



TESIS DE GRADO
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**MÉTODO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA PARA
PRODUCTOS COMMODITY DE ESCASA
ELASTICIDAD**

Análisis del contexto, problemas de representación, modelos y métodos de pronóstico bajo condiciones de incertidumbre y cambio, aplicados a un caso real dentro del Supply Chain.

**METHOD FOR FORECASTING DEMAND OF
SCARCE ELASTICITY COMMODITY PRODUCTS**

Context analysis, representation problems, models and forecasting methods under uncertainty and change conditions, applied on a real case within the Supply Chain.

Por Guillermo Bergoc (Leg. 43022)
Tutor: Ing. Roberto Mariano García

AÑO 2007



TESIS DE GRADO
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**MÉTODO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA PARA
PRODUCTOS COMMODITY DE ESCASA
ELASTICIDAD**

Análisis del contexto, problemas de representación, modelos y métodos de pronóstico bajo condiciones de incertidumbre y cambio, aplicados a un caso real dentro del Supply Chain.

**METHOD FOR FORECASTING DEMAND OF
SCARCE ELASTICITY COMMODITY PRODUCTS**

Context analysis, representation problems, models and forecasting methods under uncertainty and change conditions, applied on a real case within the Supply Chain.

Por Guillermo Bergoc (Leg. 43022)
Tutor: Ing. Roberto Mariano García

AÑO 2007

DEDICATORIA

A mi familia: mis padres Silvia y Eduardo por su incondicional apoyo y formación a la que les estaré por siempre agradecido, y a mi hermano Gustavo por su constante ejemplo de grandeza que me ha forzado a intentar seguirle.

A mis amigos y amigas: quienes siempre toleraron sin quejas mis contadas desapariciones a los eventos sociales a los que tanto gozo asistir; y que cuando se puede me demuestran el verdadero valor de la amistad.

AGRADECIMIENTOS

A todos los docentes de estadística del ITBA, en orden cronológico: Mónica, Julia, Paco, Roberto ya que su pasión por la enseñanza, su claridad en la transmisión de los conceptos y paciencia instaron a realizar este trabajo.

Al departamento del CEOS del ITBA, quienes me dieron su apoyo y me enseñaron a pensar a través de modelos. Particularmente a Pablo Ciapanna cuya ayuda fue invaluable.

Al ingeniero Atilio Gallitelli cuya experiencia y conocimiento del Supply Chain ampliaron la visión de este trabajo.

A mi familia y amigos.

RESUMEN

La satisfacción de la demanda en las empresas y especialmente para aquellas que manejan las cadenas de suministros como un sistema integrado, se maneja en el corto y mediano plazo, generalmente, a través de Planes Maestros (MP: Master Plans). Cada área: Ventas & Marketing, Producción, Logística, Finanzas; determinará la cantidad (que y cuanto) y calidad (como), así como los tiempos (cuando) y recursos requeridos (con que) para el próximo período fiscal (usualmente anual).

Para la confección de dichos planes se necesita de un pronóstico de demanda. Esto quiere decir, una estimación de la cantidad, el momento y el lugar en donde se podrán presentar los pedidos, para luego definir cual debería ser la mejor manera de cumplimentarlos. Siempre dentro del marco delineado por la misión-visión de la empresa y las estrategias propias del negocio.

La complejidad de cálculo, en primera lugar, proviene de la propia interacción entre áreas del sistema empresarial donde se manifiestan los distintos horizontes de pronóstico requeridos. Este desfasaje entre funciones se representa claramente con un ejemplo: previo a vender un producto se debe haber realizado su elaboración y en una instancia aún anterior, el suministro de los recursos; todos ellos articulados de forma tal de aumentar el valor de la empresa ($MPV \& M \rightarrow MPP_{PRODUCCION} \rightarrow MPL_{LOGISTICA} \rightarrow MPF_{FINANCIERO}$). Esto sin mencionar otras líneas de conflictos que puedan presentarse como sucede ante la fijación de objetivos contrapuestos. En segundo lugar, no menos importante en la estimación del corto / mediano / largo plazo, proviene de la propia imperfección de los métodos empleados.

La mayoría de las empresas cuenta con un registro histórico de sus ventas sobre las cuales se puede realizar un gran número de algoritmos matemático-estadísticos para determinar un valor estimado de la demanda. Sin embargo, la estadística basada sólo en historia provee únicamente un valor inicial, o semilla, a partir del cual se deberán hacer los ajustes de acuerdo a los acontecimientos futuros deducibles del contexto que hacen a la realidad de la empresa.

En la actualidad los factores del contexto han adquirido tanto o más peso que la propia historia, en especial cuanto mayor es el horizonte de pronóstico. Las variables del ambiente y el entorno pueden tener impactos significativos. Ellas involucran por un lado: variables macroeconómicas que modifican los comportamientos de mercados locales (PBI, tasas de inflación, poder adquisitivo), como también aquellos acontecimientos coyunturales del país (época de elecciones, acontecimientos deportivos, períodos vacacionales, feriados, medidas geopolíticas: arancelarias y para-arancelarias – subsidios y retenciones). Por el otro el tamaño como mercado y los efectos por cambios del entorno globalizado (el mercado nacional y sus fuerzas frente a Brasil, frente al Mercosur, a América, al mundo; los efectos de cambios climáticos: Katrina, efectos económicos globales: Tequila, etc.).

Dado que no será posible tomar en cuenta todos los factores (por desconocimiento o simplemente practicidad y relevancia) se estará frente a un alto grado de incertidumbre. Para lidiar con ello, el pronóstico debe siempre aclarar los supuestos en los que se basa y proveer una estimación puntual junto a un intervalo de confianza de la aproximación.

La incertidumbre existirá siempre y en todos los campos empresariales. El pronóstico persigue la reducción del riesgo asociado al desplazamiento de la demanda futura a lo largo de la Supply Chain.

La clave para obtener resultados exitosos propuesta en este proyecto está basada en el proceso de control sobre tres elementos del pronóstico: los parámetros modelados, las variables de influencia (actuales y potenciales), así como las hipótesis que se asumen.

Esta base regular proveerá en el tiempo aprendizajes que se traduzcan en mejores estimaciones de ventas, cuya recompensa será contar con MPV&M, MPP y MPS que ayuden a una elaboración más precisa de la proyección de cuadros de resultados, de estados de balance estimados y flujos de caja esperados con los cuales poder negociar mejores tasas de financiación que redunden finalmente en el aumento del valor de la empresa (MPF – VAN) meta de toda compañía que persiga fines de lucro.

El siguiente proyecto final compila en sus primeros dos capítulos una serie de herramientas de probada calidad en la determinación de pronósticos y propone un método para la estimación de la demanda de productos para el corto plazo, dentro de la cadena de suministros, y basado en su aplicación exitosa a un caso real.

El caso trata los problemas involucrados en la estimación de las ventas de aceites lubricantes (al mercado local e internacional) para una empresa subsidiaria Argentina de una corporativa global. El mismo no sólo requirió una revisión de la metodología empleada y su implementación sino inclusive una guía en la gestión del cambio para los empleados y las funciones involucradas.

Si bien su alcance puede parecer limitado, su aporte representa una base para la elaboración de métodos genéricos que se refuercen a través de sucesivas líneas de investigación con el fin de ampliar su perspectiva agregando nuevas complejidades.

ABSTRACT

Demand satisfaction at enterprises, especially those which manage the supply chain as an integrated system, usually work in the short and middle term making use of what is called Master Plans. Each function: Sales & Marketing, Manufacturing, Logistics, Finance, determine quantity (what), quality (how), as well as time (when) and resources requirements for the next fiscal period (commonly on a year term).

For producing those plans a demand forecast is needed. That means, an estimation of how many quantities are going to be sold, its locations and associated time period in order to define the best way of fulfilling the requests, according to the mission-vision statements and business strategies.

Calculation complexity, on first place, arises from the enterprise system interaction of the functions itself where requirements on different time horizons appear. This lag between areas may be clearly represented by an example: previously to the process of selling a product it needs to be manufactured and before doing so all the supply resources would have to be available and articulated under a business plan in order to assure an adding value process. ($S \& MMP \rightarrow M_{ANUFACTURING}MP \rightarrow L_{LOGISTICS}MP \rightarrow F_{FINANCE}MP$). Not to mention, further conflict issues that might arise as a result of setting encountered objectives. On second place, not less significant than the previous mentioned, comes from the methods' own imperfection nature.

The vast majority of the enterprises count with a sales history database with which a great number of mathematic-statistical algorithms can be carried out to determine an estimated demand number. Despite its methodology, the statistic based solely on history provides only a starting value, or seed value, from which a set of adjustments must be taken into account to consider future context events that surrounds and define the enterprise reality.

Nowadays, context factors have acquired as much weight as history itself, if not more, especially on long term horizons. Surroundings and environmental variables might have significant impact. Among them, on one hand we have: macroeconomic variables that may modify local markets (GDP, inflation rates, purchasing power), as well as the country conjunctures' matters (elections, sports events or holidays periods, geopolitical measures such as customs duties: retentions and allowances benefits). On the other hand, local market size and the effects of changes in the globalized environment (Argentina domestic market and its forces compared with Brazil, with the Mercosur, the Americas, the world; climatic changes: such as Katrina; economic shocks: Tequila effect for instance, etc.)

Since not all the factors shall been taken into consideration (as not all the events are known or because of simply praticity or relevancy) the enterprise will be dealing with a high level of uncertainty. To cope with this situation, forecasts should always include the assumptions over which they are built, and besides providing a punctual estimation it must include an interval of its confidence.

Uncertainty will always exist in any enterprise field. The forecast pursue the reduction of risks associated to the demand deployment across the supply chain.

The key to success proposed on this project is based on the control process over three forecast elements: model parameters, influence variables (actual and potential) as well as the assumptions established.

This regular basis will provide, in time, knowledge that will be translated into better sales estimations, whose reward will be to count with master plans that will help in the elaboration of more accurate earning report projections, balance sheet estimates, and expected cash flows with which the companies may be able to negotiate better financial rates and thus obtain more value as a business, goal of any for-Profit Corporation.

The following Project compile on its first two chapters a series of probed quality tools for forecasting and proposes a method to estimate short term demand for products within a supply chain management based upon a successful real case implementation.

The case deals with the problems involved in the estimation of sales demand of lubricants for an Argentinean subsidiary of a global corporation. This not only required a review of the forecast methodology and its implementation but also needed a guide for the change management.

Despite its scope that might seem narrow, the method presented sets a basis for the beginning of any generic approach development method and in order to achieve that, successive new lines of researches shall be carried out to bring more perspectives to the problem and solve new complexities.

INDICE:

1. OBJETIVOS	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1. MARCO TEÓRICO	2
2.1.1. <i>Supply Chain. Definición y evolución del concepto.</i>	2
2.1.2. <i>Una visión del flujo de la demanda dentro del Supply Chain.</i>	4
2.1.3. <i>Pronósticos. Definición.</i>	7
2.1.4. <i>Los pronósticos dentro del Supply Chain</i>	7
2.1.5. <i>Los pronósticos y la planificación.</i>	10
2.1.6. <i>Los plazos y el horizonte de pronóstico.</i>	10
2.1.7. <i>Pronósticos de demanda: La demanda dependiente e independiente.</i>	12
2.1.8. <i>Niveles de agregación de productos en el pronóstico de variables</i>	12
2.1.9. <i>Tipos de mercado.</i>	14
2.1.10. <i>Tipos de bienes.</i>	14
2.1.11. <i>Sobre sistemas, modelos y procedimientos, métodos.</i>	16
2.1.12. <i>Clasificación de los métodos de pronóstico.</i>	17
2.1.13. <i>Estimadores. Definición y propiedades deseadas.</i>	19
2.1.14. <i>Introducción al análisis de series de tiempo.</i>	20
3. ESTADO DEL ARTE – METODOS Y APLICACIONES ACTUALES.....	27
3.1. MÉTODOS CUANTITATIVOS I: MODELOS POR EXTRAPOLACIÓN.....	28
3.1.1. <i>Modelos clásicos de descomposición.</i>	29
3.1.1.1. <i>Aditivo</i>	29
3.1.1.2. <i>Multiplicativo</i>	29
3.1.1.3. <i>Mixto</i>	30
3.1.2. <i>Modelos de descomposición a través de variables categóricas</i>	31
3.1.3. <i>Procedimientos de suavización y Métodos de suavización</i>	33
3.1.3.1. <i>Medias Móviles centradas (modelo tradicional o típico)</i>	33
3.1.3.2. <i>Alisado exponencial Simple (promedio móvil con ponderación exponencial)</i> ..	34
3.1.3.3. <i>Alisado exponencial Doble (nivel + tendencia)</i>	36
3.1.3.4. <i>Alisado exponencial Triple (nivel + tendencia cuadrática)</i>	37
3.1.3.5. <i>Suavización exponencial: Método Holt (nivel + tendencia)</i>	37
3.1.3.6. <i>Suavización exponencial: Método Winter (nivel + tendencia con estacionalidad)</i> 38	
3.1.4. <i>Modelos estocásticos</i>	40
3.1.4.1. <i>ARMA (p,q): Auto-Regressive (p) Moving Average (q)</i>	47
3.1.4.2. <i>ARIMA (p,d,q): Auto-Regressive (p) Integrated (d) Moving Average (q)</i>	48
3.2. MÉTODOS CUANTITATIVOS II: MODELOS REGRESIVOS O ECONOMETRICOS	49
3.2.1. <i>Modelos de regresión Simple y múltiple</i>	50
3.3. MÉTODOS CUALITATIVOS	55
3.3.1. <i>Delphi</i>	56
3.3.2. <i>Investigación de Mercado y analogía histórica.</i>	65
3.4. MÉTODOS ALTERNATIVOS Y/O COMPLEMENTARIOS.....	67
3.4.1. <i>Métodos gráficos</i>	68
3.4.1.1. <i>Gráficos de Dispersión / puntos</i>	69
3.4.1.2. <i>Gráfico de tendencias</i>	69
3.4.1.3. <i>Histograma</i>	70
3.4.1.4. <i>Correlogramas</i>	72
3.4.1.5. <i>Gráficos Circulares</i>	76
3.4.1.6. <i>Gráficos radiales</i>	76
3.4.1.7. <i>Diagramas de cajas - Boxplots</i>	77
3.4.1.8. <i>Diagramas en bloque o de Flujo</i>	78
3.4.1.9. <i>Diagramas causa y efecto</i>	79
3.4.2. <i>Técnica del grupo nominal</i>	81
3.4.3. <i>Análisis de campo forzado</i>	82
3.4.4. <i>Gráfico de Pareto</i>	84

3.4.5.	<i>Tormenta de ideas</i>	87
3.4.6.	<i>Modelos de regresión logística</i>	88
3.4.7.	<i>Modelos computacionales</i>	89
4.	CASO REAL DE ESTUDIO	90
4.1.	LA EMPRESA. SITUACIÓN Y CONTEXTO.	90
4.1.1.	<i>El negocio de lubricación en Argentina</i>	90
4.1.2.	<i>Funciones / Departamentos / Áreas del negocio</i>	93
4.1.2.1.	<i>Suministro y distribución (S&D – Supply & Distribution)</i>	93
4.1.2.2.	<i>Ventas y Operaciones (S&Op – Sales & Operations)</i>	94
4.1.2.3.	<i>El Planificador de la demanda: Demand planner</i>	96
4.2.	LOS PRODUCTOS: ACEITES LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES	97
4.2.1.	<i>Aceites lubricantes. Definición</i>	97
4.2.1.1.	<i>Atributos y propiedades</i>	97
4.2.1.2.	<i>Marcas y Posicionamiento de la empresa</i>	102
4.2.2.	<i>Tipo de productos</i>	102
4.2.3.	<i>Niveles de agregación</i>	103
4.2.4.	<i>Oferta de productos e Industrias de consumo</i>	104
4.2.5.	<i>Comercialización de productos</i>	106
4.3.	METODOLOGÍA DE PRONÓSTICO ACTUAL	108
4.3.1.	<i>Modelo de pronósticos</i>	108
4.4.	DEFINICIÓN DE LA NECESIDAD	110
5.	DESARROLLO	111
5.1.	IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	111
5.1.1.	<i>Diagrama de flujo</i>	111
5.1.2.	<i>Diagramas causa y efecto</i>	113
5.1.3.	<i>Escalera de los por qué</i>	114
5.2.	ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES	117
5.2.1.	<i>Prioridades. Aplicación de la regla 80-20</i>	117
5.2.2.	<i>Plan de Aplicación final y replicación</i>	117
5.3.	ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO	122
5.3.1.	<i>Estudio del patrón de demanda y resultados</i>	122
5.3.1.1.	<i>El sku. Participaciones dentro del canal. Información de ventas</i>	124
5.3.1.2.	<i>Histogramas</i>	124
5.3.1.3.	<i>Estudio de los momentos de primer orden</i>	126
5.3.1.4.	<i>Descomposición clásica por tendencia y estacionalidad</i>	127
5.3.1.5.	<i>Suavizado exponencial</i>	130
5.3.1.6.	<i>Estudio de la autocorrelación</i>	130
5.3.1.7.	<i>Regresión múltiple. Variables exógenas</i>	131
5.3.2.	<i>Estimación final</i>	133
5.4.	RESULTADO PARA EL MES DE JUNIO Y DISCUSIÓN	133
6.	CONCLUSIÓN: EL METODO	135
6.1.	PASO 0: CADA EMPRESA Y PAÍS FORMAN UN SISTEMA DIFERENTE	136
6.2.	PASO 1: ALINEAR LOS OBJETIVOS DE LAS DIVERSAS AREAS	138
6.3.	PASO 2: IDENTIFICAR Y DEFINIR EL PROBLEMA	139
6.4.	PASO 3: ESTABLECER PRIORIDADES Y PLAN DE REPLICACIÓN EN CASO DE SER NECESARIO	140
6.5.	PASO 4: ASIGNAR UNA PERSONA RESPONSABLE Y UN EQUIPO DE TRABAJO EN CASO DE SER NECESARIO	141
6.6.	PASO 5: RELEVAR EL CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLA LA DEMANDA DE PRODUCTOS DE LA EMPRESA	144
6.7.	PASO 6: DISEÑAR/REDISEÑAR EL SISTEMA DE PRONÓSTICOS	145
6.7.1.	<i>Depuración o filtro de la serie temporal</i>	145
6.7.2.	<i>Gráfica de evolución temporal de la serie</i>	145
6.7.3.	<i>Elección de métodos y modelos</i>	146
6.7.4.	<i>Análisis exploratorio. Estimación de parámetros y verificación</i>	146
6.7.5.	<i>Análisis confirmatorio, validación</i>	146
6.7.6.	<i>Determinación de los pronósticos y los errores asociados</i>	147

