantidades estimadas dejadas de vender.
 - b) Las cantidades vendidas de un producto al ser considerado como sustitutivo de otro agotado en ese momento.
- 5) Gestión de la demanda a partir de su previsión: Gestionar o administrar implica un pensamiento de que actuaremos sobre algo que está bajo control. Para **Narashiman (1997)**; la administración o gestión de la demanda trata tanto con las necesidades de los consumidores, como con la coordinación con los proveedores. Los pronósticos precisos resultan valiosos para la planeación de los recursos y materiales.

La administración de la demanda tiene como fin coordinar y controlar todas las fuentes de la demanda de manera que los sistemas de producción y operaciones puedan utilizarse de forma eficiente. Además, a los clientes se les entregarán los productos con puntualidad en la cantidad y la calidad adecuada.

Medidas de errores.

Dado que para cada paso concreto se podían usar varios tipos de modelos diferentes, es preciso establecer una medida cuantitativa de la bondad de las previsiones generadas por cada uno, lo cual se hace mediante el uso de las llamadas medidas de errores.

Según **Schroeder (1992)**, esta estimación del error se puede utilizar para varios propósitos:

- Para fijar inventarios o capacidad de seguridad y garantizar así el nivel deseado de protección contra la falta de inventarios.
- Para observar indicadores de demandas erráticas que deben evaluarse con cuidado y quizás eliminar.

- Para determinar cuándo el método de pronóstico ya no representa la demanda actual.

El modo básico de actuación consiste en evaluar los errores ($y_t - \hat{y}_t$), también conocido como residuo, cometidos al realizar las estimaciones de los periodos pasados de los cuales se tiene datos y analizar posteriormente estas desviaciones. El error debe comportarse, en el sentido probabilístico, como el error aleatorio asociado con el proceso estocástico.

Las principales medidas de errores más usadas son:

Sesgo (BIAS): Veremos, como otros métodos para cálculo de errores obtienen valores absolutos o elevan al cuadrado, esto elimina el conocimiento de si se están cometiendo errores por exceso o por defecto, es decir, no se diferencia si se está usando un modelo que subestima o sobrestima los valores al realizar el pronóstico; siendo esta la principal ventaja de este método.

Esta medida (Sesgo o Bias en inglés y Error promedio para otros autores), al tomar un valor positivo indica que se están haciendo sobreestimaciones, y al contrario si es negativo. Para ello, se halla la media de las desviaciones, sin eliminar su signo:

$$B = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)}{n} \quad (1)$$

Observe que el denominador “n” está dado por el número de periodos para los cuales es posible conocer o comparar la estimación realizada con el valor real.

Desviación media absoluta (MAD): Halla la media de las desviaciones absolutas de las previsiones respecto a los valores reales. Esta medida penaliza de igual modo los errores grandes que los pequeños:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|}{n} \quad (2)$$

Schroeder /24/ plantea como un uso del MAD, el hecho de determinar si el pronóstico está acorde con los valores reales de la serie. Para determinar esto, se calcula una señal de rastreo (SR):

$$SR = \frac{\text{Suma acumulada de la desviación del pronóstico}}{MAD} \quad (3)$$

La señal de rastreo es, por lo tanto, un cálculo de la tendencia en el numerador, dividida entre la estimación más reciente de MAD. Si se supone que las variaciones en la demanda son aleatorias, entonces los límites de control de ± 6 en la señal de rastreo asegurarán que sólo en una probabilidad máxima del 3% dichos límites serán excedidos por casualidad. De esta manera, cuando la señal de rastreo pasa de ± 6 , debe detenerse el método de pronóstico y volver a observar la demanda y estimarla de manera más exacta.

En los sistemas de pronósticos computarizados resulta extremadamente importante incorporar controles de error del tipo antes estudiado. Esto asegurará que el sistema no salga de control y en caso de ocurrir, se lo notifica al usuario.

Desviación Cuadrática Media (M.S.E). Halla la media de las desviaciones entre las previsiones y los valores reales elevados al cuadrado. De este modo las desviaciones grandes van aumentando su influencia respecto a las pequeñas, por lo que será mejor aquella técnica que garantice valores menores de MSE.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n \left(Y_t - \hat{Y}_t \right)^2}{n} \quad (4)$$

Desviación estándar : Una forma de tener presente las desviaciones, consiste en definir un intervalo alrededor del valor estimado, dentro del cual deba estar el valor futuro con una cierta seguridad (o fuera del cual pueda encontrarse el valor futuro en pocas ocasiones). **Companys (1990).**

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n-2}} \quad (5)$$

Lo que permitirá decir que si la serie histórica se comporta según una distribución normal, los valores futuros estarán en determinado porcentaje en la zona delimitada por los límites de los diferentes múltiplos de $\hat{\sigma}$.

Error Porcentual Medio Absoluto (MAPE): Proporciona una idea sobre el volumen de los errores como un porcentaje de la demanda.

Se calcula como en el ejemplo que sigue:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left[\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \cdot 100 \right]}{n} \quad (6)$$

Se recomienda el uso del MAD o el MSE, junto con el BIAS para seleccionar el método que mejor represente al pasado; la determinación del BIAS permitirá conocer su tendencia. Lo ideal sería que todos dieran cero, lo cual no quiere decir que la estimación para el futuro sea excelente, sino que se adapta muy bien a los datos del pasado. Se recomienda acompañar el cálculo del MAD con el de la SR y el MSE con la determinación de la desviación estándar.

Métodos de pronósticos de una serie de tiempo.

A continuación se considera el caso de las series temporales desprovistas de estacionalidad y se analizan diversos procedimientos para ajustar la tendencia, los cuales son:

- ❖ Mano alzada.
- ❖ Demanda del periodo anterior.
- ❖ Media aritmética.
- ❖ Semipromedios.
- ❖ Promedios móviles.
- ❖ Medias móviles ponderadas.
- ❖ Proyección con uso de tasas (aritmética y geométrica).
- ❖ Suavizamiento exponencial.
- ❖ Suavizamiento exponencial con tendencia.
- ❖ Mínimos cuadrados.
- ❖ Tendencias parabólicas.

- ❖ Tendencia exponencial.
- ❖ Modelo de Box-Jenkins.

Procedimiento de la mano alzada. Este método es el menos sofisticado matemáticamente para alcanzar la línea de tendencia. Mediante este enfoque la localización de la línea en el gráfico de la serie histórica depende enteramente del juicio del analista que estudia los datos sin que haya que realizar cálculos en absoluto; no obstante, puede ser en ocasiones un método adecuado para emitir respuestas rápidas, siempre que exista un conocimiento profundo de la actividad, por parte del analista.