METODO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA

6.7.7.	<i>Mecanismos de control y actualización de parámetros.</i>	<i>147</i>
6.8.	PASO 7: METODO DE MAPEO DE PRODUCTOS EN BASE DE DATOS.	148
6.9.	PASO 8: REVISIÓN DEL PRONÓSTICO Y MITIGACIÓN DE ERRORES.	149
6.10.	PASO 9: CHECK LIST FINAL.....	152
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	153

INDICE DE FIGURAS:

Ilustración 2-1.....	5
Ilustración 2-2.....	5
Ilustración 2-3.....	9
Ilustración 2-4.....	20
Ilustración 2-5.....	23
Ilustración 2-6.....	23
Ilustración 2-7.....	24
Ilustración 2-8.....	24
Ilustración 2-9.....	25
Ilustración 3-1.....	34
Ilustración 3-2.....	35
Ilustración 3-3.....	40
Ilustración 3-5.....	69
Ilustración 3-6.....	70
Ilustración 3-7.....	71
Ilustración 3-8.....	72
Ilustración 3-9.....	75
Ilustración 3-10.....	76
Ilustración 3-11.....	76
Ilustración 3-12.....	77
Ilustración 3-13.....	78
Ilustración 3-14.....	80
Ilustración 3-15.....	81
Ilustración 3-16.....	82
Ilustración 3-17.....	84
Ilustración 4-1.....	91
Ilustración 4-2.....	92
Ilustración 4-3.....	92
Ilustración 4-4.....	93
Ilustración 4-5.....	95
Ilustración 4-6.....	98
Ilustración 4-7.....	100
Ilustración 4-8.....	102
Ilustración 4-9.....	103
Ilustración 4-10.....	104
Ilustración 4-11.....	105
Ilustración 4-12.....	105
Ilustración 4-13.....	106
Ilustración 4-14.....	107
Ilustración 4-15.....	108
Ilustración 5-1.....	111
Ilustración 5-2.....	112
Ilustración 5-3.....	113
Ilustración 5-5.....	119
Ilustración 5-6.....	120
Ilustración 5-7.....	121
Ilustración 5-8.....	124
Ilustración 5-9.....	124

Ilustración 5-10.....	125
Ilustración 5-11.....	125
Ilustración 5-12.....	127
Ilustración 5-13.....	127
Ilustración 5-14.....	129
Ilustración 5-15.....	130
Ilustración 5-16.....	130
Ilustración 5-17.....	131
Ilustración 5-18.....	132
Ilustración 5-19.....	134
Ilustración 5-20.....	134

1. OBJETIVOS

1. Lograr un método de análisis que permita la resolución apropiada de problemas de pronósticos dentro del Supply Chain, para el corto plazo de productos commodities de escasa elasticidad y que sirva como base en el desarrollo de métodos genéricos de pronóstico.
2. Realizar una compilación de las metodologías y modelos actualmente utilizados para pronósticos de demanda dentro del Supply Chain, destacando a nivel cualitativo sus virtudes y defectos.
3. Facilitar la comprensión del modelado traduciendo las fórmulas en conceptos y viceversa, destacando además, las distintas perspectivas que cada uno pueda brindar en el estudio del comportamiento de demandas dentro del Supply Chain.
4. Resolver la problemática del sistema de pronósticos a corto plazo de la empresa Exxonmobil de Argentina (Lubes&Specialities) para llegar a cumplir con dos de sus métricas actuales:
 - a. Una exactitud en el pronóstico por Sku (FA) del 80%.
 - b. Una la tasa de cumplimiento de pedidos (FFR) del 94%.a través de la aplicación de pronósticos consensuados que contemplen el “market intelligence” de las personas experimentadas.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Supply Chain. Definición y evolución del concepto.

La cadena de suministros (Supply Chain) es un proceso integrado que conecta a redes de proveedores, operaciones, y clientes. El Supply Chain consiste en un número de funciones, desarrolladas tanto dentro como fuera de las empresas, que le permiten operar la cadena de valor. Lo que implica realizar productos y proveer servicios valorados por los clientes, en la medida que satisfagan sus necesidades.

La logística es la parte del proceso de la cadena de suministros que gestiona el flujo y almacenamiento efectivos (en forma eficiente y eficaz) de bienes y servicios, así como la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el fin de satisfacer los requerimientos del cliente.

Podemos resumir entonces, tres características distintivas:

1. Tres etapas dentro de la gestión: La planificación, implementación y el control.
2. Comprende flujos y almacenamientos de: bienes (Materias primas, productos en curso y terminados) e información (en sentido contrario).
3. Su razón de ser es la satisfacción de las necesidades del cliente.

Durante la década del '90, las presiones competitivas y los cortos ciclos de vida de producto causaron que muchas empresas productoras y comercializadoras, se enfocaran en las prácticas y aplicaciones del manejo de la cadena de suministros. Junto a ello, el advenimiento del e-commerce y la Internet hizo que las compañías de diseño de softwares de management se transformaron en los grandes focos de inversión empresarial. Ello llevó al desarrollo de una gran serie de primeros sistemas de gestión integrados de MRP (Materials Requirements Planning), TQM (Total Quality Management), JIT (Just-In-Time), o CFM (Continuous Flow Manufacturing).

Clientes más demandantes y con necesidades sofisticadas esperan productos a medida, con tiempos de entrega cada vez menores. Las decisiones de compra basadas en disponibilidad, no sólo calidad y precio del producto crearon demandas orientadas a una oferta confiable, que privilegia la capacidad de planeamiento y adaptación de la producción.

Ciclos de vida de producto menores no sólo cambiaron la manera en que los productos son fabricados, sino la manera en la que los inventarios son manejados. Los esfuerzos generalizados se concentraron en reducir el capital inmovilizado en base a las filosofías de: "stock 0" lo cual, por supuesto, fue una visión que no todos podrían realizar.

Giros continuos en la situación geopolítica (UE, NAFTA, MERCOSUR, etc.) mercados emergentes (CHINA) abrieron nuevas oportunidades, al mismo tiempo que las compañías revisaban sus cadenas de valor (estructura organizacional, localizaciones de plantas y depósitos, modos de distribución, etc). Lo que es más, las empresas han entendido que para ser competitivos,

los socios que forman parte de la cadena de valor deben trabajar juntos y cerca.

Así, de a poco, la gestión del Supply Chain comenzó a ser un programa que parecía expandirse más allá de las cuatro paredes de las empresas al ritmo que se diseñaba a dos niveles: cross-organizacional (cruzando distintas áreas departamentales) e inclusive cross-empresarial (cruzándose con otras áreas de otras empresas).

Sin embargo, la falta de confianza en la mayoría les ha impedido adaptarse a las nuevas tecnologías de colaboración.

En adición a lo comentado, las presiones competitivas del último siglo se han exacerbado con una competición global que ha reducido los márgenes de ganancias, y junto con la incertidumbre y condiciones políticas y económicas han resultado en un incremento de los riesgos a lo largo de toda la cadena de valor.

Las compañías necesitan reaccionar más rápidamente a los cambios y también buscar nuevas formas de evitar riesgos, compartiéndolos con sus socios estratégicos a lo largo de la cadena.

Como resultado de las confianzas económicas y el entendimiento de las prácticas de gestión de la cadena de suministros, han surgido nuevas soluciones como el APS (Advanced Planning and Scheduling). Adicionalmente las numerosas aplicaciones de MRP II (Manufacturing Resource Planning), ERP (Enterprise Resource Planning) incorporadas, han logrado madurar el concepto y obtener así mejores programas (como los módulos SAP).

La adopción de Internet en algunos negocios ha incrementado la colaboración exitosa, al permitir el acceso a información desde cualquier punto de la cadena en forma simultánea. No obstante todos estos avances, se debe buscar una mayor diferenciación para lograrse la competitividad.

Se ha de mencionar que estas nuevas técnicas y prácticas de alta eficiencia en el manejo del Supply Chain no podrían estar siendo implementadas si no fuera por la rápida evolución en el procesamiento de la información y las tecnologías de comunicación. Ellas mismas son en la actualidad las verdaderas impulsoras de las nuevas olas de aplicaciones. Los crecimientos exponenciales en la velocidad de procesadores, la capacidad de memoria y anchos de son algunos ejemplos de ello.

Estos progresos hacen posible aplicaciones antes impensadas, especialmente en el campo de modelos cuantitativos para la toma de decisión. Métodos de investigación de operaciones tales como programación lineal, colas, teoría de inventarios, optimización estocástica están recibiendo mayor atención por parte de los gerentes de las empresas.

Del lado de las ventas, el movimiento desde precios de lista impresos a información de precios online comunicadas por Internet han abierto nuevas posibilidades para la flexibilización de los precios y nuevas gestiones de optimización de beneficios como el Revenue Management.

En lo que a compras se refiere, la conectividad entre productores y sus proveedores abren nuevas maneras de negociación de contratos de gestión. Con estas nuevas regulaciones por contrato, ambos pueden responder mejor a las incertidumbres en la demanda y sus riesgos asociados. Los contratos más flexibles requieren nuevos sistemas de soporte de decisión que contengan modelos más próximos a la complejidad (estocásticos frente a las técnicas determinísticas). Esto permite representar la naturaleza aleatoria de las

restricciones en la demanda y el abastecimiento, tiempos de producción y transporte, la disponibilidad de recursos, entre otros.

En los últimos años, las empresas han puesto su foco en la integración de los sistemas internos y los procesos involucrados en los negocios para reducir costos automatizando la mayoría de los procesos manuales, incluyendo aquellos asociados con la cadena de suministros.

Así como hacia adentro, las empresas han buscado la integración hacia fuera con socios proveedores (ejemplo: suministros de materias primas) y consumidores (ejemplo: distribuidores).

Incluso mientras se escribe esta introducción, muchas organizaciones industriales están activamente trabajando en estándares con el objetivo explícito de reducir los costos del proceso de integración.

Con el crecimiento antes mencionado de la conectividad y el poder computacional, nuevas aplicaciones emergen permitiendo no sólo mejorar la toma de decisiones a nivel empresarial, sino a todos los niveles de los distintos eslabones que integran a la cadena de valor.

Tecnologías de software como portales, Data Warehouses (DW: almacenes o bases de datos), sistemas de reportes, y procesamiento online (OLAP: on-line analytical processing), están proveyendo la visibilidad e información necesaria para la toma de decisiones.

El próximo paso es asistir a los gerentes en la toma de decisiones rápida y optimizar sus respuestas a situaciones inesperadas.

2.1.2. Una visión del flujo de la demanda dentro del Supply Chain.

El consejo de Supply Chain SCC (Supply-Chain Council¹) define un modelo inicial para poder comprender mejor los procesos involucrados en la cadena.

El modelo, llamado: SCOR-model (Supply-Chain Operations Reference) identifica cinco (5) procesos fundamentales: Planificación, suministros, producción/elaboración, entrega y devolución.

Las funciones pueden involucrar a muchos participantes y aspectos dentro de las industrias: desde el consumidor, la elaboración, distribución, ventas al por menor, transporte, almacenamiento, suplido de demanda y pronósticos.

Es importante comprender el alcance de cada proceso fundamental respecto a la función del negocio como un todo.

Dentro de la tarea de planeamiento, cada área de la empresa trabaja en el corto y mediano plazo a partir de los denominados planes maestros (MP – Master Plans). A grandes rasgos, cada área tendrá su plan maestro, generalmente anual y dentro del período fiscal, el cual traducirá las estrategias en tácticas y operaciones requeridas para llevar a cabo el suplido de pedidos.

¹ El Supply-Chain Council - SCC (<http://www.supply-chain.org/cs/root/home>) fue fundado en 1996 por Pittiglio Rabin Todd & McGrath (PRTM) y AMR Research. Es una asociación de intercambio (trade), sin fines de lucro y global, abierta a todo tipo de organizaciones. Posee cerca de 1000 miembros corporativos alrededor del mundo y ha desarrollado casos internacionales en Norte América, Europa, China, Japón, Australia, Nueva Zelanda, Sudeste asiático, Brasil y Sur de África. Actualmente se está buscando incorporar a la línea de desarrollos a casos dentro de América del sur e India. La membresía del Supply-Chain Council es otorgada primeramente a aquellas personas que representan a empresas que se desenvuelven dentro de los distintos eslabones que participan en la cadena de valor. Incluye a los productores, distribuidores, vendedores al menudeo y otros servicios.

El consejo se dedica a la mejora de la eficiencia de cada miembro de la cadena de suministros. Esto lo logra a través del esponsorio y brinda soporte a programas educativos incluyendo conferencias, estudios de benchmarking y elaboración de modelos (SCOR).

Como componente fundamental y común en la elaboración de los planes de cada área se precisa de un pronóstico de demanda.

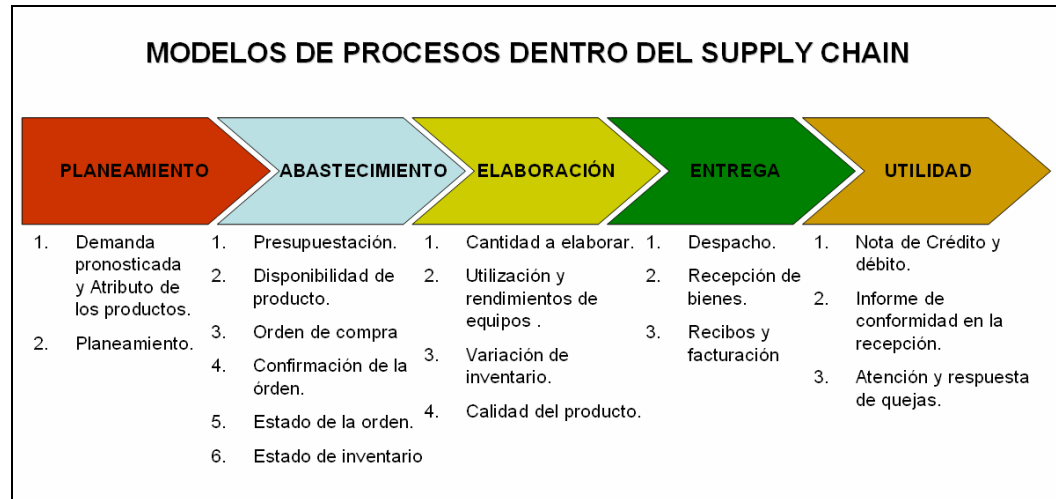


Ilustración 2-1

En función de ella, los vendedores planearán (MPV – Master plan de ventas) sus recorridos y gastos asociados, pero previamente deben contar con un plan de producción que les soporte.

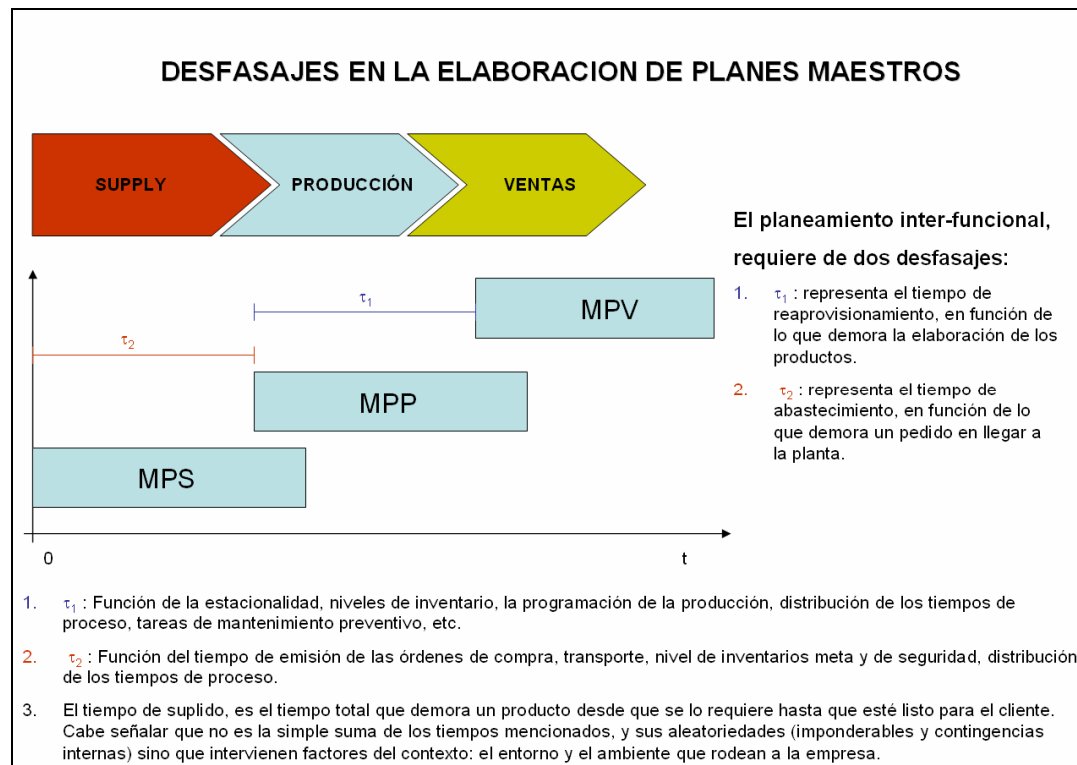


Ilustración 2-2

Por su parte el departamento de producción (MPP – Master plan de producción) a partir del pronóstico de ventas e información propia (niveles de inventario, capacidades de los recursos y recursos disponibles) determinará su

propio plan, pero a su vez también precisará de la ayuda del departamento de supply.

Supply se encargará de proveer al planeamiento (MPS – Master plan de supply) de los recursos que se necesiten para la elaboración de los productos, en función de los pronósticos y una vez más información propia del sector (inventarios, tiempos de entrega, tamaños de lotes, minimización de costos de órdenes de compra y gastos de envío).

Esta descripción simplificada alcanza a mostrar una realidad en las empresas que es el desfasaje que existe entre áreas. Ver la figura.

Más allá de la complejidad a nivel productivo, debido a la naturaleza aleatoria de los procesos (distinta de la determinística o invariable, ver ítem...) existe un contexto sobre el cual se desarrolla la empresa y que impactan en su desempeño, como son:

1. los factores del entorno: generalmente se refieren a las variables económicas y la coyuntura del país en donde se desarrolla la actividad. Ej: evolución del PBI, poder adquisitivo, tasas de interés, inflación, períodos de elección, medidas arancelarias y para-arancelarias (subsidios y retenciones), etc. Así como los competidores actuales (situación del Market share, fusiones / adquisiciones, salida o quiebra) y potenciales.
2. factores del ambiente: se refieren a los efectos globales, cada vez de mayor peso. Efectos económicos globales desde la suba de tasas de bonos estadounidenses libres de riesgo, hasta la caída de la bolsa China, efectos pasados como el Tequila, etc. Otro ejemplo, hoy por hoy el poderío a nivel de exportaciones e importaciones de China sobre la Argentina ha hecho que las bodegas en consignación y containers de exportación / importación sean escasos y sus precios estén tendiendo a la suba.

Esto sin olvidarse de los efectos climáticos, ej.: Katrina.

2.1.3. Pronósticos. Definición.

Pronosticar es emitir un enunciado sobre lo que es probable que ocurra en el futuro, basándose en el análisis estadístico y/o el criterio de expertos. Su fin es encontrar una estimación anticipada del valor de una o más variables.

Dos características definen a los pronósticos:

1. Todas las situaciones en que se requiere un pronóstico, tratan con el **futuro**, y el **tiempo** está directamente involucrado. Así, debe pronosticarse para un punto específico en el tiempo y el cambio de ese punto generalmente altera el pronóstico.
2. Otro elemento siempre presente en situaciones de pronósticos es la **incertidumbre**. Si el administrador tuviera certeza sobre las circunstancias que existirán en un tiempo dado, la preparación de un pronóstico sería trivial.

Se debe tener en cuenta que todo pronóstico es esencialmente la enunciación de una mera posibilidad. No significa, por más sofisticado que sea el método utilizado, que el comportamiento de un mercado se ajuste al pronóstico enunciado. Es simplemente la alternativa más viable que se encuentra, luego de hacer una serie de razonamientos basados en la intuición, consultas a diversas personas, la experiencia, la opinión de expertos y el análisis estadístico entre otros elementos.

Lo que propone el siguiente proyecto es un estudio minucioso de la demanda con el objetivo de evidenciar los factores que explican su variación, y con un claro propósito de poder influir y anticiparse a dichos movimientos a través de planes de acción.

2.1.4. Los pronósticos dentro del Supply Chain

El pronóstico para el caso de la demanda futura de un producto o servicio conforma la base de toda planeación estratégica y toma de decisiones en el Supply Chain, como ya se vio anteriormente.

La necesidad del pronóstico radica en que todas las organizaciones operan en una atmósfera de incertidumbre y que, a pesar de ello, se deben tomar decisiones que afecten el futuro de la organización.

Debido al mundo cambiante en el que operan las empresas, siempre ha existido la necesidad de hacer pronósticos. Sin embargo, en los últimos años, se ha incrementado la incertidumbre producto del aumento de complejidad en cuanto al número de factores económicos y a la interacción entre ellos. Nuevas tecnología y nuevas disciplinas aparecieron, trayendo como consecuencias una actividad gubernamental intensificada en todos los niveles; competencias más cerradas en muchas áreas; mayor número de industrias abiertas al comercio internacional; crecieron y se crearon nuevas agencias de ayuda y servicios (conceptos como el outsourcing).

Por fortuna, al mismo tiempo ha aumentado la capacidad predictora así como las técnicas que abarcan una amplia gama de manipulación de datos. Las computadoras, junto con las resoluciones cuantitativas que hacen posible, se han vuelto altamente recomendables en las organizaciones modernas, hasta el punto de ser esenciales.

Las dificultades antes expuestas generan una enorme cantidad de datos y una extrema necesidad de extraer información útil. Es por ello que las herramientas

modernas de pronóstico, junto con la capacidad de procesamiento se han hecho indispensables para las firmas que operan en el mundo moderno.

Casi cualquier compañía, grande y pequeña, publica y privada, utiliza el pronóstico ya sea implícito o explícito, debido a que ellas deben planear como enfrentar las condiciones futuras sobre las cuales tienen un conocimiento imperfecto.

La necesidad de hacer pronósticos cruza todas las líneas funcionales lo mismo que a todo tipo de organizaciones. Se requiere hacer pronósticos en las áreas de finanzas, comercialización, personal y de producción, tanto en organizaciones gubernamentales, como aquellas que persigan o no fines de lucro, tales como pequeños clubes sociales y en los partidos políticos nacionales.

Siendo una herramienta clave tiene como principal función la de reducir los riesgos en la toma de decisiones. Las técnicas de pronósticos al disminuir la incertidumbre sobre el futuro, permiten estructurar planes y acciones congruentes con los objetivos de la organización, así como también tomar acciones correctivas apropiadas y a tiempo cuando ocurren situaciones fuera de lo previsto.

Su implicancia en cualquier empresa se traduce en que cuanto más acertados resulten mayor será la disponibilidad de recursos con las que se cuente.

El amplio espectro de aplicaciones incluye:

- Mercadotecnia o Marketing:
 - o Tamaño del mercado – Demanda total de productos,
 - o participación en el mercado,
 - o tendencia de precios,
 - o desarrollo de nuevos productos.
- Producción:
 - o Costo y disponibilidad de materia prima, semielaborados, repuestos, mano de obra,
 - o requerimientos de mantenimiento,
 - o capacidad disponible de la planta para la producción.
- Finanzas:
 - o Tasas de interés,
 - o cuentas de pagos lentos.
- Recursos Humanos:
 - o Número de trabajadores,
 - o rotación de personal,
 - o tendencias de ausentismo,
 - o tendencia de llegadas tarde.
- Planeación Estratégica:
 - o Factores económicos,
 - o cambios de precios,
 - o costos,
 - o crecimiento de líneas de productos.

Las citadas son sólo algunos ejemplos de sus usos. Cabe señalar que de todos ellos el pronóstico de la demanda es una de las tareas más importantes en la evaluación de proyectos de inversión. El pronóstico debe realizarse durante el proceso de estudio y planeación, y con él se determina los objetivos de la compañía en lo relacionado con ingresos esperados, costos y utilidades

METODO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA

estimadas. A partir de los cuales, se irán diagramando los planes: en función de estrategias, tácticas y operaciones que se requieran para alcanzarlos. Su grado de vinculación a lo largo del desarrollo de los proyectos puede apreciarse en el siguiente esquema.

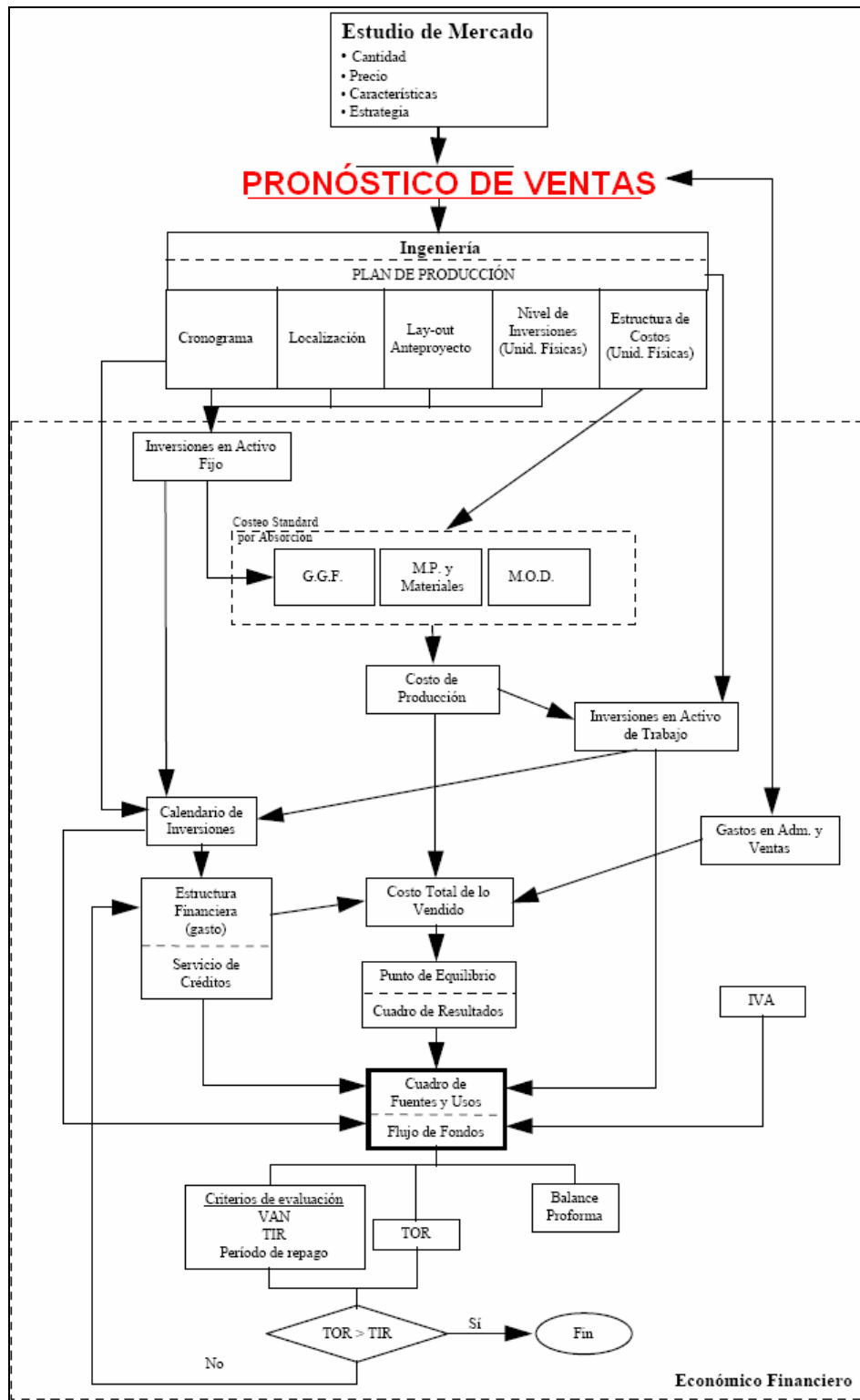


Ilustración 2-3

2.1.5. Los pronósticos y la planificación.

Si bien la planificación y el pronóstico de las ventas son términos que a menudo se confunden, aunque relacionados entre sí, poseen propósitos claramente distintivos. Un pronóstico no es un plan, sino más bien una declaración y/o apreciación cuantificada de las futuras condiciones que rodean a una situación o materia en particular, basada en uno o más supuestos explícitos. Un pronóstico debe manifestar siempre los supuestos en los que se basa. Dicho de otra manera, el pronóstico estima *como se verá el futuro*, mientras que el plan pretende determinar *como debería verse*.

Un pronóstico debe verse sólo como uno de los insumos en el desarrollo de un plan. La administración de una compañía puede, tal vez: aceptar, modificar y / o rechazar el pronóstico. En cambio, un plan incorpora las decisiones de la administración, las cuales se basan en ese pronóstico, y en otros aspectos tales como el volumen de las ventas, precios, esfuerzos de venta, producción, financiamiento y políticas internas y externas.

Las técnicas de pronóstico que pueden emplearse para complementar el sentido y la capacidad administrativa de los que toman las decisiones son elementos de juicio en el proceso de pronóstico. Quienes toman la decisión lo harán mejor si a partir de su comprensión, tanto cualitativa como analítica (cuantitativa), las utilizan de manera adecuada, en vez de ser forzados a planear el futuro sin el beneficio de esta valiosa información complementaria.

En los últimos años, el papel del pronóstico con base en el juicio ha cambiado. Antes de la llegada de las técnicas modernas de pronóstico y del poder de las computadoras, el juicio del administrador era la única herramienta de pronóstico disponible. No existe evidencia de que los pronósticos basados solo en juicios no sean tan precisos como aquellos que emplean la aplicación de técnicas cuantitativas.

El ser humano posee un conocimiento único e información interior que no están disponibles en los métodos cuantitativos. Sin embargo, de manera sorprendente, nuevos estudios empíricos y experimentos de laboratorio han demostrado ser más precisos. El ser humano tiende a ser optimista y subestimar la incertidumbre del futuro. Además el costo del pronóstico con métodos de juicio es a menudo considerablemente más alto que cuando se utilizan métodos cuantitativos.

2.1.6. Los plazos y el horizonte de pronóstico.

El tiempo, como se puede apreciar, rige muchas de las actividades cotidianas. El distribuir el tiempo disponible de manera óptima es un objetivo común en las organizaciones privadas, públicas e individuos. Para lograrlo es necesario hacer predicciones adecuadas de las actividades futuras y tomar acciones de acuerdo a ellas.

Para los negocios y la administración pública son muy importantes predicciones tanto a corto como a mediano y largo plazo.

Las primeras contemplan comúnmente plazos de no más de seis (3) meses e impactan sobre la planeación de la manufactura de productos, inventarios, promociones y cambios de precios. En dicho plazo se pronostican ventas, precios de mercado, demanda de otros artículo, variables que a su vez reflejan

la necesidad de empleo temporal, gastos de capital a corto plazo y procedimientos de inventario.

Los pronósticos de largo plazo contemplan a menudo períodos de dos a diez años al futuro y se utilizan en la planeación estratégica respecto a la incorporación de nuevos productos e inversiones de capital, la descentralización de divisiones, cambios de equipos de ventas, apertura de nuevos territorios, adquisición de nuevas compañías, etc. Cabe señalar que cuanto mayor sea el plazo sobre el cual se pretenda realizar la estimación, mayor será la incertidumbre asociada y por tanto menor la exactitud en de dicha predicción.

Adicionalmente, se torna indispensable el pronóstico para presupuestar adecuadamente el tiempo y los recursos. Dado que no es posible contemplar todos los factores que influyen en el comportamiento (por practicidad y/o capacidad) todo lo que puede esperarse es que los beneficios obtenidos por los pronósticos sobrepasen el costo de oportunidad al no predecir. Dentro de esos beneficios se incluyen aquellos no monetarios, que involucran al conocimiento del hombre de negocio y su aprendizaje al considerar cuáles son los elementos que afectan al comportamiento de la serie bajo análisis.

Por último, si bien no es el objetivo del trabajo tan importante como la elaboración del pronóstico es el tratamiento que se le de a la mitigación de los errores. Métodos de escenarios, políticas de stocks y otras herramientas complementarias deben ser analizadas.

2.1.7. Pronósticos de demanda: La demanda dependiente e independiente.

Se entiende por demanda independiente aquella que se genera a partir de decisiones ajenas a la empresa, por ejemplo la demanda de productos terminados acostumbra a ser externa a la empresa en el sentido en que las decisiones de los clientes no son controlables por la empresa (aunque sí pueden ser influidas). También se clasificaría como demanda independiente la correspondiente a piezas de recambio.

Por otro lado, la demanda dependiente es la que se genera a partir de decisiones tomadas por la propia empresa, por ejemplo aún si se pronostica una demanda de 100 para un producto en el mes próximo (demanda independiente) la Dirección puede determinar fabricar 120 este mes, para lo que se precisaran 120 unidades de materias primas y 10 subproductos semielaborados. La demanda de estos últimos es dependiente de la decisión tomada en primera instancia.

Así, mientras los productos finales y los intermedios que se venden como repuestos están sujetos a la variabilidad del mercado y por tanto están sujetos a una demanda independiente, los demás productos intermedios y las materias primas estarán sujetos a una demanda dependiente ya que se deriva de las necesidades de productos de demanda independiente.

De esta forma puede apreciarse donde debe hacerse el foco. Si establecemos una estimación para los artículos sujetos a demanda independiente, el resto de los productos podrán planearse y calcularse de forma automática sabiendo la estructura de partes de cada uno de ellos.

2.1.8. Niveles de agregación de productos en el pronóstico de variables

Los productos dentro de las empresas pueden ser agrupados bajo distintas categorías para su correcto manipuleo y control, movimientos, almacenamientos, etc.

La mínima expresión o el menor estado de agregación de un producto lo establecen las “unidades de stockeo” o SKUs (stock keeping units). Estas se definen como la combinación de materiales (número de items/ identificador único de producto) con una locación específica (el lugar donde el producto está físicamente ubicado o almacenado en un punto dado).

Usualmente, en materias de pronóstico se da el caso en el que existe la necesidad de agrupar y/o sumar SKUs bajo un mismo producto (nivel inmediato superior al sku) o familia de productos (mayor a este último). Este proceso es denominado agregación.

La agregación puede deberse a que distintos SKUs no difieran en cuanto a materias primas y por ende no se precisa más que un estimado del total. Genéricamente hablando, un grupo puede estar basado en productos que utilicen un recurso crítico común de tal manera que el forecast pueda ser comparado contra la disponibilidad de tal recurso. Otros ejemplos pueden incluir grupos de consumidor, canales de venta o segmentos de mercado. Un importante punto a la hora de realizar agregados es que los pronósticos individuales necesitan ser convertidos a una unidad de medida común antes de sumarse como volumen, peso, moneda.

Por el contrario, la desagregación es el proceso opuesto, donde dado el pronóstico para un grupo o familia de productos se distribuye ese total en cada una de las SKUs individuales. La porción del grupo o familia que se destinan a cada SKU, está basada en un factor calculado usualmente por medio de información histórica.

La mayoría de las empresas trabaja con pronósticos a nivel agregado para luego distribuirlo a lo largo de los distintos SKUs. Esto se debe a la relativa mayor facilidad en el cálculo y a un mayor planeamiento de producto que esto permite.

Cabe señalar que al trabajar con pronósticos desagregados y luego su suma, en la agregación los errores de pronóstico se suman y tienden a ser mayores.

No obstante, en el caso de trabajar a través de MRPs (Material requirement planning o planeamiento de requerimientos de material) se pueden desagregar los productos en materias primas totales requeridas. Esto puede verse como un cambio de agregación, en rigor un estado de desagregación por producto/agregación por materias primas, que puede hacer que los errores de pronóstico individuales se compensen y faciliten la función de predicción.

2.1.9. Tipos de mercado

El mercado es el conjunto de todos los compradores reales y potenciales de una oferta de mercado.

Existen distintos tipos de mercado: potencial, disponible, disponible calificado, meta y penetrado.

El tamaño de un mercado (demanda) depende del número de compradores que podría haber para una oferta de mercado dada.

El mercado potencial es el conjunto de consumidores que manifiestan un nivel de interés suficiente por una oferta de mercado.

El interés de los consumidores no bastan para definir un mercado. Los consumidores potenciales deben tener suficientes ingresos y deben tener acceso a la oferta del producto.

El mercado disponible es el conjunto de consumidores que tiene interés, ingresos y acceso a una oferta dada.