Demanda del periodo anterior. La estimación más sencilla para el periodo $n+1$ consiste en suponer que el proceso va cambiando muy lentamente y que de un periodo a otro no varía el valor de sus variables.

$$\hat{Y}_{n+1} = Y_n \quad \text{donde} \quad n+1 \geq 2 \quad (7)$$

Evidentemente no considera las variaciones debido a estacionalidades ni ciclos y sobrestima las variaciones aleatorias. Tiene la desventaja, además, de ser impreciso debido a lo grande de su varianza al tomar una muestra de tamaño 1. Sin embargo, es recomendado cuando la información de la serie en tiempo anterior a “ t ” no tiene significado para el investigador, es decir, ha estado sometidas a condiciones distintas que invalida su utilización, y cuando simplemente la información no existe, o como una medida de comparación luego de utilizar una técnica más elaborada. **Díaz (1993), Lieberman (1991).**

Media Aritmética. En el caso anterior solo se tuvo en cuenta el dato del periodo anterior, ignorando todos los datos previos. En este otro modelo se tiene en cuenta “ n ” datos disponibles y se fija como previsión para el periodo $n+1$ el valor promedio de todos los datos históricos, **Díaz (1993), Ostle (1979), Lieberman (1991).**

$$\hat{Y}_{n+1} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t}{n} \quad \text{donde} \quad n+1 \geq 3 \quad (8)$$

De este modo, al no considerar solo un dato, se amortiguan las fluctuaciones aleatorias que en el caso anterior tenían excesiva importancia, aunque siguen sin recogerse bien las tendencias y se ignoran las estacionalidades y ciclos.

Un inconveniente añadido es, que quizás se esté considerando datos pretéritos que ya no tienen influencia en la realidad. Además de la necesidad de guardar toda la información histórica para cada variable (sobre todo si se tienen muchos productos en fabricación) es algo que puede resultar muy costoso hablando informativamente, sin embargo, es excelente si el proceso es estable, esto es, si las suposiciones del modelo son correctas.

Semipromedios. El método de los semipromedios es una forma muy rápida de estimar una línea de tendencia recta. Los datos se dividen primero en dos partes (preferentemente iguales) de años, y luego se calculan los medios de los valores de cada una de ellas centrándonos en los puntos medios de los intervalos temporales abarcados por el sector respectivo. La recta que une ambas medidas (o semipromedios) es la línea de tendencia estimada.

Procedimiento de los promedios móviles. Al utilizar una estimación por el procedimiento de los promedios móviles, utiliza solo los últimos “ n ” periodos, (generalmente un número impar, 3, 5 o 7), y la expresión siguiente:

$$\hat{Y}_{n+1} = \frac{\sum_{i=t-n+1}^t x_i}{n} \quad (9)$$

Esta técnica de pronóstico no solo usa todos los datos relevantes de los últimos " n " periodos, sino que se actualiza fácilmente de un periodo a otro, la primera observación se elimina y se agrega la última. El estimador de promedios móviles combina las ventajas de los estimadores anteriores al usar solo los datos recientes y al representar observaciones múltiples.

Una ventaja de este procedimiento es que los cálculos son muy sencillos y, sin embargo, el sistema es en extremo flexible, en el sentido de que la tendencia no es forzada a adaptarse a ninguna función matemática en particular.

El comportamiento de la media móvil depende de n; si n es grande, la media móvil responde lentamente a los cambios efectivos; si n es pequeña, la respuesta es más rápida. Sin embargo, si los errores son variables aleatorias independientes, la varianza de las sucesivas estimaciones es σ^2/n , y para n pequeño puede resultar entonces muy elevada. El dilema entre la estabilidad y la sensibilidad estará presente frecuentemente en el estudio de los pronósticos. A menudo, los promedios móviles ofrecen una descripción realista de tendencias pasadas en una serie cronológica y por lo tanto, puede ser de particular utilidad cuando se estudian desvíos desde esa tendencia.

Medias Móviles Ponderadas. Esta es una variación del método de los promedios móviles, en el cual se considera que no todos los " t " valores tienen igual influencia en el pronóstico, sino que cuanto más reciente sean, mayor es su influencia. Calero /3/, Díaz /7/ y Schroeder /24/.

Para ello, se definen unos pesos $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_t$ cumpliendo:

$$\sum_{i=1}^t \alpha_i = 1 \quad \alpha_1 \geq \alpha_2 \geq \dots \geq \alpha_t$$

y entonces será:

$$Y_{n+1} = \alpha_1 \cdot y_n + \alpha_2 \cdot Y_{n-1} + \dots + \alpha_t \cdot Y_{n-t+1} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot Y_{n-i+1} \quad t \geq 1, \quad n+1 \geq t+1 \quad (10)$$

Observamos que cuando todos los α_i son iguales a $1/t$ estamos entre el caso de las medias móviles descritas anteriormente.

Proyección con uso de tasas. Según Samsao, un modo simple de proyectar una serie de consumo es a partir de utilizar la tasa de crecimiento observada en el pasado. Este criterio parte de la hipótesis de que ocurrirá en el futuro lo mismo que en el pasado en términos de crecimiento. Las tasas usadas de modo más general son:

La tasa aritmética de crecimiento.

La tasa geométrica de crecimiento.

Tasa Aritmética. La tasa media aritmética de crecimiento puede ser determinada acorde con la expresión para el cálculo de los intereses simples; donde:

$$Y_n = Y_0 (1 + i \cdot n) \quad (11)$$

y_0 : primer valor de la serie.

y_n : último valor observado.

n: número o cantidad de periodos de la serie que separan un periodo de otro.

i: tasa media a ser calculada.

El procedimiento consta de dos pasos o etapas esenciales, estos son:

La determinación de la tasa media de crecimiento de la serie al año
 La obtención del pronóstico para el año Y n+1.

$$i = \frac{\frac{y_n}{y_0} - 1}{n} \quad (12)$$

Tasa Geométrica. En este método, los términos de la expresión poseen igual significado que el anterior y se requiere realizar el mismo procedimiento, aunque ahora relacionado a la expresión para el cálculo de los intereses compuestos:

$$Y_n = Y_0(1+i)^n \quad (13)$$

Y por lo tanto, para la determinación de i, tomando los datos del ejemplo que se desarrolla, será:

$$i = \sqrt[n]{\frac{Y_n}{Y_0}} - 1 \quad (14)$$

Suavizado o Alisado Exponencial. Schroeder (1992) plantea que la suavización exponencial se basa en la idea, muy simple, de que es posible calcular un promedio anterior y también de la demanda más reciente observada. Supóngase, por ejemplo, que se tiene un promedio anterior de 20 y que se acaba de observar una demanda de 24, parece razonable que el promedio nuevo sea entre 20 y 24, dependiendo de que tanto peso se requiera dar a la demanda que acaba de observarse contra el peso promedio anterior.