En el caso de algunas ofertas, la empresa o gobierno podría restringir las ventas a ciertos grupos: ej. Cigarrillos, motocicletas, bebidas alcohólicas. El conjunto de adultos elegibles constituyen el mercado disponible calificado: el conjunto de consumidores que tienen interés, ingresos, accesos y calificaciones para la oferta de mercado en cuestión.

Una empresa puede dirigirse a todo el mercado disponible o concentrarse en ciertos segmentos. El mercado meta (a veces llamado mercado servido) es la parte del mercado disponible calificado al que la empresa decide dirigirse.

La empresa terminará vendiendo a cierto número de compradores de su mercado meta. El mercado penetrado es el conjunto de consumidores que está comprando el producto de la empresa.

2.1.10. Tipos de bienes.

Es claro que a diferentes bienes, obtendremos distintos comportamientos por parte de los clientes.

Según su durabilidad y tangibilidad, los productos pueden clasificarse en tres grupos:

1. **Bienes no durables:** Son productos tangibles que normalmente se consumen en un solo uso, o unos cuantos: por ejemplo, cerveza y jabón. Dado que estos productos se consumen con rapidez y se compran a menudo, la estrategia apropiada es ofrecerlos en muchos lugares, cobrar un sobreprecio pequeño y anunciarlos intensamente para inducir al ensayo y crear preferencia.
2. **Bienes duraderos:** Son productos tangibles que sobreviven a muchos usos, tales como el refrigerador y la ropa. Normalmente requieren ventas y servicios más personales, tienen un margen más amplio y requieren más garantía de la parte vendedora.
3. **Servicios:** Los servicios son productos intangibles, inseparables, variables y perecederos. Por ello, los servicios normalmente requieren más control de calidad, credibilidad del proveedor y adaptabilidad. Ejemplo: reparaciones.

Desde el punto de vista del consumidor, la amplia gama de bienes se puede clasificar de acuerdo a:

1. **Bienes de conveniencia:** Son productos que el comprador por lo general adquiere con frecuencia, de manera inmediata y con un mínimo esfuerzo. Ejemplos: Cigarrillos y periódicos.
Estos a su vez, pueden dividirse en productos de uso común (se adquieren regularmente), de impulso (se adquieren sin planearlo y sin esfuerzo alguno), de emergencia (cuando se está frente a una necesidad urgente).
2. **Bienes de comparación:** Son productos que el cliente, durante el proceso de compra, suele comparar con base en su idoneidad, calidad, precio y estilo. Ejemplo: muebles, ropa, autos.
A su vez, pueden dividirse en homogéneos (similar calidad y amplio rango de precios), heterogéneos (difieren en funciones y servicios y llegan a ser más importantes que el precio).
3. **Bienes de especialidad:** Son productos con características exclusivas o identificación de marca por los cuales un número suficiente de compradores está dispuesto a hacer un esfuerzo de compra especial. Ejemplo: automóviles, trajes para caballero.
4. **Bienes no buscados:** Son productos que el consumidor no conoce o normalmente no piensa comprar. Este tipo de productos requiere apoyo de publicidad y ventas personales. Los detectores de humo son bienes no buscados hasta que el consumidor se entera de ellos por publicidad. Lo mismo ocurre con aceites para el motor cuyas ventas son impulsadas por los engrasadores en estaciones de servicio.

2.1.11. Sobre sistemas, modelos y procedimientos, métodos.

Los sistemas junto con el conjunto de modelos y métodos de pronósticos, han ido evolucionado a lo largo de la historia del desarrollo cognitivo. Hoy en día hay varias formas de clasificación y denominación que pueden llevar a confundir el significado de algunos términos, en especial a la hora de ser empleados. Es por ello que como primer paso se enuncian, a continuación, algunas definiciones bases sobre las cuales versa este proyecto.

Un sistema es un conjunto de elementos que, vinculados, forman una estructura. La misma es la determinante del patrón o comportamiento sistémico característico, cuyas propiedades emergentes difieren de aquellas que poseen sus componentes elementales aislados. Es la estructura la que determina la complejidad de los sistemas, al contrario de la natural concepción del número de variables que intervienen en una dada problemática.

Llamaremos modelo, a la representación simplificada (aproximación) de un sistema real complejo que se realiza con el propósito de poder comprenderlo y estudiarlo. Esta es una abstracción de la realidad que requiere, no obstante, un nivel de detalle suficiente como para poder obtener conclusiones válidas extrapolables acerca de su comportamiento real.

El modelo incluye a todos los componentes del sistema que son relevantes para su estudio, generalmente relacionados a través de un número dado de parámetros y constantes, arreglados bajo una expresión o fórmula matemática. Lo que hace a un modelo es su lógica, evidenciada a través de la forma en la que pretende estructurar el comportamiento de la variable a pronosticar, y los parámetros que mejor se ajustan a los valores históricos registrados.

Se define como procedimientos, a la forma, modo o pasos que se siguen para hallar los valores de los parámetros y constantes de un modelo. Es el procedimiento, quien en última instancia, cuantifica y ajusta el modelo a la realidad que se desea estimar.

La literatura a menudo confunde los términos de procedimientos y métodos. El método es un enfoque global con una visión macro e integradora que se propone acotar la línea de investigación hacia un análisis cualitativo o cuantitativo. No obstante, se lo puede vincular al procedimiento como el método de estimación de parámetros para un modelo.

Por último llamaremos modelado a la combinación del modelo y procedimiento, es decir, al proceso involucrado en la generación del modelo con el que se representa a un sistema.

Bajo estas definiciones, debe quedar claro que para un mismo modelo puede y de hecho existen varios procedimientos para hallar sus parámetros. A su vez, en la manera que se apliquen distintas formas de cálculo se podrán encontrar distintos valores que redunden, finalmente, en modelos diferentes.

A lo largo del desarrollo de la técnica fueron considerables los intentos por encontrar el modelo óptimo, es decir, la mejor forma de representación. Lo que implica determinar un mejor modelo y método para atacar cualquier problemática referida a la predicción de valores futuros.

A la fecha, tras una larga y ardua serie de esfuerzos (como los M1/2/3 competition llevada a cabo por Spyros Makridakis y otros estadísticos de primera línea), se llegó a la conclusión de que tal cosa no existe. Cada modelo y método debe ser testeado en búsqueda de aquel que sea más apropiado en

función del contexto en el que se halle cada caso. Lo que es más, en ocasiones el método más simple puede ser el más efectivo.

2.1.12. Clasificación de los métodos de pronóstico

Cada método ataca al problema de pronósticos desde una óptica diferente. Lejos de establecerse una competencia entre ellos, se busca llegar a una combinación de tal manera de aprovechar las ventajas que pueda ofrecer cada uno de los enfoques. Desde la parquedad, simpleza, rapidez y bajos costos en la elaboración de algunos, hasta la complejidad y alta performance de otros; los métodos pueden dividirse en:

1. **Cualitativo:** Son netamente subjetivos. Se basan en el juicio y opinión de la persona encargada de realizar la estimación. Son útiles en los casos en los que se dispone de pocos datos históricos, cuando los plazos requeridos superan los tres años o cuando se cuenta con expertos que poseen “inteligencia del mercado” crítica en la evaluación de la variable a predecir. Los modelos incluyen, desde juicios ajenos, estructurados y no estructurados, con o sin retroalimentación (feedback): métodos Delphi, métodos basados en teoría de juegos, autosuficientes (bootstrapping), de descomposición, sistemas expertos; a juicios propios por medio de simulación interactiva de roles y análisis de conjunto (conjoint analysis), entre otros.
2. **Cuantitativo:** Utilizan métodos matemático-estadísticos para la predicción de valores a futuro. Dentro de éstos se distinguen los modelos dinámicos, cuyos parámetros se actualizan a lo largo del tiempo y como contraposición, los estáticos que cuyas constantes características son iguales a lo largo de los sucesivos períodos. De acuerdo a la forma de llegar a la expresión final tenemos modelos:
 - 2.1. **Causal, econométrico clásico o por regresión de variables exógenas:** involucra suponer que existe una correlación entre la variable a explicar y otra u otras explicativas. Es utilizado cuando se trabaja en el corto al medio plazo (horizonte temporal menor a los tres años). Generalmente las variables explicativas son factores del ambiente, exógenas, y previo a determinar la evolución de la variable deseada se debe hallar estimaciones respecto a los movimientos de las variables explicativas. Esto requiere, de alguna manera del estudio sistémico de más de una variable, en pos de evidenciar posibles correlaciones del tipo causa-efecto. Se utilizan modelos lineales de regresión simple o múltiple.
 - 2.2. **Por extrapolación de series temporales, regresión por variables endógenas o autorregresivos:** Utilizan datos históricos, o información del pasado de la variable para predecir sus valores futuros. Se basan en la hipótesis de que la evolución histórica de la variable proporciona información suficiente y susceptible de ser modelizada, a través de la adecuada especificación de desfases y de su estructura probabilística. Es decir parte del supuesto de que el pasado es un buen indicador de lo que devendrá en el futuro. Estos métodos son apropiados cuando se trabaja en el corto plazo (hasta tres o seis meses) o cuando la situación contextual es estable y el patrón que sigue no varía significativamente de un año a otro. Son los más simples y suelen ser un buen punto de

partida. Dentro del mismo existen modelos para series univariadas y multivariadas. Incluyen el análisis clásico (determinístico) de series por descomposición en forma multiplicativa o aditiva de sus componentes elementales: tendencia, variaciones cíclicas, estacionales y término de error a través de modelos de regresión lineal por medio de variables binarias/catóricas, modelos autorregresivos (AR), de medias móviles (MA), suavizado exponencial (simple, método Holt y método Winter), entre otros. Actualmente, los métodos modernos (Box-Jenkins) estudian a las series como procesos estocásticos, lo que ha llevado al desarrollo de los modelos ARIMA(p,d,q), de regresión espuria o casuales y sus derivados.

- 2.3. Simulación: es la reproducción por imitación de un sistema o un proceso del mundo real durante un período de tiempo. Ello involucra la generación de una historia artificial a través de la experimentación sobre modelos, y su posterior procesamiento para la comprensión y aprendizaje del comportamiento de la variable a explicar. En caso de modelos probabilísticas es susceptible de tratamientos por simulación, mientras que en casos de modelos determinísticos se suele referir a los mismos como simulación por Montecarlo. Desde un punto de vista complementario a los demás métodos, la simulación suele utilizarse para evaluar la sensibilidad de los modelos frente a variaciones en los parámetros, así como también para un mejor ajuste en la estimación de los mismos.

Características de los pronósticos y modelado:

1. Los mismos no son perfectos en sus predicciones. Por lo tanto debería incluirse no sólo el valor esperado sino además una medida del error que trae aparejado. Esto suele dificultarse en los casos de métodos cualitativos.
2. Los pronósticos traen mayor incertidumbre y por tanto un error implícito mayor cuanto más amplio sea el horizonte temporal de aplicación.
3. Los modelos agregados usualmente son más precisos que aquellos desagregados. Los primeros suelen poseer un menor desvío estándar respecto a la media.
4. Todo modelo parte de un conjunto de hipótesis. Es necesario explicitarlas para su mejora y control en el tiempo.

Una advertencia

Es necesario advertir respecto a una cuestión clave. Cualquier modelo de pronóstico es una aproximación a la realidad, aquellos que se basan únicamente en los resultados de fórmulas matemáticas (modelos automáticos) deben ser aplicados con minucioso cuidado de las restricciones sobre las que sus hipótesis son válidas. Existen áreas en donde la precisión pretendida es inalcanzable y en su afán de acotar errores, el estadístico puede rápidamente percatarse que el juicio y la experiencia son probablemente mejores guías para el futuro que las formulaciones matemáticas sofisticadas. Es importante en este sentido ser honestos con uno mismo. Sin embargo, no hay que desprestigiar las bondades de los modelos estadísticos como herramientas de ayuda ya que ellas le permiten al analista llegar a una mayor comprensión de la naturaleza compleja de los problemas y reducir una porción de la incertidumbre que se le presente.

2.1.13. Estimadores. Definición y propiedades deseadas.

En el pronóstico de variables interviene un concepto fundamental que es la utilización de estadísticos (o estimadores) y su estimación.

Cuando se extrae una muestra de un universo de datos del que desconocemos alguno de los parámetros que lo caracterizan, tiene interés cuestionarse cómo utilizar la información muestral para obtener una idea acerca del valor del parámetro desconocido. A la función utilizada para resumir la información muestral en un número, que se asociará al parámetro desconocido, se la llama: estadístico o estimador, y al valor que toma para una muestra determinada: estimación.

Un estimador, siendo una función de la muestra, es una variable aleatoria y tiene su propia distribución de probabilidad.

Se suele denotar como θ al parámetro desconocido y $\hat{\theta}$ al estimador utilizado.

Por lo tanto, dado un parámetro de interés, el objetivo de la estimación es emplear una muestra para calcular un número que represente en algún sentido una buena presunción para el verdadero valor de dicho parámetro. Este valor se obtiene al seleccionar un estadístico **apropiado** y calculando su valor a partir de la información muestral dada. Al número resultante se lo llama estimación puntual y se lo suele acompañar con una medida de su variación a través de un rango que recibe el nombre de intervalo de estimación.

A la hora de elegir un estadístico apropiadamente, existen cuatro propiedades deseables a cumplir:

1. **Ausencia de sesgo o estimador insesgado** (asociado a la exactitud en media): Se define al sesgo como la diferencia entre el valor esperado del estadístico, $E(\hat{\theta})$ y el valor real del parámetro θ . El hecho de que un estimador sea insesgado indica que $E(\hat{\theta}) = \theta$.
2. **Eficiencia o mínima varianza** (asociado a la precisión): Indica que no existe otro estimador insesgado que tenga una varianza menor al estadístico que se utilice.
En la práctica, se suelen comparar los parámetros de cada modelo a través del Error Cuadrático Medio ($ECM/SME = E[(\hat{\theta} - \theta)^2] = Var(\hat{\theta}) + [Sesgo(\hat{\theta})]^2$). Se busca el modelo con el menor ECM. La razón es que contempla las dos componentes deseadas anteriormente descriptas.
3. **Consistencia**: Se da cuando al aumentar el tamaño de la muestra arbitrariamente, el valor estimado se aproxima al parámetro desconocido.
4. **Suficiencia**: El estimador debería aprovechar toda la información existente en la muestra.

2.1.14. Introducción al análisis de series de tiempo.

En el mundo de los negocios se encuentra uno constantemente con variables que presentan una variación aleatoria en el tiempo. El tiempo, ya sea como una variable experimental independiente o como una dimensión que se agrega a otras variables de interés, puede resultar una ayuda o un estorbo en el proceso de la toma de decisiones. Como se mencionó anteriormente, es importante reconocer la magnitud del aporte que puede darle el análisis de la serie al estudio.

Una serie temporal es un conjunto de observaciones ordenadas en el tiempo o, también, la evolución de un fenómeno o variable a lo largo de él. Esta variable puede ser económica (ventas de una empresa, demanda de cierto producto, evolución de los tipos de interés,...), física (evolución del caudal de un río, de la temperatura de una región, etc.) o social (número de habitantes de un país, número de alumnos matriculados en ciertos estudios, votos a un partido,...).

El objetivo del análisis de una serie temporal, de la que se dispone de datos en períodos regulares de tiempo, es el conocimiento de su patrón de comportamiento para prever la evolución futura, siempre bajo el supuesto de que las condiciones no cambiarán respecto a las actuales y pasadas. Su propósito es el de inferencia (estimación, toma de decisiones y predicción) por medio de la utilización de datos históricos y presentes.

Si al conocer la evolución de la serie en el pasado se pudiese predecir su comportamiento futuro sin ningún tipo de error, estaríamos frente a un fenómeno determinista cuyo estudio no tendría ningún interés especial. Esto correspondería a una situación como la de la figura 1.1, que muestra la intensidad de corriente, I , que circula a través de una resistencia, R , sometida a un voltaje sinusoidal, $V(t) = a \cos(vt + \theta)$; por tanto $I(t) = a \cos(vt + \theta)/R$.

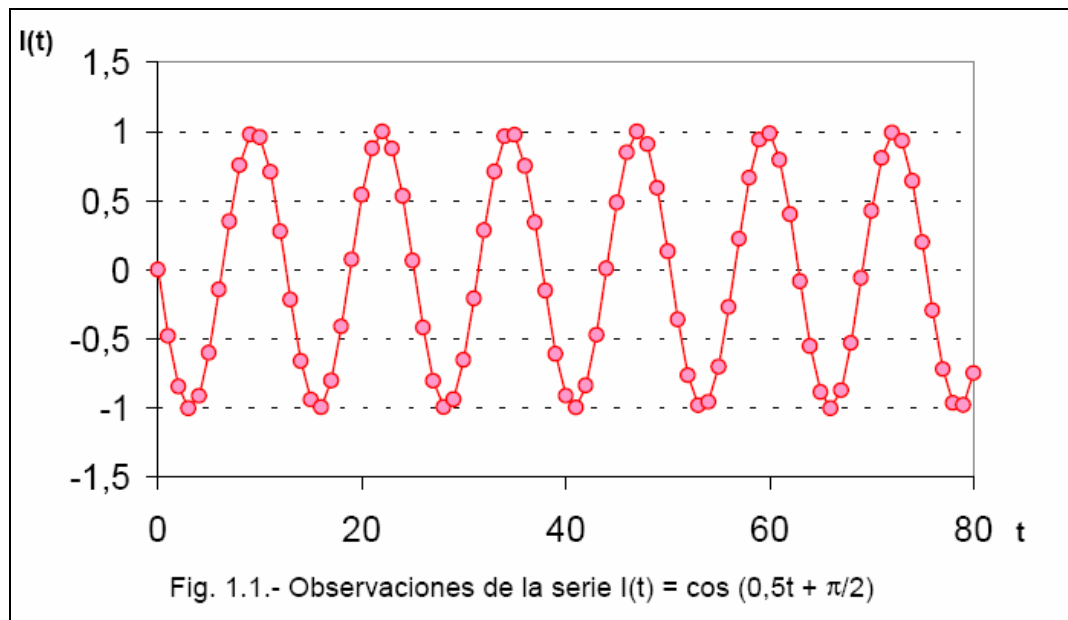


Ilustración 2-4

En general, las series de interés llevan asociados fenómenos aleatorios, de forma que el estudio de su comportamiento pasado sólo permite acercarse a la estructura o modelo probabilístico para la predicción del futuro.

Aunque la variable básica suele ser de naturaleza continua (los valores que pueda tomar pertenecen a un espacio continuo de valores), o tratable como tal, nuestro estudio se limitará a las *series temporales discretas*, es decir aquellas en que las observaciones se realizan, **a intervalos regulares**, en los instantes $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$.

En general, estas series discretas provienen del muestreo a intervalos regulares de un proceso físico o económico continuo (Ej: diámetro de un alambre tomado a intervalos regulares, cotización del dólar al cierre, etc) o del cálculo de alguna función de los valores que la variable básica tomó en períodos de igual extensión (entre dos instantes τ_i, τ_{i+1} consecutivos), como el valor acumulado o medio o máximo, (Ej: venta mensual de un producto, temperatura máxima diaria, etc).

Las observaciones del fenómeno que aparecen en la serie de tiempo están frecuentemente correlacionadas, con una correlación que aumenta a medida que el intervalo de tiempo entre un par de observaciones decrece. Dicho de otra manera, las series corresponden a situaciones en que las observaciones se producen en forma ordenada (en el tiempo o en el espacio) y no son, por lo general, estadísticamente independientes. Por ello, el orden en que se generan juega un papel fundamental.

Cabe mencionar que la metodología de las series temporales está en estado embrionario en comparación con aquellas utilizadas para los casos de datos cruzados estáticos (independientes del tiempo, en función de distintos individuos de una población sobre los que se muestrea) con el que ya se ha adquirido familiaridad. Por esta razón, los análisis de series de tiempo publicados están basados en métodos altamente subjetivos, y las predicciones pocas veces se acompañan de una medida clara de su bondad.

Análisis estadístico de las series de tiempo

Las observaciones en el tiempo de una variable pueden ser interpretadas como la suma de dos componentes bien diferenciados de la siguiente manera:

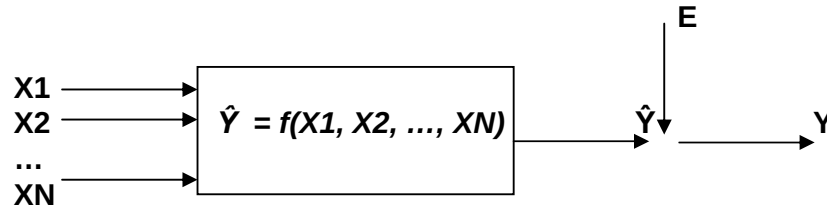
$$\text{OBSERVACIÓN} = \text{COMPONENTE SISTÉMICA} + \text{PERTURBACIÓN ALEATORIA}$$

La parte sistémica es captada por un Modelo. Así por ejemplo, la econometría clásica utiliza modelos del tipo causal, mediante los cuales se explica el comportamiento de la variable Y, a partir de un conjunto de variables X_k , $K=1, 2, \dots, N$, denominadas explicativas.

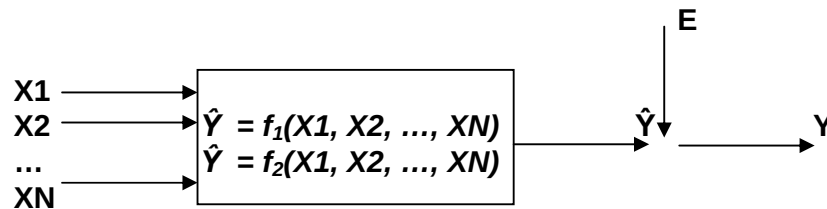
La componente aleatoria representa: errores de especificación del modelo, errores de medición en las variables y además, el conjunto de efectos omitidos por ignorancia, por su escasa relevancia o por su carácter impredecible.

El siguiente diagrama permite visualizar los conceptos:

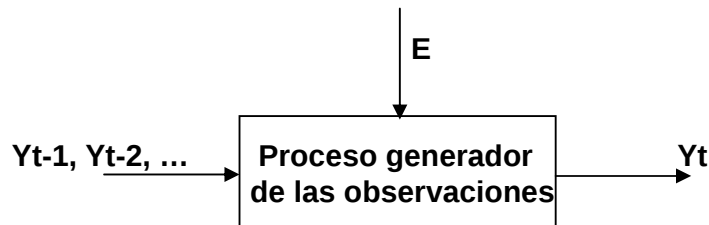
Caso modelo uniecuacional



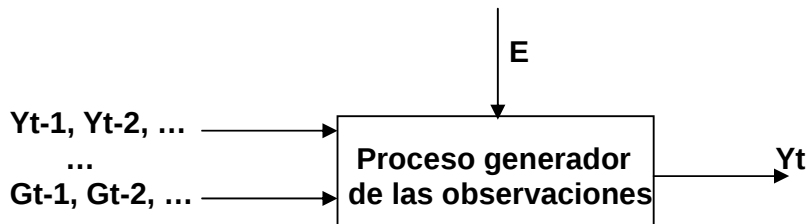
Caso modelo multiecuacional



De la misma forma, para modelos de series univariadas, que se basan en el comportamiento histórico de la variable. En este tipo de modelos se entiende que la evolución histórica de la variable proporciona información susceptible de ser modelizada, siempre que se una adecuada especificación de los desfases y de su estructura probabilística.



Otro ejemplo se da para modelos de series multivariadas, que se basan en el comportamiento histórico de más de una variable.



Métodos adaptativos/dinámicos vs. estáticos

En los métodos estáticos, las compañías estiman los parámetros que integran los modelos de demanda una única vez y luego no son actualizados aún cuando se registran nuevos valores de demanda. Esta metodología trata a todo error en los pronósticos futuros como atribuible a la componente aleatoria de la demanda. Como resultado no actualizan el modelado del patrón de la serie y corren el riesgo de no tomar en cuenta cambios que se estén presentando en la demanda. Es por esto que es recomendable, actualizarlos de acuerdo a un

programa a priori, como ser cada 6 meses. Tal es el caso de algunos métodos clásicos de descomposición por promedios, entre otros.

Por el contrario, los métodos adaptativos actualizan los parámetros que intervienen en los modelos luego de que se recolecte cada nueva información de demanda. Esta metodología asume que el error en pronósticos futuros se debe parte a una incorrecta relevación de las componentes inherentes al patrón de demanda y otra a la componente aleatoria que le caracteriza. Dentro de estos métodos se encuentran los suavizados exponenciales, entre otros.

Tratamiento clásico de las series temporales

Antes de abordar cualquier estudio analítico de una serie temporal, se impone una representación gráfica de la misma y la observación detenida (foto por período) de su aspecto evolutivo.

Los modelos consisten en identificar, en la serie Y_t , cuatro componentes teóricas, modeladas a través de la suma y/o multiplicación de ellas dando lugar a los modelos aditivos, multiplicativos o mixtos. Las componentes elementales, si bien no tienen por qué existir todas, son:

- Tendencia: T_t .

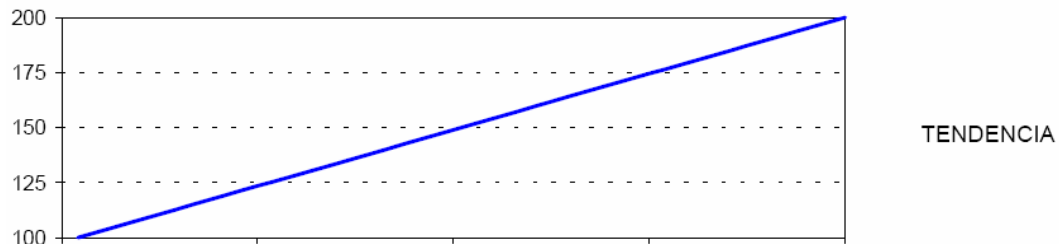


Ilustración 2-5

La tendencia es la componente general a largo plazo y se suele expresar como una función del tiempo de tipo polinómico o logarítmico. Se presenta en una serie debido al crecimiento constante que no llega a producir cambios violentos en la variable observada pero sí un cambio gradual y estable sobre el tiempo.

- Ciclos: C_t .

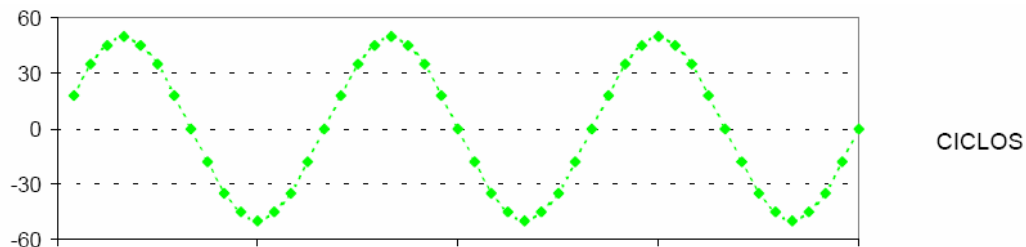


Ilustración 2-6

Las variaciones cíclicas se producen a largo plazo y suelen ir ligadas a etapas de prosperidad o recesión económica. Aparecen cuando la serie sube y baja suavemente, a modo de ondas siguiendo la curva de tendencia. Estas fluctuaciones suelen ser tanto más difíciles de identificar cuanto más largo sea su período, debido, fundamentalmente, a que el tiempo de recogida de información no aporta suficientes datos, por lo que a veces quedarán confundidas con las otras componentes. Las causas de su presencia pueden ir

desde, variaciones en la curva de demanda de un producto, ciclos de negocios, incapacidad de la oferta para satisfacer los requerimientos de la demanda del cliente, decisiones gubernamentales, etc.

- Estacionalidad: Et.

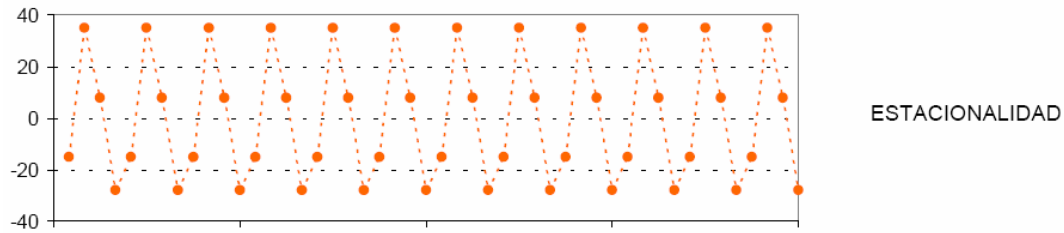


Ilustración 2-7

Las variaciones estacionales son oscilaciones que se producen, y repiten, en períodos de tiempo cortos. Pueden estar asociadas a factores dinámicos, por ejemplo la ocupación hotelera, la venta de prendas de vestir, de juguetes, etc., cuya evolución está claramente ligada a la estacionalidad climática, vacacional, publicitaria, etc. La principal diferencia frente a los efectos cíclicos es que los efectos estacionales pueden predecirse, y ocurren a un intervalo de tiempo fijo de la última ocurrencia. Este concepto ha sido ampliamente desarrollado y es la clave en los estudios de series modernos.

- Variación aleatoria (Residuos): Rt.

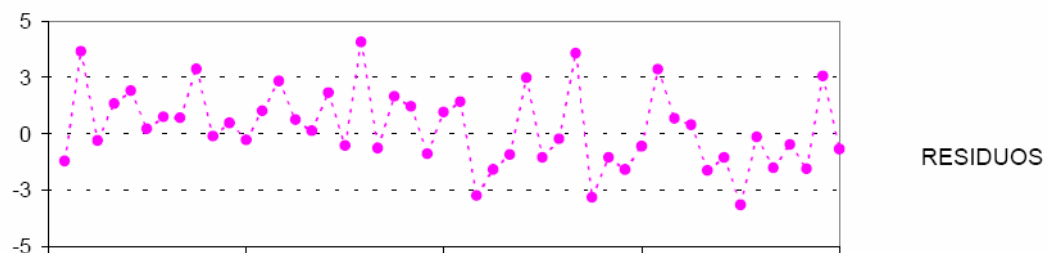


Ilustración 2-8

Es la componente que representa los movimientos ascendentes y descendentes de la serie después de haber ajustado la serie por tendencia, y efectos cíclicos y estacionario. Es decir, resume o capta la diferencia entre los valores observados y la parte sistémica. Constituye el único elemento, bajo este enfoque, que confiere aleatoriedad a la variable a explicar.

Cada una de estas componentes es una función del tiempo y el análisis consistirá en la separación y obtención de cada una de ellas, así como en determinar de qué forma se conjugan (suma, multiplicación o ambos) para dar lugar a la serie original.

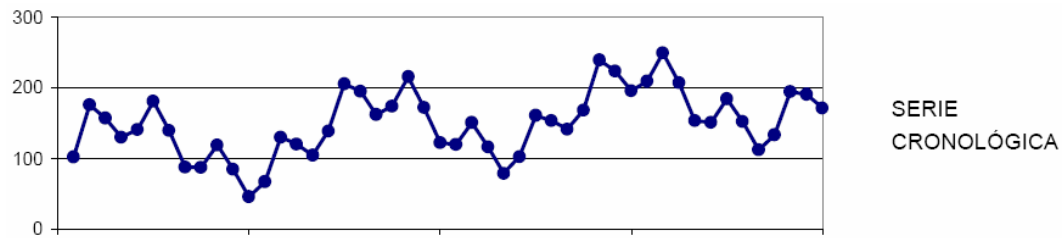


Ilustración 2-9

Tratamiento moderno

Los temas clásicos de la Estadística (inferencia, decisión, muestreo, regresión, etc.), parten del concepto de población. Ello implica que las observaciones sucesivas, uni o multidimensionales, son estadísticamente independientes, sea porque se seleccionan mediante un mecanismo aleatorio, sea porque, a pesar de provenir de un proceso que las produce en un orden determinado, ese proceso es de tal naturaleza (ej. procesos de POISSON y de BERNOULLI) que las observaciones resultan estadísticamente independientes y las probabilidades asociadas estables.

El tratamiento moderno de series temporales, considera a la misma como la sucesión de variables que siguen un proceso estocástico (aleatorio).

Un proceso estocástico es un modelo teórico que permite calcular la distribución de probabilidad de los valores de cualquier conjunto de observaciones generadas por el proceso físico, la que generalmente depende de los valores de las observaciones anteriores.

Dentro de este esquema, una **serie temporal** -conjunto de N valores ordenados $z_1, z_2, \dots, z_N$ generados por el proceso- se interpreta como una muestra extraída del mismo y, en ese sentido, es equivalente a la muestra extraída de una población. Llamaremos a ese conjunto de N valores, una **realización** del proceso.

La noción de población es ahora sustituida por la de **proceso** y, así como contrapartida de la población física, el modelo matemático de la *distribución de probabilidades*, en el caso de series temporales, se crea, como contrapartida del proceso físico, el modelo del **proceso estocástico**.

Así, un proceso estocástico es una sucesión de variables aleatorias $\{Y_t\}$, con $t = 1, 2, \dots, n$, que evolucionan con el tiempo (representado éste por el subíndice t).

Cuando se dispone de n datos de un proceso estocástico, se está frente a n muestras, de tamaño unidad, extraídas de la población (variable aleatoria), correspondientes al tiempo en que se realizó la medición, y esto es lo que constituye la serie temporal o cronológica.

Todo el desarrollo de la teoría moderna de las series temporales se basa en el **modelo del filtro lineal**. El mismo consiste en suponer que una serie de valores sucesivos, correlacionados entre sí, puede generarse a partir de una suma *ponderada* de valores (independientes) de una variable aleatoria con densidad de probabilidad $f(a)$, denominada *ruido blanco*.

Usualmente, se acepta que el ruido blanco tiene distribución Normal, de media cero y varianza σ_a^2 , y a sus valores se los denomina **impulsos aleatorios**. Al conjunto de pesos, se lo llama **filtro lineal**, pues deja pasar -en mayor o menor medida- los impulsos aleatorios.

Lógicamente, el valor de la variable dependerá del alcanzado en los períodos previos, además de recoger la influencia de un conjunto de factores sociales, políticos, económicos, etc., que son continuamente cambiantes en el tiempo y cuya conjunción, en un determinado instante, configuraría una hipotética distribución de probabilidad. Es evidente que puede obtenerse un modelo que explique el comportamiento de la serie para el período estudiado, pero puede ser muy arriesgada la utilización de este modelo para hacer previsiones a largo plazo. Así, en todas las series cronológicas, es necesaria una gran cautela en la previsión a causa de la muy probable inestabilidad del modelo en un futuro más o menos alejado del último instante del que se conocen datos.

3. ESTADO DEL ARTE – METODOS Y APLICACIONES ACTUALES

Como se hubo mencionado en el capítulo anterior, el desarrollo de los métodos, su expresión a través de modelos y los procedimientos para el análisis exploratorio y confirmatorio han dado lugar a una gran multiplicidad de técnicas. En éste capítulo mostraremos las formas más comunes y que mejores resultados han traído a lo largo de la historia en el revelado del comportamiento de la demanda dentro de los sistemas de suplido empresariales.

Lejos de encontrarse un “único mejor modelo” que contemple a cualquier situación, cada empresa y estadístico en particular ha desarrollado una técnica propia para la realización de pronósticos. En un sentido estricto, no existe un método 100% objetivo y la experiencia ha demostrado que la práctica hace al maestro. No obstante, sí se requiere de un método o pasos para la construcción de un sistema de pronósticos los cuales se desarrollan en los capítulos 4 y 5, y se explican como conclusión de este proyecto para la solución sistemática de los problemas.

Cabe señalar, adicionalmente, que ningún método es fijo sino que están sujetos a mejoras y adaptaciones. A pesar de ello, el registrarlos es sin lugar a dudas el primer paso para luego a través de sucesivas aproximaciones y ajustes llegar a la meta.

Consideración general: Al iniciar el análisis de cualquier serie temporal se debe, en primer lugar, realizar el diagrama temporal. Esto no es más que graficar la evolución de la variable a lo largo del tiempo y observar las características de la serie:

- Tendencia o variación a largo plazo; no tiene porque ser lineal, o incluso puede variar a lo largo del tiempo de forma no determinista,
- Tendencia en variabilidad o varianza,
- Ciclos o variaciones periódicas que se repiten varias veces; la forma de ellos es muy variable en función de la serie, aunque en series mensuales o trimestrales es muy frecuente encontrar ciclos estacionales, con períodos menores al año.
- Tendencia en amplitud de los ciclos, y
- Perturbación aleatoria o componente irregular que puede tener una estructura probabilística o autocorrelación.

La visualización de la serie, además de mostrar sus características básicas, permite detectar si existen observaciones anormales (outliers), es decir, que se desvían claramente del resto de los datos.

Además, es frecuente tener que realizar correcciones previas en muchas series económicas para homogeneizar el intervalo temporal entre observaciones, o incluso para corregir los efectos de algunos fenómenos externos a la serie (por ejemplo, una huelga en relación con datos de producción) que producen desviaciones indeseables en los datos. Una vez depurada, es necesario volver a visualizarla previo al análisis de los datos.