Companys (1990) plantea que resulta lógico el razonamiento, de que todos los pesos de las observaciones sean distintos y decrecientes con la edad de la observación, para que tengan mas peso las recientes que las antiguas. La forma más cómoda de definir unos pesos de este tipo corresponde a utilizar una progresión geométrica de razón menor que la unidad.

Mientras que el método de las medias móviles tiene solo en cuenta un número "t" de valores de y_i , al suponer que los y_i más lejanos en el tiempo ya no tenían influencia, el método del suavizado exponencial considera todos los y_i pasados, aunque a los muy lejanos se les puede dar tan poco peso que prácticamente no ejerzan ninguna influencia, esperando que el modelo resultante tendría que ser mejor. Otra característica es que el método es capaz de realizar una media móvil ponderada de los n valores de y_i , sin necesidad de almacenar todos esos valores.

Díaz (1993) resume el método planteando que: el método prescinde, pues, del parámetro "t", pero añade el valor ponderado \hat{y}_1 , que representa nuestra estimación para el primer periodo histórico. Sigue siendo necesario un peso α que pertenece al intervalo (0,1) mediante el cual haremos que los valores lejanos (y por lo tanto el \hat{y}_1 , restando importancia a su correcta elección) vayan teniendo cada vez menos influencia. Para ello, se definirán n pesos α_i que se obtendrán a partir del parámetro α según una progresión geométrica de razón $q = 1 - \alpha$, con $\alpha_i = \alpha$.

De lo anterior, podemos plantear que la expresión para estimar el periodo $n+1$ será:

$$\hat{Y}_{n+1} = \alpha \cdot Y_n + (1 - \alpha) \cdot \hat{Y}_n \quad n + 1 \geq 2 \quad (15)$$

Como se ve, el cálculo de la estimación para el periodo $n+1$ se realiza en función exclusivamente del de la estimación en el periodo anterior, y del valor real obtenido en ese periodo, aunque implícitamente se está considerando los n valores de Y .

Si elegimos valores grandes para α , estamos dando más peso a los valores reales más recientes; dando valores pequeños a este parámetro, los pesos se reparten en mayor medida a lo largo de la serie por tanto, el uso de los valores grandes es reservado para cuando se prevén cambios sustanciales en el comportamiento de la variable que se estudia o dicho en otras palabras que el modelo responde con mayor rapidez a los cambios de la demanda, se desea una estabilidad en la planificación, una mayor lentitud, entonces α será pequeña.

La elección de α puede y debe realizarse sobre la base de prueba y error. Varios sistemas profesionales dan la oportunidad de seleccionar un valor menor y otro mayor de α y un paso de cambio, calculando el sistema el mejor resultado para ese intervalo, sobre la base de la medida del error que se fije). Algunos autores como **Lotfy (1986)** recomiendan valores para α entre 0,1 y 0,2; **Riggs (1984)** entre 0,1 y 0,3; y **Fernández (1993)** recomienda los valores entre 0,1 y 0,3. La función expuesta es una combinación lineal de los datos anteriores ponderados de acuerdo con la constante de atenuación α . Si $\alpha = 0$, no se incluyen los datos desde el pronóstico inicial, cuando $\alpha = 1$, el pronóstico siguiente es el mismo que el valor real más reciente.

Desafortunadamente, la suavización exponencial no siempre puede utilizarse en la práctica debido a la tendencia que tienen los datos a mostrar variaciones de acuerdo con las estaciones. Cuando se presentan estos efectos pueden utilizarse suavización de segundo orden, de tercer orden, de tendencia rectificadas o de estacionalidad.

Según **Fernández (1993)**, este método se recomienda cuando:

El horizonte temporal de previsión es corto: un día, una semana, o un mes.

No se conoce información acerca de ningún factor independiente que influya sobre la demanda.

Se desea invertir pocos recursos y esfuerzos en la tarea de previsión (el alisado exponencial, además, permite una fácil actualización de las previsiones, con tan solo incorporar los nuevos datos).

Se desea que la previsión pueda seguir las tendencias y estacionalidades.

Suavizado Exponencial con Tendencia Lineal o Aditivo. En el modelo de suavizado exponencial, según **Díaz(1993)**, no se recogen ciertos efectos que pueden estar presentes, tales como las tendencias, estacionalidades o ciclos. La introducción de estas últimas las analizaremos posteriormente.

Las tendencias pueden ser introducidas dentro del suavizado exponencial incorporando una nueva variable T_i que contendrá la corrección correspondiente a este componente.

Se dividirá entonces los efectos que dan lugar a la estimación para el periodo $n+1$ en dos partes; \hat{X}_{n+1} y \hat{T}_{n+1} que vinculada permitirán la estimación de una forma suavizada:

donde la variable X_i representa el nivel de previsión esperado en principio:

$$\hat{X}_{n+1} = \alpha.Y_{n+1} + (1 - \alpha)(\hat{X}_n + \hat{T}_n) \quad (16)$$

Desafortunadamente la tendencia (pendiente) T_i es desconocida, por lo que estimarse, pudiéndose usar para esto el suavizamiento exponencial, es decir:

$$\hat{T}_{n+1} = \beta.(\hat{X}_{n+1} - \hat{X}_n) + (1 - \beta).\hat{T}_n \quad (17)$$

Siendo $\beta \in (0,1)$ un nuevo parámetro a fijar, junto con α , X_i y T_i . Para β son recomendados valores similares que α .

Si se desea realizar una estimación para m periodos en el futuro en lugar de solo para el $n+1$, ahora será en general:

$$\hat{Y}_{n+m} = \hat{X}_{n+1} + m.\hat{T}_{n+1} \quad \text{para } m \geq 1 \quad (18)$$

Alisado Exponencial Doble. Si llamamos Y_{2n+1} a la media alisada exponencialmente de segundo orden (media alisada de la primera media alisada) y recordemos que:

$$\hat{Y}_{n+1} = \alpha.Y_n + (1 - \alpha)\hat{Y}_n$$

Y aplicamos este procedimiento a los valores obtenidos del alisamiento simple por la expresión:

$$\hat{Y}_{2n+1} = \alpha.\hat{Y}_{n+1} + (1 - \alpha)\hat{Y}_{2n} \quad (19)$$

De igual manera se recomiendan valores para α entre 0,1 y 0,3 conservando la propiedad que valores pequeños de α dan estabilidad a las estimaciones; pero poca sensibilidad para absorber los cambios y valores grandes de α efectos contrarios.