Este punto de crucial importancia es una primera guía que aporta al analista, según su experiencia un conjunto de conceptos a priori de gran ayuda para el abordaje de cada uno de los métodos que se enuncian a continuación. Cabe señalar que este capítulo incluye una serie de métodos complementarios que si bien no suelen ser nombrados son de suma utilidad.

3.1. MÉTODOS CUANTITATIVOS I: MODELOS POR EXTRAPOLACIÓN

"What is past is prologue..."

William Shakespeare

*"The error of the past is the wisdom
and success of the future..."*

Tyron Edwards

Desarrollo histórico:

Los modelos cuantitativos se remontan al Renacimiento italiano, en el ámbito de la estadística Actuarial. Los aseguradores estimaban tendencias en las series utilizando el método de medias móviles. El método de regresión por mínimos cuadrados fue desarrollado por Gauss y Laplace en los últimos años del siglo XVIII, y en el XIX se establecieron los fundamentos del análisis de Fourier para representar series estacionarias como un agregado de funciones sinusoidales. El estadístico G. U. Yule utilizó, en 1937, modelos autorregresivos, que fueron tratados en forma extensa por H. C. A. World en 1938. E. Slutsky mostró que el proceso de agregación sobre una serie aleatoria puede originar oscilaciones cíclicas, lo que constituyó el antecedente de los modelos ARMA introducidos por M. H. Quenouille en 1957. Unos años antes, D. Cochrane y G. H. Orcutt trataron la estimación de modelos con perturbaciones autorregresivas.

Los modelos ARMA fueron difundidos en el mundo académico y empresarial por G. E. P. Box (yerno de Sir R. Fisher) y G. M. Jenkins, a partir de la publicación en 1970 de su libro "Time Series Analysis, Forecasting and Control." En él, los autores proponen la utilización de los operadores diferencias y diferencias estacionales para eliminar las tendencias en media y en la amplitud de ciclos estacionales en una serie. La familia de transformaciones propuestas por Box y D. B. Cox, en 1964, completan el proceso de análisis conocido como la metodología Box-Jenkins, en la que la tendencia en varianza se elimina frecuentemente con una transformación simple, y los modelos ARIMA resultantes suelen ser escuetos, esto es, contienen muy pocos parámetros. No obstante, su alto poder predictivo indujo a nuevos desarrollos.

En los años 70-80 aparecieron numerosos artículos generalizando los modelos ARMA al caso multivariante y obteniéndose modelos de regresión dinámica. En 1978 los trabajos de E. E. Leamer y N. H. Hill y A. Z. Zellner dieron inicio a la aplicación de métodos bayesianos.

Finalmente aparecieron los modelos no lineales, muy frecuentes en el análisis económico y la estimación da origen a sistemas de ecuaciones no lineales resolubles utilizando métodos numéricos.

3.1.1. Modelos clásicos de descomposición.

Bajo este tipo de modelado se encuentran los tratamientos clásicos de descomposición mencionados en el marco teórico. Se basan en descomponer la serie original en suma y/o productos de factores de tendencia, estacionalidad y ciclos. Existen varias formas de identificar y cuantificar los efectos implícitos en la serie. Entre ellos cabe destacar el suavizado de las series, la regresión de variables y la resolución por minimización de errores a través de la programación lineal.

3.1.1.1. Aditivo

Modelo:

$$\begin{array}{l} y_t \rightarrow \hat{y}_t \\ \hat{y}_t = \hat{T}_t + \hat{C}_t + \hat{\varepsilon}_t \end{array}$$

donde:

1. $\hat{y}_t$: es el valor estimado resultante de la adición de los tres efectos.
2. $\hat{T}_t$: es la estimación de la tendencia a largo plazo
3. $\hat{C}_t$: es la estimación del parámetro de estacionalidad. Donde para un cierto período K (de estacionalidad), se cumple que $\hat{C}_t = \hat{C}_{t+k} \quad \forall k > 0$.
4. $\hat{\varepsilon}_t$: es la estimación del factor aleatorio. Es bajo esta perspectiva el único causante de aleatoriedad que manifiesta el modelo.

Descripción: El modelo explica los movimientos de la serie por adición de los tres efectos. Normalmente se suele considerar nulo al efecto cíclico o se lo parametriza junto a la componente tendencial. Es común que se presente estacionalidad a lo largo del año en períodos mensuales ($k=12$), trimestrales ($K=4$), bimestrales ($K=6$), etc.

Una característica que se observa en las series que se ajustan a este tipo de modelos es que la amplitud de las oscilaciones cíclicas así como la varianza de la componente aleatoria se mantienen constantes.

Limitaciones: Aún si la serie siguiese el modelo propuesto, se torna muy complicada la obtención de los estimadores de cada uno de los factores que intervienen. Es por ello que se han desarrollado un gran número de procedimientos para su filtrado y posterior cálculo. Generalmente es necesario sumarle a la forma de generación de la serie, características adicionales como

ser: $\sum_K \hat{C}_K = 0$ y que $\varepsilon_t \propto N(0; \sigma)$.

3.1.1.2. Multiplcativo

Modelo:

$$\begin{aligned} y_t &\rightarrow \hat{y}_t \\ \hat{y}_t &= \hat{T}_t \cdot \hat{C}_t \cdot \hat{\varepsilon}_t \end{aligned}$$

donde:

1. $\hat{y}_t$: es el valor estimado resultante de la adición de los tres efectos.
2. $\hat{T}_t$: es la estimación de la tendencia a largo plazo
3. $\hat{C}_t$: es la estimación del parámetro de estacionalidad. Donde para un cierto período K (de estacionalidad), se cumple que $\hat{C}_t = \hat{C}_{t+k} \quad \forall k > 0$.
4. $\hat{\varepsilon}_t$: es la estimación del factor aleatorio. Es bajo esta perspectiva el único causante de aleatoriedad que manifiesta el modelo.

Descripción: El modelo explica los movimientos de la serie por multiplicación de los tres efectos. Normalmente se suele considerar nulo al efecto cíclico o se lo parametriza junto a la componente tendencial. Es común que se presente estacionalidad a lo largo del año en períodos mensuales ($k=12$), trimestrales ($K=4$), bimestrales ($K=6$), etc.

La tendencia tiene las mismas unidades que la variable y , mientras que los parámetros estacionales y la perturbación son números índices que varían alrededor del nivel medio 1. Así en la parte alta del ciclo, un valor de $C=1.1$ implica que ésta se halla una 10% por encima del valor de la tendencia.

Una característica que se observa en las series que se ajustan a este tipo de modelos es que la amplitud de las oscilaciones cíclicas así como la varianza de la componente aleatoria crecen con la tendencia.

Limitaciones: Las mismas que aplican al modelo aditivo. Generalmente es necesario sumar dos supuestos a la forma de generación de la serie, como ser:

$$\sum_k \hat{C}_k = 1 \quad \text{y que} \quad \varepsilon_t \sim N(1; \sigma)$$

3.1.1.3. Mixto

Modelo:

$$\begin{aligned} y_t &\rightarrow \hat{y}_t \\ \hat{y}_t &= \hat{T}_t \cdot C_t^{\hat{\varepsilon}_t} \\ \hat{y}_t &= (\hat{T}_t + C_t)^{\hat{\varepsilon}_t} \\ \hat{y}_t &= \hat{T}_t \cdot C_t + \hat{\varepsilon}_t \\ &\text{others combinaciones...} \end{aligned}$$

donde:

1. $\hat{y}_t$: es el valor estimado resultante de la adición de los tres efectos.
2. $\hat{T}_t$: es la estimación de la tendencia a largo plazo
3. $\hat{C}_t$: es la estimación del parámetro de estacionalidad. Donde para un cierto período K (de estacionalidad), se cumple que $\hat{C}_t = \hat{C}_{t+k} \quad \forall k > 0$.

4. $\hat{\varepsilon}_t$: es la estimación del factor aleatorio. Es bajo esta perspectiva el único causante de aleatoriedad que manifiesta el modelo.

Descripción: El modelo explica los movimientos de la serie por multiplicación de los tres efectos. Normalmente se suele considerar nulo al efecto cíclico o se lo parametriza junto a la componente tendencial. Es común que se presente estacionalidad a lo largo del año en períodos mensuales ($k=12$), trimestrales ($K=4$), bimestrales ($K=6$), etc.

modela a Utiliza, pueden promediarse las ventas mensuales de una compañía sobre un período de cuatro meses. El siguiente punto de la serie se obtendría

Limitaciones: Las mismas que aplican a los otros modelos. Generalmente es necesario agregar supuestos a la forma de generación de la serie. Ya sea:

$$\sum_k \hat{C}_k = 1 \text{ o } \sum_K \hat{C}_K = 0 \text{ y que } \varepsilon_t \propto N(1; \sigma) \text{ o } \varepsilon_t \propto N(0; \sigma).$$

3.1.2. Modelos de descomposición a través de variables categóricas

Si hubiera estacionalidad, estimar el modelo de tendencia sobre los datos directos, por procedimientos usuales de ajuste mínimo-cuadrático, sería improcedente. Ello es debido a que se produciría una inflación de los residuos no atribuible a la aleatoriedad sino a la variabilidad ocasionada por el componente estacional.

Para evitarlo, se pueden modelizar conjuntamente la tendencia y la estacionalidad con variables categóricas asociadas a cada estación, o bien desestacionalizar previamente la serie por técnicas de suavizado y entonces ajustar el modelo de tendencia.

La modelización conjunta, con variables categóricas, de la tendencia y la estacionalidad presenta como principal ventaja la generalidad del método. Por este procedimiento no es necesario, a priori, asumir un modelo aditivo o multiplicativo, sino que se plantea un modelo general mixto que incluye todas las posibilidades.

Sea p el período estacional, es decir, el número de unidades de tiempo que conforman el patrón de comportamiento que se repite sistemáticamente. Cada uno de los valores del tiempo contenidos en p corresponde a una estación, la cual se designará por el subíndice k , de forma que $k = 1, 2, \dots, p$.

Cada estación debe estar ligada biunívocamente a una variable categórica. Dicha variable es un indicador que toma el valor 1 en la estación a la que está asociada y 0 en todas las demás, excepto para la primera estación, en que todas toman el valor 0. Ésta es la razón por la cual con $p-1$ variables categóricas es suficiente para estudiar una serie de período p . Las variables categóricas, Q , quedan, pues, definidas como:

$$\begin{array}{l} Q_j = 0, -j \neq s \\ Q_j = 1, -j = s \end{array}$$

donde: s y j toman valores desde 1 a p .

El modelo a partir de esta reparametrización queda finalmente expresado como sigue:

$$\begin{aligned} y &= \phi(t) + \sum_{j=2}^p \beta_j \cdot Q_j + \sum_{j=2}^p \gamma_j \cdot Q_j \cdot t + \varepsilon \\ \hat{y} &= \hat{\phi}(t) + \sum_{j=2}^p \hat{\beta}_j \cdot Q_j + \sum_{j=2}^p \hat{\gamma}_j \cdot Q_j \cdot t \end{aligned}$$

donde:

1. $\hat{\phi}(t)$: es el estimador de la tendencia y representa una función polinómica en t.
2. $\hat{\beta}_j$: Es el estimador de los parámetros de estacionalidad aditivos para cada período de tiempo $j = 1, \dots, p$. Tales que $\hat{\beta}_t = \hat{\beta}_{t+k} \quad \forall k > 0$
3. $\hat{\gamma}_j$: Es el estimador de los parámetros de estacionalidad multiplicativos para cada período de tiempo $j = 1, \dots, p$. Tales que $\hat{\gamma}_t = \hat{\gamma}_{t+k} \quad \forall k > 0$
4. t : Es la unidad de tiempo.

La obtención de los parámetros, se puede realizar a través de dos métodos:

1. La regresión de variables: Bajo este concepto, cuyas hipótesis se verán en detalle en el ítem 3.2.1 se obtienen planteando la regresión de la variable explicada (y) a través de: p variables explicativas aditivas respecto a t ($\hat{\beta}_j$), p variables explicativas multiplicativas respecto a t ($\hat{\gamma}_j$) y un polinomio de la forma $a + bt$ ($\hat{\phi}(t)$).

La gran ventaja de este procedimiento radica en las pruebas de bondad de ajuste que se realiza sobre cada parámetro, lo que permite establecer la verificación y validación.

2. Utilización de programación lineal o no lineal: Utiliza la resolución a través de la optimización de una función objetivo (minimizar el error cuadrático). Como desventaja, no cuantifica la significancia de los parámetros sino que será necesario hacer pruebas de bondad de ajustes a posteriori, sin embargo sí permite plantear otro tipo de funciones de optimización, más allá de la combinación lineal de las variables antes enunciada.

3.1.3. Procedimientos de suavización y Métodos de suavización

Los métodos tradicionales del análisis de las series de tiempo están en gran parte basados en las técnicas de suavizamiento que intentan cancelar el efecto de la variación aleatoria y supuestamente revelar las componentes buscadas. El suavizamiento puede lograrse mediante el uso de lo que se conoce con el nombre de promedio móvil de las observaciones sobre un número fijo de períodos de tiempo. El mismo puede realizarse con un peso de cada valor o ponderación: homogéneo, exponencial u otra forma.

3.1.3.1. Medias Móviles centradas (modelo tradicional o típico)

Modelo:

$$\hat{y}_t = \frac{y_{t-(M-1)/2} + y_{t+1-(M-1)/2} + y_{t+2-(M-1)/2} + \dots + y_{t+(M-1)/2}}{M}$$

donde:

1. y_t : es la observación correspondiente al instante de tiempo t,
2. $y_{t\pm 1}$: es la observación inmediata posterior (+) o anterior (-) al instante t,
3. $\hat{y}_t$: es el estimador del promedio móvil de las observaciones de la serie de la variable a pronosticar,
4. M: es el período de realización del promedio. Es un valor impar.

Metodología: Se hallan los promedios de la variable sobre un período M, el cual es un parámetro a ajustar dentro del modelo.

El promedio calculado corresponde al punto medio de los valores de la serie utilizados. La fórmula es recursiva y se irá desplazando conforme se incremente t. Esto quiere decir, que se irá refrescando la fórmula con el valor correspondiente a t+1 y se descartará el respectivo a t-1.

El ajuste de M se realiza de forma tal de reducir el error (RCEM: raíz cuadrada del error medio o MSD: mean square deviation) como suma de la diferencias de cuadrados entre el valor estimado y el registrado para un tiempo dado. Esto se realiza a través de funciones como el solver que trae en los complementos el programa Excel.

$$M / \min[MSD(M)] = \min \left\{ \sum_{t=1}^N [\hat{e}_t(M)]^2 \right\} = \min \left\{ \sum_{t=1}^N \frac{[y_t - \hat{y}_t(M)]^2}{N} \right\}$$

Descripción: El efecto neto es transformar la serie original en la serie de promedios móviles que resulta más suave (menos sujeta a oscilaciones rápidas) y más susceptible de revelar las subyacentes tendencias o ciclos en el patrón de los datos.

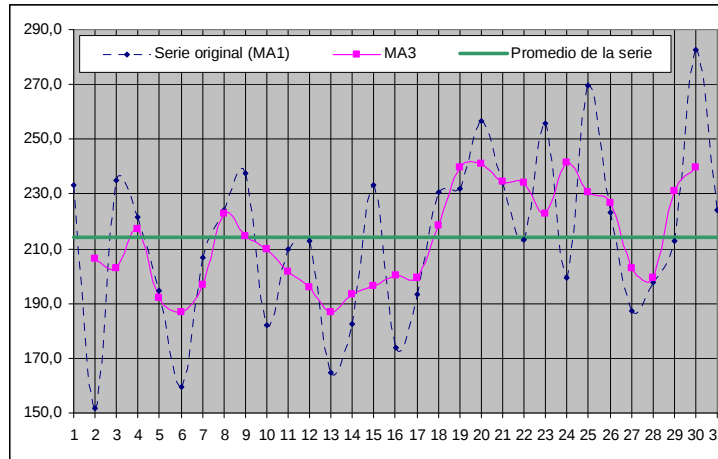


Ilustración 3-1

Dada su metodología de cálculo, trata a cada valor de la serie en el tiempo con el mismo peso. A medida que M aumenta, tiende a lograrse una mayor suavización. En el límite se llega a un único valor promedio igual al valor medio de la serie.

Limitaciones: No cumple con la condición de suficiencia, dado que se pierden M-1 valores en la serie. Cuando M es lo suficientemente grande, esto puede no representar un problema. En los límites, para M=1 se obtiene la serie original y para M alto se tienden a atenuar las oscilaciones.

Adicionalmente, puede deformar las componentes cíclicas en amplitud y fase, alterándose también la estructura probabilística de las series.

Ventaja: Solo es necesario el ajuste de un parámetro: M. Gran simplicidad.

Nota: Muchas veces, se lo utiliza para la obtención de valores semilla de parámetros de otros modelos más complejos.

Hay numerosas formas de cálculo de promedios móviles y dependiendo el caso, se pueden llegar a obtener muy buenas estimaciones. Hay aplicaciones en el filtrado en donde variando los pesos y la amplitud se consigue eliminar tendencias cuadráticas o funciones complejas, tal es la aplicación a series estacionarias (que no presentan tendencias y la serie fluctúa alrededor de un valor base). Esto hace de los promedios móviles la base de cálculo de modelos MA (moving average) que forman parte de los ARMA y ARIMA.

3.1.3.2. Alisado exponencial Simple (promedio móvil con ponderación exponencial)

Modelo:

$$\hat{y}_t = \alpha \cdot y_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot \hat{y}_{t-1}$$

donde:

1. $\hat{y}_t$: es el valor estimado resultante de la suavización.
2. α : es el parámetro de suavizamiento del modelo y cumple con la condición $0 < \alpha < 1$.

Descripción: El modelo propone, como anteriormente, una fórmula recursiva. El único parámetro a estimar es α el cual se halla minimizando el MSD. Trabajando con la expresión del error surge algo interesante:

$$e_t(\alpha) = y_t - \hat{y}_t$$

Trabajando con las dos expresiones surge la lógica del modelo.

$$\hat{y}_t = \alpha \cdot y_{t-1} + (1-\alpha) \cdot \hat{y}_{t-1} = \alpha \cdot y_{t-1} + \hat{y}_{t-1} - \alpha \cdot \hat{y}_{t-1} = \hat{y}_{t-1} + \alpha \cdot (y_{t-1} - \hat{y}_{t-1}) = \hat{y}_{t-1} + \alpha \cdot e_{t-1}$$

La expresión nos muestra que en el valor estimado para el instante siguiente, se toma el pronóstico inmediato anterior al que se le suma el error que se cometió para dicho momento. Cuanto peso se le dará a los errores cometidos será determinado en función de α . Cabe señalar, que generalmente $\alpha < 0.5$, valores mayores dan a entender que el modelo no es el apropiado, dado que se pondera fuertemente al valor más reciente o a los errores que se cometen por estimación.

Volviendo a la primera expresión, podemos entender el porqué del nombre de suavizamiento exponencial. Si la desarrollamos para t tendiendo al infinito:

$$\hat{y}_{t=N} = \alpha \cdot y_{t+N-1} + (1-\alpha) \cdot \hat{y}_{t+N-1} = \alpha \cdot y_{t-1} + \alpha \cdot (1-\alpha)^2 \cdot y_{t-2} + \dots + \alpha \cdot (1-\alpha)^N \cdot y_{t+N-1}$$

Como $0 < \alpha < 1$ se asegura la convergencia de la serie a largo plazo. El valor que tome el parámetro, dado que el término $(1-\alpha)$ es el de mayor peso a medida que se incrementa t, hará que se pondere con un mayor peso a los valores actuales (caso $\alpha = 1 \Rightarrow \hat{y}_t = y_{t-1}$). En otras palabras, cuanto mayor sea alfa, mayor dependencia con la historia reciente que con la pasada.

Limitaciones: Se requieren valores semilla iniciales para la estimación, tanto para la variable observada como para el parámetro alfa. Esto puede resultar en la determinación de óptimos locales, distintos del óptimo general. Esto deberá solventarse con la aplicación de métodos cualitativos.

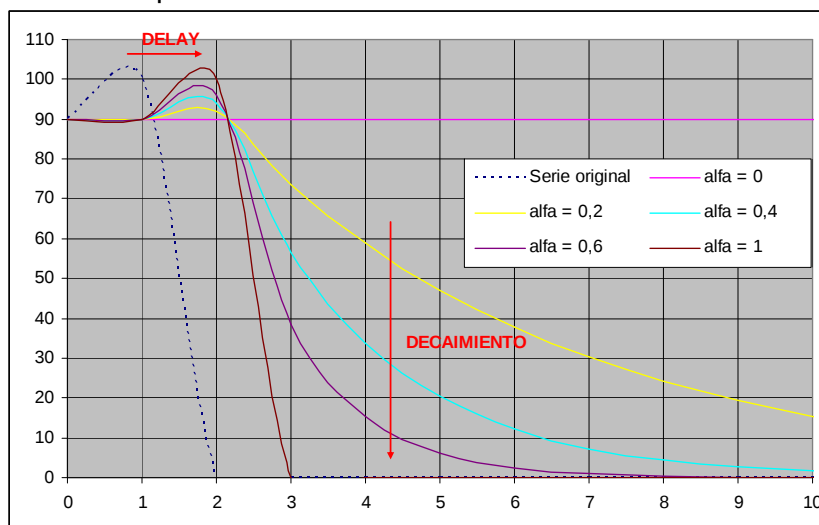


Ilustración 3-2

Otra problemática se da en los casos de impulsos pronunciados en la serie. El valor de alfa puede hacer que dicho impulso no se vea manifestado inmediatamente (se produce un delay entre causa-efecto de mínimo 1 período) y que por otra parte el efecto del impulso instantáneo perdure más de lo debido (constante τ de decaimiento exponencial elevadas). Esto se corrige en base a la experiencia (cualitativamente).

Ventaja: Cumple la condición de suficiencia al utilizar y pronosticar en base a la totalidad de los datos.

Nota: Muchas veces, ante valores de $\alpha > 0.5$ se recomienda pasar a otros métodos ya que el modelo muestra no ajustarse correctamente a la serie. Esto puede deberse a que la serie no tienda a un nivel, sino que presente tendencias o estacionalidad, por lo que se suele optar por los siguiente modelos que se explican a continuación. Ellos complementan al modelo exponencial simple considerando nuevos factores, en desmedro de la “simplicidad” dado que se incorporan nuevos parámetros así como valores semilla a ajustar.

3.1.3.3. Alisado exponencial Doble (nivel + tendencia)

Modelo:

$$\begin{aligned}\hat{S}_t &= \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot \hat{y}_{t-1} \\ \hat{S}_t(2) &= \alpha \cdot \hat{S}_t + (1 - \alpha) \cdot \hat{S}_{t-1}(2) \\ \hat{y}_{t+1} &= \left(2 + \frac{\alpha}{1 - \alpha}\right) \hat{S}_t - \left(1 + \frac{\alpha}{1 - \alpha}\right) \cdot \hat{S}_t(2)\end{aligned}$$

donde:

1. $\hat{y}_{t+1}$: es el valor estimado resultante de la doble suavización.
2. $\hat{S}_t$: es el estadístico de la serie suavizada.
3. $\hat{S}_t(2)$: es el estadístico doblemente suavizado.
4. α : es el parámetro de suavizamiento del modelo y cumple con la condición $0 < \alpha < 1$.

Descripción: El modelo propone, como anteriormente, una fórmula recursiva. El único parámetro a estimar es α el cual se halla minimizando el MSD. La serie resultante de $\hat{S}_t$ es la serie simplemente suavizada.

La fórmula final nos indica que se trabaja con el suavizamiento de la serie suavizada y de allí su nombre.

Limitaciones: Se requieren valores semilla iniciales para la estimación, tanto para la variable observada como para el parámetro alfa. Se pierde el primer dato de la serie.

Ventaja: Mejor ajuste cuando la serie denota una componente lineal de tendencia.

3.1.3.4. Alisado exponencial Triple (nivel + tendencia cuadrática)

Modelo:

$$\begin{aligned}\hat{S}_t &= \alpha \cdot y_t + (1-\alpha) \cdot \hat{y}_{t-1} \\ \hat{S}_t(2) &= \alpha \cdot \hat{S}_t + (1-\alpha) \cdot \hat{S}_{t-1}(2) \\ \hat{S}_t(3) &= \alpha \cdot \hat{S}_t(2) + (1-\alpha) \cdot \hat{S}_{t-1}(3) \\ \hat{y}_{t+1} &= \left[6 \cdot (1-\alpha)^2 + (6-5\alpha) \cdot \alpha + \alpha^2 \right] \frac{\hat{S}_t}{2 \cdot (1-\alpha)^2} - \left[6 \cdot (1-\alpha)^2 + 2 \cdot (5-4\alpha) \cdot \alpha + 2\alpha^2 \right] \frac{\hat{S}_t(2)}{2 \cdot (1-\alpha)^2} \\ &\quad + \left[2 \cdot (1-\alpha)^2 + (4-3\alpha) \cdot \alpha + \alpha^2 \right] \frac{\hat{S}_t(3)}{2 \cdot (1-\alpha)^2}\end{aligned}$$

donde:

1. $\hat{y}_{t+1}$: es el valor estimado resultante de la doble suavización.
2. $\hat{S}_t$: es el estadístico de la serie suavizada.
3. $\hat{S}_t(2)$: es el estadístico doblemente suavizado.
4. $\hat{S}_t(3)$: es el estadístico de suavizado triple.
5. α : es el parámetro de suavizamiento del modelo y cumple con la condición $0 < \alpha < 1$.

Descripción: El modelo propone una fórmula recursiva. El único parámetro a estimar es α el cual se halla minimizando el MSD. La serie resultante de $\hat{S}_t$ es la serie simplemente suavizada. Su nombre se deriva de la expresión matemática final.

Limitaciones: Se requieren valores semilla iniciales para la estimación, tanto para la variable observada como para el parámetro alfa. Se pierde el primer dato de la serie.

Ventaja: Mejor ajuste cuando la serie no denota un nivel constante o una componente lineal de tendencia.

Nota: Los tres modelos de suavización exponencial hasta aquí vistos se los conoce con el nombre de método de Brown y cuentan con la ventaja de ser modelos dinámicos, cuyos parámetros se actualizan con cada dato que se le agrega a la serie.

3.1.3.5. Suavización exponencial: Método Holt (nivel + tendencia)

Modelo:

$$\begin{aligned}\hat{L}_t &= \alpha \cdot y_{t-1} + (1-\alpha) \cdot (\hat{L}_{t-1} + \hat{T}_{t-1}) \\ \hat{T}_t &= \beta (\hat{L}_t - \hat{L}_{t-1}) + (1-\beta) \cdot \hat{T}_{t-1} \\ \hat{y}_t &= \hat{L}_t + \hat{T}_t\end{aligned}$$

donde:

1. $\hat{y}_t$: es el valor estimado resultante de la suavización.
2. α : el parámetro de suavizamiento del nivel que cumple con la condición $0 < \alpha < 1$.
3. β : el parámetro de suavizamiento de la tendencia y $0 < \beta < 1$.
4. $\hat{L}_t$: es la estimación del nivel para el instante t.
5. $\hat{T}_t$: es la estimación de la tendencia para el instante t.

Descripción: El modelo propone dos fórmulas recursivas. Los parámetros a estimar son α y β los cuales se hallan minimizando el MSD.

Limitaciones: Se requieren valores semilla iniciales para la estimación, tanto para el nivel y tendencia inicial como para los parámetros alfa y beta. Aplica lo mismo que se dijo para el modelo de suavizado simple.

Ventaja: Contempla componentes tendenciales en la serie.

Nota: El modelo es aditivo (suma ambas componentes). También puede modelarse como multiplicativo.

Muchas veces, ante valores de $\alpha > 0.5$ o $\beta > 0.5$, se recomienda pasar a otros métodos ya que el modelo muestra no ajustarse correctamente a la serie. En tal caso puede ser que se presente la componente estacional, en cuyo caso aplicaremos el modelo que sigue.

3.1.3.6. Suavización exponencial: Método Winter (nivel + tendencia con estacionalidad)

Modelo:

$$\begin{aligned}\hat{L}_t &= \alpha \cdot \frac{y_{t-1}}{\hat{S}_{t-C}} + (1-\alpha) \cdot (\hat{L}_{t-1} + \hat{T}_{t-1}) \\ \hat{T}_t &= \beta \cdot (\hat{L}_t - \hat{L}_{t-1}) + (1-\beta) \cdot \hat{T}_{t-1} \\ \hat{S}_t &= \gamma \cdot \frac{y_{t-1}}{\hat{L}_t} + (1-\gamma) \cdot \hat{S}_{t-C} \\ \hat{y}_t &= (\hat{L}_t + \hat{T}_t) \cdot \hat{S}_{t-C}\end{aligned}$$

donde:

1. $\hat{y}_t$: es el valor estimado resultante de la suavización.
2. α : el parámetro de suavizamiento del nivel que cumple con la condición $0 < \alpha < 1$.
3. β : el parámetro de suavizamiento de la tendencia y $0 < \beta < 1$.
4. γ : el parámetro de suavizamiento de la estacionalidad y $0 < \gamma < 1$.
5. $\hat{L}_t$: es la estimación del nivel para el instante t.
6. $\hat{T}_t$: es la estimación de la tendencia para el instante t.
7. $\hat{S}_{t-C}$: es la estimación de la estacionalidad para el instante t.

8. C : es el período de la estacionalidad. Usualmente 12 meses o 4 trimestres.

Descripción: El modelo propone tres fórmulas recursivas. Los parámetros a estimar son α , β y γ los cuales se hallan minimizando el MSD.

Limitaciones: Se requieren valores semilla iniciales para la estimación, tanto para el nivel, la tendencia y la estacionalidad inicial como para los parámetros alfa, beta y gamma. Adicionalmente se debe suponer el período en el que se extiende la estacionalidad.

Aplica lo mismo que se dijo para el modelo de suavizado simple y Holt.

Ventaja: Contempla componentes tendenciales y estacionales en la serie.

Nota: El modelo es mixto (suma de multiplicación de componentes). También puede modelarse como sólo aditivo o multiplicativo.

Muchas veces, ante valores de $\alpha > 0.5$ o $\beta > 0.5$, se recomienda pasar a otros métodos ya que el modelo muestra no ajustarse correctamente a la serie. El parámetro γ puede sobrepasar el valor de 0.5.

3.1.4. Modelos estocásticos

Como se mencionó en la introducción teórica, los modelos estocásticos forman parte de los últimos desarrollos en materia de modelos extrapolativos.

Un proceso estocástico es un modelo teórico del análisis de series de tiempo que supone que la misma se genera a partir de la realización de un proceso aleatorio. Esto quiere decir que lo que registra la serie es la sucesión de variables aleatorias. En sentido genérico, se registra una variable aleatoria *distinta* (que sigue una distribución diferente) por período.

Bajo esta concepción se entiende el problema que se presenta en el pronóstico de las demandas, ya que se posee un único valor para estimar la evolución de un proceso integrado por variables que siguen distribuciones de probabilidad distintas.

Si bien en un sentido teórico la definición es útil, no lo es a nivel práctico. Para poder realizar un análisis extrapolativo se requieren otras propiedades a relevar en la serie.

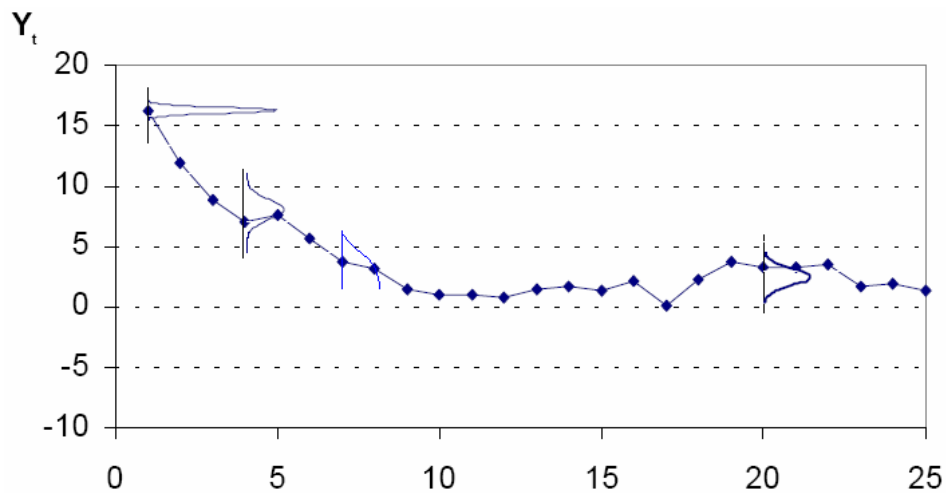


Ilustración 3-3

Es por ello que se define la propiedad de **estacionariedad**. Ello representa una aproximación a la realidad (forma de modelar la serie). Se refiere a que si bien las sucesiones de variables aleatorias parten de distintas distribuciones, como forman parte de un único proceso (la demanda de determinado producto o servicio a lo largo del tiempo) es de esperarse (Hipótesis 1) que tengan una misma distribución de probabilidad. Siendo menos estricto con el proceso aleatorio, se puede decir que las variables tendrán los mismos momentos estadísticos característicos (Hipótesis 2: constancia en valor medio, varianza, correlaciones y covarianzas). Es con éste último concepto con el que se abordan los estudios.

Serie estacionarias. Definición.

Se denominan procesos “estrictamente estacionarios” a aquellos procesos en que la densidad de probabilidad conjunta no se afecta por un cambio de origen, es decir, tales que se cumple:

$$p(z_1, z_2, \dots, z_N) = p(z_{1+h}, z_{2+h}, \dots, z_{N+h}) \quad \forall N, \forall h$$

es decir, tales que la distribución conjunta de cualquier grupo ordenado de valores permanece estable independientemente del origen. En particular, esto implica que:

$$p(z_t) = p(z_{t+h})$$

y, por lo tanto,

$$\mu = E(z_t) = E(z_{t+h}) = cte. \quad \sigma_z^2 = E(z_t - \mu)^2 = E(z_{t+h} - \mu)^2 = cte.$$

También implica que la distribución conjunta $p(z_t, z_{t+k})$ es estable y, por lo tanto, las covarianzas y coeficientes de correlación son constantes (independientes del origen t) para todo valor de k :

$$\gamma_k = \text{Cov}(z_t, z_{t+k}) = E[(z_t - \mu)(z_{t+k} - \mu)] = \gamma(k)$$

$$\rho_k = \gamma_k / \sigma_z^2 = \gamma_k / \gamma_0 = \rho(k) \quad \rho_0 = \gamma_0 / \gamma_0 = 1$$

Estas covarianzas y correlaciones, por referirse a valores de una misma serie, se denominan *autocovarianzas* y *autocorrelaciones de orden k* y, consideradas como funciones de k , *función de autocovarianza* - $\gamma(k)$ - y *función de autocorrelación* - $\rho(k)$ -. La representación gráfica de esta última suele denominarse *correlograma*.

Se cumple además que:

$$\gamma(-k) = \text{Cov}(z_t, z_{t-k}) = \text{Cov}(z_{t-k}, z_t) = \gamma(k)$$

y, por lo tanto,

$$\rho(-k) = \rho(k).$$

Esto hace que no se requiera informar los valores de estas funciones para valores negativos de k , por lo que se suelen tomar sólo los correspondientes a $k \geq 0$.

Las anteriores permiten, si N es suficientemente grande, inferir la forma de la distribución de z_t a partir del histograma de $z_1, z_2, \dots, z_N$ y estimar, asimismo, los valores de μ y σ_z^2 . La razón por la cual N debe ser suficientemente grande es que, como los valores están correlacionados, en una serie pequeña de valores muchos podrían estar por encima (o por debajo) de la media, lo que traería aparejado estimaciones fuertemente viciadas de los momentos.

Hemos visto que, para que un proceso sea considerado estacionario en sentido estricto debe cumplirse la primera ecuación, lo que implica que todas sus propiedades (en sentido probabilístico) permanecerán inalteradas ante un cambio de origen.

Puede ocurrir, sin embargo, que sólo algunas propiedades - las más importantes - permanezcan inalteradas o que no podamos asegurar otra cosa,

en cuyo caso hablaremos de procesos *débilmente estacionarios*. Así, por ejemplo, suele ocurrir que solo podemos asegurar que los primeros f momentos (generalmente $f = 2$), permanecen constantes. Diremos entonces que el proceso es *débilmente estacionarios en orden f* .

En particular, la existencia (independiente del origen) de una media y una función de autocovarianzas nos permiten asegurar que el proceso es débilmente estacionario en orden 2. En este último caso, puede demostrarse que, si el proceso fuera *gaussiano* sería, además, estrictamente estacionario.