Doble Alisado Exponencial con Tendencia. Como se puede apreciar del ejemplo anterior la serie histórica presenta una tendencia creciente y al igual que para el alisado exponencial simple los pronósticos presentan cierto atraso y también se puede abordar la solución del problema con la inclusión en el pronóstico de la tendencia.

Utilización Práctica del Alisado Exponencial. Podemos concluir que el alisado exponencial raramente por decir nunca, se podrá utilizar en forma autónoma. Se precisara como mínimo una estimación inicial.

Como habitualmente dicha estimación se basará en datos históricos, la utilización del alisado exponencial se basara en las siguientes fases:

Fase 1. A partir de las observaciones disponibles se determinarán los parámetros del modelo de pronósticos por un procedimiento específico, por ejemplo utilizando la regresión lineal.

Fase 2. Se elige arbitrariamente, y se determinan las medias alisadas iniciales.

Fase 3. A medida que se dispone de nuevas observaciones se actualizan las medias alisadas, y en su caso, las estimaciones de los valores futuros.

Podemos, pues, tener como norma la siguiente:

El alisado exponencial es un procedimiento útil para la actualización de los parámetros del pronóstico al aumentar la información disponible con nuevas observaciones. No es un procedimiento cómodo para establecer pronósticos directamente a partir de las series cronológicas en bruto.

Desafortunadamente, la suavización exponencial no siempre puede utilizarse en la práctica debido a la tendencia que tienen los datos a mostrar variaciones de acuerdo con las estaciones. Cuando se presentan estos efectos se pueden utilizar suavizaciones de segundo orden, tercer orden, de tendencia rectificadas o de estacionalidad.

Líneas de Tendencias Rectas por Mínimos Cuadrados. El método de los mínimos cuadrados es el que más se utiliza para ajustar tendencias. En una gráfica siempre que los puntos de los datos parezcan seguir una línea recta, podemos emplear el método de los mínimos cuadrados para determinar la recta de mejor ajuste. Esta recta es la que más se aproxima a pasar por todos los puntos. Otra manera de expresar lo mismo es que la recta deseada minimiza las diferencias entre la recta y cada uno de los puntos. Esta última explicación da lugar al origen del nombre para el método de los mínimos cuadrados; de la ecuación de la recta para el cual la suma de los cuadrados de las distancias verticales entre los valores reales es un mínimo.

Una línea recta está definida por la ecuación $Y = a + b \cdot x$. Para un análisis por serie temporal, Y , es un valor pronosticado en un punto del tiempo, x medido en incremento tales como años a partir de un punto base, y b la pendiente de la recta.

Se emplean dos ecuaciones para determinar a y b . La primera se obtiene si se multiplica la ecuación de la recta por el coeficiente de a igual a 1 y n como número de puntos, la ecuación se convierte en:

$$\sum Y = Na + b \sum X \quad (20)$$

La ecuación se desarrolla en una forma semejante. El coeficiente de b es x .

$$\sum X \cdot Y = a \sum X + b \sum X^2 \quad (21)$$

Después de multiplicar cada término por x y sumando todos los términos, tenemos:

Las ecuaciones así obtenidas se llaman ecuaciones normales y se reducen a:

$$a = \frac{\sum Y}{n} \quad y \quad b = \frac{\sum X \cdot Y}{\sum X^2} \quad (22)$$

Tendencias Parabólicas. Si no le es posible descubrir adecuadamente una tendencia por medio de una línea recta, el investigador puede decidir el ajuste de los datos utilizando una parábola. En tal caso, la ecuación polinómica de segundo grado (de uso más frecuente) será:

$$\hat{Y} = a + b \cdot x + c \cdot x^2 \quad (23)$$

Los coeficientes a, b, y c pueden hallarse por el método de los mínimos cuadrados. El problema reside en definir los valores numéricos de aquellos que minimizarán la suma de cuadrados y obtenemos:

$$a = \frac{\sum Y \cdot \sum X^4 - \sum X^2 \cdot Y \cdot \sum X^2}{n \cdot \sum X^4 - (\sum X^2)^2} \quad c = \frac{n \sum X^2 \cdot Y - \sum Y \cdot \sum X^2}{n \sum X^4 - (\sum X^2)^2} \quad b = \frac{\sum X \cdot Y}{\sum X^2} \quad (24)$$

Tendencias exponenciales. Si una serie cronológica tiende a crecer de manera geométrica, en lugar de hacerlo linealmente, su tendencia puede describirse a menudo con la ecuación exponencial:

$$\hat{Y} = a \cdot b^x \quad (25)$$

donde a y b son constantes y la variable cronológica x aparece como un exponente. Si b es mayor que 1 el valor de la tendencia \hat{y} aumentará en cada periodo con sumas cada vez mayores. Si por el contrario, b se halla entre 0 y 1 el valor de la tendencia tenderá a cero.

$$\log \hat{Y} = \log a + x \log b \quad (26)$$

A fin de estimarse las constantes a y b puede utilizarse el método de los mínimos cuadrados y obtendremos que:

Modelo de Box-Jenkins. Son modelos de mayor complejidad, de tipo estadístico. El más general es llamado el modelo ARIMA (autorregresive integrated Moving Average Model): consiste en identificar un posible modelo de pronóstico, estimar sus parámetros y determinar su bondad.

Dada su complejidad, puede ser de utilidad cuando son pocas las series que se desean utilizar, y donde el beneficio esperado con una buena previsión es elevado. Esta técnica tiene una fase especial para la identificación del modelo y permite un análisis más preciso de lo que es posible con los demás modelos mencionados hasta aquí. Este método requiere aproximadamente de 80 periodos (como mínimos) de los datos del pasado y su uso resulta demasiado costoso para los pronósticos rutinarios de muchos artículos. Para un pronóstico especial de ventas en que se involucre una decisión costosa, sin embargo, quizá sea recomendable utilizar el Box-Jenkins, **Schroeder (1992)**.

Lieberman (1991) plantea que para hacer este método, es necesario calcular las autocorrelaciones parciales y examinar sus patrones. Una autocorrelación mide la correlación entre los valores de la serie de tiempo, separados por un número fijo de periodos que se llama espacio. Entonces, la autocorrelación para un espacio de dos períodos mide la correlación en cada tercera observación, o sea, es la correlación entre la serie de tiempo original y la misma serie de tiempo trasladados dos períodos hacia delante.

La autocorrelación parcial es una autocorrelación condicional entre la serie de tiempo original y la misma serie de tiempo trasladada hacia delante un número fijo de períodos, manteniendo fijo el efecto de los otros espacios de tiempo. En realidad, se calculan las autocorrelaciones y las autocorrelaciones parciales de una muestra, pero estos cálculos "buenas" estimaciones porque se supone que se cuenta con una gran cantidad de datos. Una vez que se ha identificado el modelo, es decir, que se ha identificado la forma funcional, se deben estimar

los parámetros asociados. Estas estimaciones se hacen usando datos históricos. La norma funcional se convierte entonces en una función conocida (o aproximadamente conocida y se pueden calcular los residuos y examinar su comportamiento). De igual manera, se puede examinar el comportamiento de los parámetros estimados.

Si tanto los “residuos “ como los “parámetros estimados” se comportan como se espera el modelo supuesto, el modelo queda validado. Si no, el modelo debe modificarse y el procedimiento se repite hasta que se valide el modelo. En este punto, se puede obtener un pronóstico.

Aún cuando el método de Box-Jenkins es complicado, los pronósticos que se obtienen son muy exactos y, cuando el horizonte de planificación es corto, son mejores que los que se obtienen con otras técnicas. Más aún, el procedimiento proporciona una medida del error del pronóstico.

Métodos de pronósticos causales.

Según **Díaz (1993)**, los métodos causales de pronóstico, en general, desarrollan un modelo de causa y efecto entre la demanda y otras variables. Existen los siguientes métodos:

Regresión: Este método relaciona la demanda con otras variables internas o externas que tienden a causar cambios en la demanda. El método usa los mínimos cuadrados para obtener el mejor ajuste entre las variables. Se aplica en la planeación a corto y mediano plazo para producción agregada o inventarios que involucren pocos productos. Es útil cuando existen fuertes relaciones causales.

Modelos econométricos: Sistema de ecuaciones de regresión interdependiente que describe algún sector de la actividad económica de ventas o utilidades. Se aplican en los pronósticos de ventas por clases de productos para planeación a corto y mediano plazo.

Modelos de insumo-producto: Método de pronóstico que describe los flujos de un sector de la economía a otro. Predice los insumos necesarios para producir los productos requeridos en otro sector. Se aplican en los pronósticos de ventas de una compañía o nacionales, por sector industrial.

Modelos de simulación: Simulación del sistema de distribución que describe por ejemplo, los cambios de las ventas y los flujos del tiempo. Refleja los efectos de la red de distribución. Se aplican en los pronósticos de ventas de la empresa por grupos principales de producción.

En general, puede decirse que la aplicación de los tres últimos modelos es más costosa que los de regresión. Sin embargo, en situaciones donde es necesario modelar en detalle un segmento de la economía, los modelos econométricos o los de insumo-producto pueden ser más apropiados. Los modelos de simulación son especialmente útiles para pronosticar cuando se modela un sistema logístico o de distribución.

Una de las características más importantes de los modelos causales es que pueden usarse para predecir puntos de cambios en la función de la demanda. En contraste, los modelos de series de tiempo pueden emplearse para predecir el patrón futuro de la demanda tomando como base el desarrollo histórico, estos modelos no pueden predecir altas y bajas en el nivel de la demanda.

Debido a su capacidad para predecir puntos de cambios, los modelos causales son generalmente más exactos que los modelos de series de tiempo para formular pronósticos a largo y mediano plazo.

Variación estacional.

Mientras que el análisis de la tendencia tiene implicaciones en la planificación administrativa a largo plazo, el análisis del componente estacional de una serie histórica tiene implicaciones a corto plazo más inmediatas. Los planes del mercado y de fuerza de trabajo, por ejemplo tienen que tomar en consideración los modelos estacionales esperados sobre el mercado de trabajo y en las compras de los consumidores.

La identificación del componente estacional en una serie histórica difieren del análisis de la tendencia por lo menos en dos formas. Primero, mientras que la tendencia se determine directamente de los datos disponibles, el componente estacional se determina eliminando los otros componentes de los datos, de manera que sólo quede el estacional. Segundo, mientras que la tendencia se representa por una línea de mejor ajuste, o ecuación, un valor estacional diferenciado tiene que calcularse para cada mes (o estación, etc.) del año, generalmente en forma de un número índice **Kazmier, Rios (1974), Merrill (1981).**

Se han desarrollado varios métodos de medición de la variación estacional; entre estos podemos citar: Método del porcentaje promedio, Método de relación con la tendencia, Suavizado exponencial con estacionalidades y Suavizado exponencial por tendencia y estacionalidad. Aquí se explican los 2 más prácticos y utilizados

El método del porcentaje del promedio móvil. El componente estacional de una serie histórica se mide en forma de un número índice para cada segmento o fracción del año que se estudia. En comparación con esto, el componente de tendencia de una serie se describe determinando la ecuación para localizar la línea de mejor ajuste para todos los datos de la serie.

La interpretación del número índice que representa la magnitud de la influencia estacional para un segmento particular del año, implica una comparación de los valores observados, o esperados, para un segmento (mes, trimestre, etc.) con el promedio total para todos los segmentos del año. Así un índice estacional de 100 para un mes particular indica que el valor esperado de la serie histórica para ese mes es exactamente un doceavo del total para el periodo anual centrado en ese mes.

De manera igual el índice estacional de 110 para otro mes indicaría que el valor esperado para ese mes es el 10 % mayor que el deseado el total. De manera que el número índice indica las fluctuaciones esperada en los niveles de actividades mensuales (o trimestrales), etc., con efectos debidos a los componentes de la serie histórica de la tendencia, cíclico o irregular esperado.

¿ Por que es necesario este análisis?. En ocasiones es frecuente encontrar series históricas (por ejemplo relacionadas a las ventas de productos determinados) con una marcada tendencia al incremento; pero a la vez con comportamiento particular asociados a distintas estaciones del año en las cuales sistemáticamente se observan altas o bajas notables (por ejemplo en Cuba puede verse en los niveles de utilización de las capacidades hotelera).

Entonces pronosticar utilizando como criterio exclusivo la tendencia, puede resultar un error significativo.

Método del Porcentaje Promedio. El método del porcentaje promedio suministra un procedimiento rápido y simple para elaborar un índice estacional. El primer paso consiste en expresar la información de cada mes (o subperiodos) correspondientes, se promedian para obtener el conjunto de números que constituyen el índice estacional.

La media de los números que integran un índice estacional debe ser igual a 100. En este caso la suma de doce números índice mensuales debería ser 1200. Si se utiliza la mediana en lugar de la media, o si los errores de "redondeo", no se anulan entre sí, deben ajustarse los índices estacionales multiplicándolos por una constante apropiada.

Una vez calculados los números índices, se requiere de realizar un pronóstico para el año próximo (por cualquiera de los métodos expuestos para el cálculo de la tendencia) y afectarlo por estos índices para obtener su correspondiente estimación mensual.

Definiciones de Redes Neuronales Artificiales

Como método cuantitativo de pronóstico constituyen los más actuales, precisos y complejos.

Existen diferentes formas de definir a las redes neuronales; hay definiciones cortas y otras con mayor grado de detalle. Algunas de las utilizadas en la literatura son:

- 1) Una nueva forma de computación, inspirada en modelos biológicos.
- 2) Un modelo matemático compuesto por un gran número de elementos procesales organizados en niveles.
- 3) Un sistema de computación compuesto por un gran número de elementos simples, elementos de procesos muy interconectados, los cuales procesan información por medio de su estado dinámico como respuesta a entradas externas.
- 4) Redes neuronales artificiales son redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples (usualmente adaptativos) y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico.
- 5) Una red neuronal es un sistema compuesto de muchos elementos procesadores simples operando en paralelo, cuya función es determinada por estructuras de la red, fuerza en las conexiones y el procesamiento realizado por los elementos computacionales en los nodos. (Estudios de redes neuronales de DARPA 1988, AFCEA Internacional Press, p 60).
- 6) Haykin (1994) Una red neuronal es un procesamiento distribuido masivamente paralelo que tiene una tendencia natural para almacenar conocimiento empírico y hacerlo disponible para el uso. Recuerda al cerebro en dos aspectos:
El conocimiento se adquiere por la red a través de un proceso de aprendizaje. Las conexiones interneuronales se conocen como pesos sinápticos y se usan para almacenar el conocimiento.
- 7) Zurada (1992) Los sistemas de redes neuronales artificiales, o redes neuronales, son sistemas celulares físicos que pueden adquirir, almacenar y usar conocimiento empírico.

8) Una red neuronal es un modelo computacional con un conjunto de propiedades específicas, como son la habilidad de adaptarse o aprender, generalizar u organizar la información, todo ello basado en un procesamiento eminentemente paralelo.

9) Las Redes Neuronales Artificiales ofrecen un medio eficiente para modelar problemas complejos en los que existen cientos de variables previctorias en las que se dan multitud de interacciones (Two Cross, 1999) pueden ser utilizadas en problemas de clasificación (la variable de salida es cualitativa) o en predicción (la variable de salida es cuantitativa)

De las anteriores definiciones y otras consultadas se reconocen los rasgos esenciales de las Redes Neuronales Artificiales:

Son modelos diseñados utilizando la computación que presentan similitud con las redes neuronales biológicas del ser humano.

El sistema compuesto de muchos elementos procesadores simples en una estructura de conexiones (pesos sinápticos) y nodos operando en paralelo.

Tiene una tendencia natural para almacenar conocimiento empírico y hacerlo disponible para el uso.

El conocimiento se adquiere por la red a través de un proceso de aprendizaje.

Elementos de una Red Neuronal Artificial

Las redes neuronales son modelos que intentan reproducir el comportamiento del cerebro y en su similitud con las neuronas, son capaces de generar representaciones específicas, de tal forma que un estado conjunto de ellas puede significar una letra, un número u otro objeto. Generalmente se pueden encontrar tres tipos de neuronas:

1. Aquellas que tomarán la información de entrada en un primer nivel,
2. Las sinapsis y neuronas correspondientes a segundo nivel donde se genera cualquier tipo de representación interna de información que se transmite a ciertos elementos internos que se ocupan de su procesamiento (unidades ocultas).
3. Una vez finalizado el período de procesado, la información llega a las unidades de salida, cuya misión es dar la respuesta al sistema.

Cada neurona recibe una serie de entradas a través de las interconexiones presentes en la estructura y emite una salida que viene dada por tres funciones:

1. Función de propagación (función de excitación), que por lo general consiste en la sumatoria de cada entrada multiplicada por el peso de su interconexión (valor neto). Si el peso es positivo, la conexión se denomina excitatoria; si es negativo, se denomina inhibitoria.
2. Función de activación, que modifica a la anterior. Puede no existir, siendo en este caso la salida la misma función de propagación.
3. Una función de transferencia, que se aplica al valor devuelto por la función de activación. Se utiliza para acotar la salida de la neurona y generalmente viene dada por la interpretación que queramos darle a dichas salidas. Algunas de las más utilizadas son la sigmoide (para obtener valores en el intervalo $[0,1]$) y la hiperbólica-tangente (para obtener valores en el intervalo $[-1,1]$).

Las RNA tienen un gran número de procesadores virtuales interconectados que de forma simplificada simulan la funcionalidad de las neuronas biológicas. En

esta simulación, la reorganización de las conexiones sinápticas biológicas se modela mediante un mecanismo de pesos, que son ajustados durante la fase de aprendizaje. En una RNA entrenada, el conjunto de los pesos determina el conocimiento de esa RNA y tiene la propiedad de resolver el problema para el que la RNA ha sido entrenada.

Diferentes Modelos atendiendo a la estructura de las RNA

Los principales modelos que recoge la literatura al respecto son:

- ❖ Perceptrón
- ❖ Adaline
- ❖ Perceptrón multicapa
- ❖ Memorias asociativas
- ❖ Máquina de Boltzmann
- ❖ Máquina de Cauchy
- ❖ Redes de Elman
- ❖ Redes de Hopfield
- ❖ Red de retropropagación
- ❖ Redes de neuronas de base radial
- ❖ Redes de neuronas de aprendizaje competitivo
- ❖ Redes de Kohonen o mapas autoorganizados
- ❖ Crecimiento dinámico de células
- ❖ Gas Neural Creciente
- ❖ Redes ART (Adaptive Resonance Theory)

Clasificación en función de los patrones de conexión. En función del patrón de conexiones que presenta la red hay coincidencia entre los autores sobre la clasificación en tres tipos básicos:

Dos tipos de redes de retropropagación hacia adelante o acíclicas en las que todas las señales van desde la capa de entrada hacia la salida sin existir ciclos, ni conexiones entre neuronas de la misma capa.

1. Monocapa (Mono-Layer). En estos casos un representante es perceptrón.
2. Multicapa (Multi-Layer). Un ejemplo aquí sería perceptrón multicapa.
3. Las redes recurrentes (Back Propagation) que presentan al menos un ciclo cerrado de activación neuronal. Ejemplos: Elman, Hopfield, máquina de Boltzmann.

Clasificación en función del Aprendizaje. La segunda clasificación que se suele hacer es en función del tipo de aprendizaje de que es capaz (si necesita o no un conjunto de entrenamiento supervisado). Para cada tipo de aprendizaje encontramos varios modelos propuestos por diferentes autores:

- Aprendizaje supervisado: necesitan un conjunto de datos de entrada previamente clasificado o cuya respuesta objetivo se conoce. Ejemplos de este tipo de redes son: el perceptrón simple, la red Adaline, el perceptrón multicapa y la memoria asociativa bidireccional.
- Aprendizaje no supervisado o autoorganizado: no necesitan de tal conjunto previo. Ejemplos de este tipo de redes son: las memorias asociativas, las redes de Hopfield, la máquina de Boltzmann y la máquina de Cauchy, las redes de aprendizaje competitivo, las redes de Kohonen o mapas autoorganizados y las redes de resonancia adaptativa (ART)

- Redes híbridas: son un enfoque mixto en el que se utiliza una función de mejora para facilitar la convergencia. Un ejemplo de este último tipo son las redes de base radial.

Clasificación en función del tipo de entrada. Finalmente también se pueden clasificar las RNA según sean capaces de procesar información de distinto tipo en:

- Redes analógicas: procesan datos de entrada con valores continuos y, habitualmente, acotados. Ejemplos de este tipo de redes son: Hopfield, Kohonen y las redes de aprendizaje competitivo.
- Redes discretas: procesan datos de entrada de naturaleza discreta; habitualmente valores lógicos booleanos. Ejemplos de este segundo tipo de redes son: las máquinas de Bolzman y Cauchy, y la red discreta de Hopfield.

Procedimiento para la utilización de Redes Neuronales en Pronósticos de Demanda.

En aproximación al procedimiento utilizado por **Sánchez (2003)** en pronósticos de variables financieras la construcción de una Red Neuronal Artificial para pronosticar la demanda requiere de 4 etapas (Ver Fig. 4):

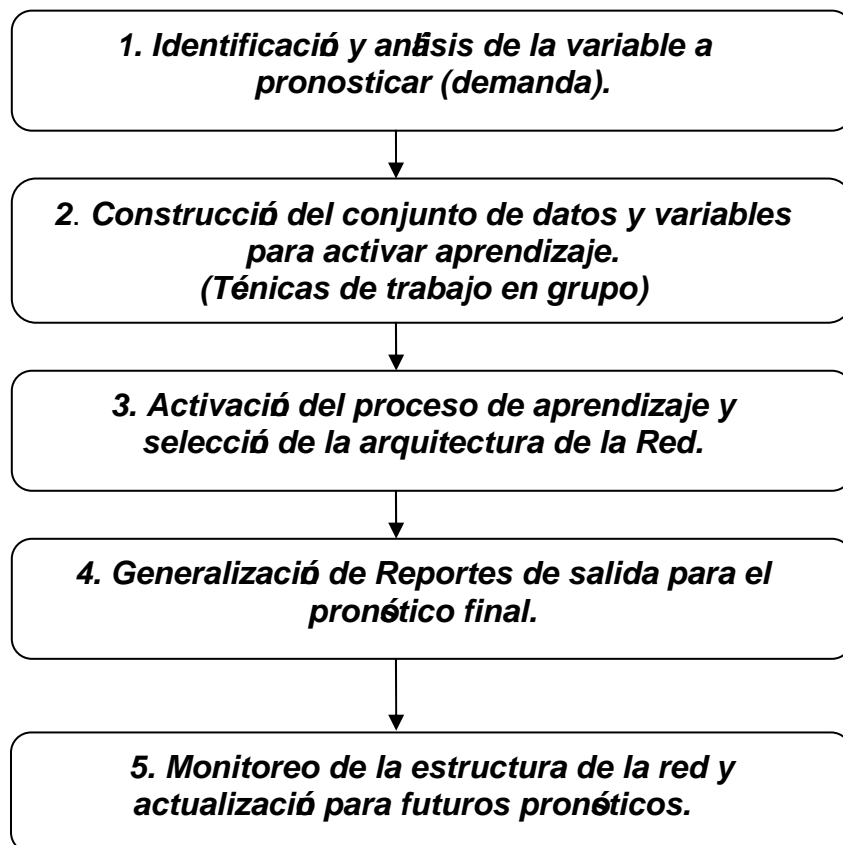


Fig. 4 Procedimiento para Pronósticos de Demanda utilizando RNA. Fuente: Elaboración propia.

1. Identificación y análisis de la variable que se va a pronosticar. En este caso la demanda para la empresa en que se desarrolla el estudio.

2. Construcción del conjunto de datos que permitirá activar el proceso de aprendizaje de la Red Neuronal Artificial.

Para esta etapa se recolecta, analizan y seleccionan las variables de entrada y salida. Aquí es donde aparecen las posibles variables que influyen en la demanda que se estudia.

3. Activación del proceso de aprendizaje, con la selección de la arquitectura y los parámetros necesarios para la definición de los pesos de la conexión entre las neuronas.

En esta etapa se pasa a seleccionar la arquitectura más adecuada para el proceso de aprendizaje.

Se establece el mecanismo de conexión de los nodos de entrada entre ellos y luego de la conexión de éstos con los nodos de salida, por medio de las capas ocultas.

Según **Sanchez (2003)** algunos elementos a tener en cuenta para la arquitectura son:

- ✓ La división temporal de la base de datos: Una vez que la variable de salida y el contenido de la base de datos se hayan definido, de lo cual se obtendrán las variables de entrada, las series de tiempo históricas deberán subdividirse en períodos de tiempo, lo que se delimitará por el proceso de aprendizaje y evaluación.
- ✓ El número de las capas ocultas y el número de neuronas que se van a insertar en cada capa: Existen métodos para la selección del número de capas y neuronas que se van a utilizar.
- ✓ Los mecanismos de conexión entre las diferentes capas: La experiencia en trabajos anteriores es la que aporta las mejores variantes.
- ✓ Las posibilidades de conexión que existen son:
 1. Conexión estándar: En este caso las conexiones son entre las capas de entrada y salida, pasando por una capa oculta.
 2. Conexión con salto: En el caso más simple, la capa de entrada se vincula, no solamente con la capa oculta, sino también con la capa de salida.
 3. Conexión recurrente: En este caso las conexiones proporcionan la posibilidad que las capas ocultas puedan retroalimentar a las variables de entrada, mediante procesos iterativos.
- ✓ La función de activación: Las funciones típicas de activación son Lineal, Logística, Sinusoidal, Gaussiana.
- ✓ Las reglas de aprendizaje: La selección de la regla de aprendizaje es problema muy particular, cuando se aplican las Redes Neuronales Artificiales, por cuanto se tiene que decidir qué tasa de cambio de la Red debe modificar la definición de los pesos de las neuronas. Si la tasa de cambio es muy alta, no se puede lograr la convergencia y nos veríamos en la situación de reducir la tasa de cambio. El proceso de aprendizaje de la Red pasa por un proceso progresivo que permita la mejor fijación de los parámetros correctos. La recomendación es que se eviten las variaciones radicales de los parámetros.
- ✓ Los indicadores de error de la Red Neuronal: Una vez que se han fijado las características iniciales de la Red Neuronal, se hace necesario determinar en qué momento se debe detener el proceso de aprendizaje. Estos criterios tienen que estar relacionados con el conjunto de pruebas.
Por otro lado, los parámetros de aprendizaje se relacionan con los indicadores de error, tales como:

- Error medio

- Error máximo
- Número de ciclos sin mejora en el error

Se puede fijar un valor para estos parámetros que permitan que la Red Neuronal se detenga cuando haya alcanzado el valor deseado. Otro criterio de aceptación es la convergencia. Si los errores se consideran modestos, pero la oscilación tiene una alta divergencia, es oportuno verificar la adecuación de los parámetros.

4. Generalización de los reportes de salida para el pronóstico de la variable.

Una vez que los indicadores son favorables para la Red Neuronal, es necesario verificar la bondad del pronóstico. Es posible que el modelo sea exitoso en la selección de los conjuntos de aprendizaje y de prueba, pero sea inadecuado en el proceso del pronóstico.

5. Monitoreo de la estructura de la red y actualización para futuros pronósticos.

El monitoreo de las variables debido a la actualización según los cambios en el entorno que influyen en la Red Neuronal pasarán a ser una necesidad en el proceso de aprendizaje para las futuras previsiones.

Conclusiones

La Previsión es un proceso de estimación de un suceso futuro basándose en consideraciones subjetivas diferentes a los simples datos provenientes del pasado; estas consideraciones subjetivas no necesariamente deben combinarse de una manera predeterminada.

Los principales métodos se dividen en 2 grupos:

- Las técnicas cualitativas se basan fundamentalmente en el conocimiento humano y efectúan las estimaciones futuras a partir de informaciones cualitativas tales como, opiniones de uno o más expertos, analogías, comparaciones, etc. En ocasiones son conocidas como técnicas subjetivas y en ellas, la distinción entre pronóstico y previsión no es tan acusada. Cuando no se dispone de información histórica al respecto son los únicos métodos utilizables.
- Las técnicas cuantitativas se apoyan en dos técnicas estadísticas convencionales: El análisis de series de tiempo o cronológicas y los modelos causales. Se parte de la información histórica recogida sobre las variables que tienen influencia en el proceso, y sobre ella, mediante técnica de tipo estadístico, se genera la previsión. No existen factores subjetivos de ningún tipo.

La utilización de una combinación de técnicas de ambos tipos, si se realiza adecuadamente pueden presenciarse buenos resultados.

Aquí se muestran los principales métodos, técnicas y procedimientos que se utilizan para la previsión de la demanda en las empresas.

Bibliografía

Alford, L. et al (1972). Manual de la Producción. Edición Revolucionaria. Ciudad de La Habana,

Anderson, D. y otros. Introducción a los modelos cuantitativos para la Administración. Grupo Editorial Iberoamericano.

Calero, A. Estadística III. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, (1986).

Companys, R. (1990). Previsión Tecnológica de la Demanda. Editorial Bolxeran Marcombo. España,

Davis, H.T. (1941). The Analisis of economic Time Series. Principia Press Bloomington. Indiana,.

Díaz, A. Producción, (1993). Gestión y Control. Editorial Ariel, Economía S.A. España,

Everett, E. et al (1991). Administración de la Producción y las Operaciones. Conceptos, Modelos y Funcionamiento. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México,

Fernández, E. (1993). Dirección de la Producción I. Fundamentos Estratégicos. Editorial Civitas S:A. España,

Ferrari Turbino, (1997). Dalvio. Manual de planejamento e controle da Producao. Universidad de Santa Catarina, Brasil,

Freund, J.E. (1960). Estadística Elemental Moderna. Ediciones Universidad de La Habana. Ciudad de La Habana,

Haykin, s. (1994) Neural Networks: A comprehensive foundation, NY, McMillan,

Hoel. (1981). Estadística Elemental. Capítulo 12-Análisis de la Varianza. MES (primera reimpression). La Habana,

Kazmier, L. Análisis Estadístico para la Empresa y la Economía Nacional. Editorial Pueblo y Educación. Segunda edición en español.

Lieberman, G.J. et al (1991). Introducción a la Investigación de Operaciones. Quinta edición. Editorial McGraw-Hill, S.A. de CV. México,

Lofli, V. et al (1986). Decision Support Systems for Production and Operations Management for use with IBM pc, Richard D. Irwin. Illinois,

Maynard, H.B. (1984). Manual de Ingeniería y Organización Industrial. Parte III, s/e,

Merril, W. (1981). Introducción a la Estadística Económica. Capítulo XI-Análisis variados de Series Cronológicas. MES (primera reimpression). La Habana,.

Mill, F.C. (1956). Statistical Methods. Segunda edición. Editorial Henry Holt. New York.

Neiswanger, W.A. (1956). Elementary Statistical Methods. Editorial McMillan. New York,.

Pérez Figueras, R. (1986). Pronóstico de la economía Nacional. Área de Ciencias económicas. Universidad de La Habana. Ciudad de La Habana,.

Prosper; García, Pablo (2004). La volatilidad implícita en las opciones sobre índices bursátiles. Propuesta de Metodología de Estimación. Documento de Trabajo 0407. Doctorado en Finanzas de Empresa, Universidad Complutense. Universidad Autónoma.

Riggs, J.L. (1984). Sistemas de Producción, Planificación, Análisis y Control. Editorial LIMUSA.

Rios, S (1983). Análisis Estadístico Aplicado. Tercera edición. Editorial Paraninfo, S.A. Madrid,.

Rodríguez, A. et al (1974). Estadística Matemática II. Facultad de Ingeniería Industrial. ISPJAE. La Habana,.

Sánchez, Jorge de Andrés, (2003). Dos aplicaciones empíricas de las Redes Neuronales Artificiales a la clasificación y la predicción financiera en el Mercado español”, Revista Asturiana de Economía No 28. p. 61- 87.

Schoeder, R.G. (1992) Administración de Operaciones. Tercera edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana de México,.

Smith, J.G. et al (1944). Elementary Statistics and Applications. Editorial McGraw-Hill. New York,.

Uriel, E. (1985). Análisis de Series Temporales. Modelos ARIMA. Colección Abaco Paraninfo, S.A. Madrid,.

Zurada, J.M. (1992). Intrduction to Artificial Neural Systems, Boston: PWS Publishing Company,