Notación y operadores

Llamando y a la variable básica e $y_1, y_2, \dots$ a los valores sucesivos observados. Utilizaremos además cuatro operadores B, F, ∇ y S , que cumplen con las reglas del álgebra:

El operador B llamado *operador retroceso* (Backward shift operator, también llamado Lag o retardo (L)). definido por

$$B y_t = y_{t-1}$$

de la que resulta,

$$B^m y_t = y_{t-m} ; B^{-m} y_t = y_{t+m}$$

El operador F , que llamamos *operador avance* (Foreward shift operator), definido por:

$$F = B^{-1}$$

por lo que

$$F y_t = y_{t+1} ; F^m y_t = y_{t+m}$$

El operador ∇ , llamado *operador diferencia* (difference operator) tal que

$$\nabla y_t = y_t - y_{t-1} = y_t - B y_t = (1 - B) y_t$$

de la que resulta:

$$\nabla = 1 - B$$

Finalmente, la inversa del operador ∇ es el operador S , llamado *operador suma* (Summation operator):

$$S y_t = \nabla^{-1} y_t = (1 - B)^{-1} y_t$$

Para este último, se verifica que, en total acuerdo con su definición, es

$$\nabla S y_t = S y_t - S y_{t-1} = y_t$$

Modelos autorregresivos de orden p (AR(p): Auto-Regressive)

Los modelos autorregresivos, son de gran aplicación en econometría, especialmente en la especificación de ecuaciones dinámicas.

El concepto es relativamente simple, se basa en explicar el nivel de una variable en un momento dado t, por los niveles registrados en períodos anteriores: t-1, t-2, etc.

Estos modelos se caracterizan porque la variable dependiente resulta explicada por valores pasados de la misma variable.

El orden del modelo viene dado por el máximo desfase de la variable dependiente que se incluye como explicativa.

Modelo para un orden p, AR(p):

$$\begin{aligned} \text{En forma resumida: } \Phi_p(B)Y_t &= \delta + \varepsilon_t \\ (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)Y_t &= \delta + \varepsilon_t \\ Y_t - \phi_1 B Y_t - \phi_2 B^2 Y_t - \dots - \phi_p B^p Y_t &= \delta + \varepsilon_t \\ Y_t - \phi_1 Y_{t-1} - \phi_2 Y_{t-2} - \dots - \phi_p Y_{t-p} &= \delta + \varepsilon_t \\ Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \delta + \varepsilon_t \end{aligned}$$

donde:

1. Cada una de las expresiones es equivalente entre sí.
2. ϕ_i : son los i-ésimos parámetros de autocorrelación del modelo, para $1 < i < p$.
3. $\Phi(B)_p$: Es el polinomio en la variable de retraso (Backward shift o Lag operator) de grado p, cuyas raíces son los parámetros del modelo AR.

Descripción:

De estos modelos los más estudiados y más aplicados son los de orden 1 y 2. Para identificar el orden de los parámetros se suele graficar las correlaciones a través de los denominados correlogramas (ver ítem 3.4.1.4).

En cuanto a los valores de ϕ_i , para que se cumplan las condiciones de estacionariedad $|\phi_i| < 1$.

Si $0 < \phi_i < 1$, se dice que las Y_t se hallan positivamente correlacionadas. Es decir que a un valor de Y superior a la media, le seguirá probablemente un valor por arriba de la media. Por el contrario si $-1 < \phi_i < 0$, se dice que las Y_t se hallan negativamente correlacionadas y por tanto a un valor de Y superior a la media, le seguirá probablemente un valor por debajo de la media.

En este sentido, en el caso de autocorrelación negativa las observaciones se alternan por arriba y debajo de la media. El gráfico corta demasiadas veces la media de la serie. Mientras que en el caso que sea positiva cortará pocas veces la media (idealmente solo una).

Entre medio de estos comportamientos se encuentra el aleatorio puro, que como veremos en los análisis de regresión simple y múltiple constituye una hipótesis fundamental. Esto implica que un modelo es complementario a otro.

Desventajas: No tiene en cuenta otro comportamiento que el que se manifestó a lo largo de la historia. Por ende se aplica a productos cuya demanda es estable en el tiempo y poco sensible a cambios en el mercado. Para obtener parámetros significativos a nivel estadístico se debe contar con valores de no menos de 50 períodos de tiempo distintos.

Ventajas: Relativamente pocos parámetros a estimar y muy buena aproximación en caso de existir correlación y estacionariedad.

Modelos de media móvil de orden q (MA(q): Moving average)

En las aplicaciones econométricas, es importante lograr una buena representación de la serie de tiempo, mediante un modelo que contenga el menor número de parámetros a estimar.

Si se cuenta con muchos datos, los modelos AR deben incluir, por lo general, gran cantidad de desfases para lograr una representación apropiada. Ello, a su vez, implica la estimación de gran número de parámetros, con la consiguiente pérdida de precisión, y por ende, baja performance en la predicción.

Una propiedad importante de los modelos MA es la de permitir una representación parsimoniosa del fenómeno, al reducir significativamente la cantidad de parámetros del modelo.

Modelo para un orden q, MA(q):

<i>En forma resumida:</i> $Y_t = \delta + \Theta_q(B)\varepsilon_t$ $Y_t = \delta + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)\varepsilon_t$ $Y_t = \delta + \varepsilon_t - \theta_1 B\varepsilon_t - \theta_2 B^2\varepsilon_t - \dots - \theta_q B^q\varepsilon_t$ $Y_t = \delta + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_p \varepsilon_{t-p}$

donde:

1. Cada una de las expresiones es equivalente entre sí.
2. θ_i : son los i-ésimos parámetros de autocorrelación del modelo, para $1 < i < q$.
3. $\Theta(B)_q$: Es el polinomio en la variable de retraso (Backward shift o Lag operator) de grado q, cuyas raíces son los parámetros del modelo AR.

Descripción:

Analizando la parametrización para un MA(1) puede apreciarse el porqué se pueden obtener buenas aproximaciones de procesos altamente correlacionados a través de medias móviles.

Sean dos procesos autorregresivos infinitos:

$$\begin{aligned}
 Y_t &= \theta_1 Y_{t-1} + \theta_2 Y_{t-2} + \dots + \theta_q Y_{t-q} + \varepsilon_t \\
 Y_{t-1} &= \theta_1 Y_{t-2} + \theta_2 Y_{t-3} + \dots + \theta_q Y_{t-q} + \delta + \varepsilon_t \\
 \text{Si multiplicamos por } \theta \text{ y restamos las expresiones surge:} \\
 Y_t &= \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} = (1 - B)\varepsilon_t
 \end{aligned}$$

Como puede apreciarse en el ejemplo, los modelos MA se construyen a partir de una combinación lineal de shocks aleatorios (ε_t) referidos a sucesivos momentos t .

En economía esta estructura es apta para describir fenómenos reflejados en diversos indicadores que fluctúan alrededor de un valor medio, afectados por perturbaciones cuyos efectos no son instantáneos, sino que persisten durante períodos subsiguientes.

Valen las mismas consideraciones que para los modelos autorregresivos, dado que como se pudo apreciar en la deducción anterior, el MA puede representarse a través de un AR infinito.

Caso de series no estacionarias: Integración de orden (d)

Los dos modelos anteriormente expuestos se basan en el supuesto de la estacionariedad del proceso estocástico que se intenta formalizar. Por lo tanto son aplicables siempre que las series empíricas que se deseen modelar, muestren un comportamiento estacionario.

Ahora bien, las series que maneja habitualmente el econometrista, evidencia en general, marcada tendencia y/o variabilidad no constante; por lo tanto no es posible admitirlas como realizaciones de procesos estacionarios.

Cuando uno se encuentra frente a una serie no estacionaria, el procedimiento es aplicar una transformación a los datos, de forma tal, de obtener una serie “transformada” estacionaria.

El procedimiento más común es la diferenciación, es decir tomar la serie de diferencias. Por ejemplo, para un proceso que sigue una trayectoria al azar (Random walk):

$$\begin{aligned}
 Y_t &= Y_{t-1} + \varepsilon_t \\
 Y_1 &= \varepsilon_1 \\
 Y_2 &= Y_1 + \varepsilon_2 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \\
 &\dots \\
 Y_t &= \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

La expresión genérica para t , demuestra la estacionariedad en media, sin embargo no es así para su varianza: $V(Y_t) = t \cdot \sigma(\varepsilon)$

Pero si tomamos la serie de las diferencias, resulta:

$$Y_t - Y_{t-1} = \varepsilon_t$$

Que es un proceso estacionario.

En este ejemplo se tomó sólo una diferenciación. Puede requerirse más de una u otro tipo de transformación.

La denominación integración en la forma de modelado se puede ver desarrollando la expresión de diferencias:

$$Y_t = Y_{t-1} + \varepsilon_t = Y_{t-2} + \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t = Y_{t-3} + \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_{t-2} + \varepsilon_t = \dots = \dots + \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_{t-2} + \varepsilon_t$$

Puede verse que a partir de continuos reemplazos se llega a un proceso Y_t , no estacionario, como suma o “integración” del proceso estacionario ε_t . Es por esto que al proceso se lo llama integración. El orden d, de la diferenciación indica cuantas veces se requiere proceder a la resta de valores.

3.1.4.1. ARMA (p,q): Auto-Regressive (p) Moving Average (q)

Modelo:

$$\begin{aligned}
 y_t &= \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} + \delta \\
 y_t &= \phi_1 B \cdot y_t + \phi_2 B^2 y_t + \dots + \phi_p B^p y_t + \varepsilon_t - \theta_1 B \varepsilon_t - \theta_2 B^2 \varepsilon_t - \dots - \theta_q B^q \varepsilon_t + \delta \\
 y_t - \phi_1 B \cdot y_t - \phi_2 B^2 y_t - \dots - \phi_p B^p y_t &= \varepsilon_t - \theta_1 B \varepsilon_t - \theta_2 B^2 \varepsilon_t - \dots - \theta_q B^q \varepsilon_t + \delta \\
 (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \cdot y_t &= (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t + \delta \\
 \Phi(B)_p \cdot y_t &= \delta + \Theta(B)_q \cdot \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

donde:

4. Cada una de las expresiones es equivalente entre sí.
5. ϕ_i : son los i-ésimos parámetros de autocorrelación del modelo, para $1 < i < p$.
6. θ_j : son los j-ésimos parámetros del modelo de medias móviles, para $1 < j < q$.
7. δ : Es una constante, ordenada al origen sobre la que se monta la serie.
8. $\Theta(B)_q$: Es el polinomio en la variable de retraso (Backward shift o Lag operator) de grado q, cuyas raíces son los parámetros del modelo MA.
9. $\Phi(B)_p$: Es el polinomio en la variable de retraso (Backward shift o Lag operator) de grado p, cuyas raíces son los parámetros del modelo AR.

Descripción: Estos modelos resultan de la combinación de modelos AR(p) y MA(q). La estructura mixta permite obtener una representación más parca (parsimoniosa) que la lograda a través de modelos puros.

Ventaja: Se logran excelentes aproximaciones para p y q bajos.

3.1.4.2. ARIMA (p,d,q): Auto-Regressive (p) Integrated (d) Moving Average (q)

Modelo:

$$\Phi(B)_p \cdot \nabla^d y_t = \Phi(B)_p \cdot (1-B)^d y_t \delta + \Theta(B)_q \cdot \varepsilon_t$$

donde:

1. Cada una de las expresiones es equivalente entre sí.
2. ϕ_i : son los i-ésimos parámetros de autocorrelación del modelo, para $1 < i < p$.
3. θ_j : son los j-ésimos parámetros del modelo de medias móviles, para $1 < j < q$.
4. δ : Es una constante, ordenada al origen sobre la que se monta la serie.
5. $\Theta(B)_q$: Es el polinomio en la variable de retraso (Backward shift o Lag operator) de grado q, cuyas raíces son los parámetros del modelo MA.
6. $\Phi(B)_p$: Es el polinomio en la variable de retraso (Backward shift o Lag operator) de grado p, cuyas raíces son los parámetros del modelo AR.
7. $\nabla^d = (1-B)^d$: Es el operador diferencia de orden d.

Descripción: Se adiciona la componente integrativa para el caso en el cual la serie no sea estacionaria y requiera estacionarizarse. Con lo cual se toma luego la serie de las diferencias y se procede a descomponerlo en modelos ARMA.

Ventaja: Se logran excelentes aproximaciones para series no estacionarias, que se presenta en la mayor parte de las de aplicaciones.

Desventaja: Se adicionan nuevos parámetros a determinar, lo que puede atentar contra la simplicidad de los modelos ARMA.

3.2. MÉTODOS CUANTITATIVOS II: MODELOS REGRESIVOS O ECONÓMICOS

Un modelo econométrico es un sistema de una o más ecuaciones que describe la relación entre variables económicas y de series de tiempo. Los modelos econométricos son probabilísticos y utilizan la relación probabilística que existe entre una variable dependiente o explicada, representada por la serie de tiempo (y) y cualquier número de variables independientes o explicativas ($x_1, x_2, \dots, \text{etc.}$).

Los modelos de regresión lineal son modelos econométricos que en ocasiones proporcionan un modelo probabilístico adecuado para describir la tendencia a largo plazo de una serie de tiempo.

La importancia de estos modelos radica en la posibilidad de generalizar su aplicación. Esto se consigue representando a través de una ecuación lineal ($y = mx + b$) un sinnúmero de variantes, por medio de un cambio de variables adecuado. Es así como x puede ser:

$x = A.\text{sen}(\omega.t)$ $x = e^t$ $x = \log(t)$ $x = y_{t-1}$ $x = a + bt + ct^2$ etc...
--

Al plantear el modelo, es posible usar tanto ingenio como se desee para su construcción. Sin embargo se deberá prestar especial atención a la verificación o prueba posterior que consiste en averiguar qué tan bien se ajusta a los datos muestrales y, más importante, que tan bien funciona para predecir el futuro.

La principal característica que distingue los modelos econométricos de los modelos clásicos de series de tiempo es el uso, en los primeros, de variables económicas y demográficas las que, se piensa, están causalmente relacionadas con y . Los modelos econométricos intentan describir la relación entre las variables mediante una o más ecuaciones de regresión, en tanto los modelos de series de tiempo ignoran las variables causales y se basan en una proyección de las componentes inherentes a las series de tiempo.

La construcción de un modelo econométrico de pronósticos comienza usualmente con un gran número de variables que, *a priori* (rasgo de subjetividad del método), pueden pensarse cercanamente relacionadas a la variable de interés y entonces se combinan usando el método de mínimos cuadrados. Sin embargo un modelo que ajuste muy bien a los datos pasados puede resultar poco sensible a incertidumbres del futuro y podría incluso proporcionar predicciones poco precisas. Puesto que toda predicción está asociada con eventos futuros, se seleccionará aquel modelo de predicción que demuestre una mayor habilidad para predecirlos, no para ajustarse al pasado.

3.2.1. Modelos de regresión Simple y múltiple

Llamamos análisis de regresión al conjunto de procedimientos estadísticos que se utilizan para analizar la relación entre una variable Y (endógena) y una (en el caso simple) o más variables X (caso múltiple) independientes, dada por la combinación lineal:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_p)$$

El problema estadístico radica en el hecho que los valores de X no determinan unívocamente a Y , sino que habrá una componente aleatoria, llamada perturbación aleatoria ε . Esta es la única aleatoriedad que se introduce en el modelo. Si bien cada X puede representar una variable aleatoria distinta, no se la considera como tales sino como datos observados.

$$Y_t = f(X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{pt}, \varepsilon_t)$$

El modelo de regresión lineal se expresa mediante la siguiente expresión:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \dots + \beta_p X_{pt} + \varepsilon_t$$

donde:

1. Y : Variable explicada, dependiente o endógena en el instante t .
2. t : es el instante de tiempo en el que se toman las muestras, van desde un $t = 0, \dots, n$.
3. X_i : i -ésima variable explicativa, independiente o exógena / endógena, en el instante t . Para $i = 0, 1, 2, \dots, p$.
4. β_i : i -ésimo parámetro del modelo. Para $i = 0, 1, 2, \dots, p$.

Descripción: La expresión muestra el denominado modelo de regresión múltiple, que incluye al caso de regresión simple para $i = 0, 1$.

Cabe señalar una vez más el concepto amplio de linealidad cuya única restricción está en la combinación lineal de las variables. Es decir: las variables X pueden ser funciones de las variables explicativas originales, debiendo darse la condición de suficiencia en la linealidad de los parámetros beta.

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot f(X_1, \dots, X_p) + \varepsilon_t$$

El parámetro β_0 se suele denominar el intercepto u ordenada al origen, mientras que los restantes β_i se denominan coeficientes de regresión. Es posible tomarse modelos de intercepto nulo, donde a priori se juzga que $\beta_0 = 0$. Las distintas expresiones mostradas se denominan recta de regresión. La función predictora será:

$$\hat{Y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1t} + \dots + \hat{\beta}_p X_{pt}$$

Es así como el estimador de la perturbación aleatoria se puede hallar como diferencia entre $Y_t - \hat{Y}_t$. El estimador suele denominarse residuo o error y se denota como $\hat{\varepsilon}_t$.

En cuanto al proceso de cálculo de parámetros y su validación se pueden utilizar dos métodos: mínimos cuadrados (criterio de Kart Friederich Gauss) y máxima verosimilitud.

El primero de ellos, es el comúnmente utilizado y se basa en minimizar la suma de los cuadrados de los residuos. Su expresión es a través de las ecuaciones normales de Gauss, a la que se le asigna la letra Q:

$$Q = \sum_{t=1}^n [Y_t - \hat{Y}_t]^2 = \sum_{t=1}^n [Y_t - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1t} + \dots + \hat{\beta}_p X_{pt})]^2$$

El Microsoft Excel trae una función complementaria como análisis de datos, que es el análisis de regresión. A través de esta función, se automatiza el proceso de determinación de los parámetros.

La única restricción es un número máximo de variables explicativas de 16.

A modo de ejemplo, la función devuelve una planilla con los siguientes datos:

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple (R)	0,52
Coefficiente de determinación R ²	0,27
R ² ajustado	0,26
Error típico (S)	6,54
Observaciones	70

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	1073	1073	25	4,10E-06
Residuos (Q)	68	2905	43		
Total (T)	69	3978			

	Coefficientes (β_i)	Error típico S(β_i)	Estadístico t [$\beta_i / S(\beta_i)$]	Probabilidad (Valor acumulado por al t-student)
Intercepción	3,822	1,736	2,201	0,031
Variable X 1	0,328	0,114	2,889	0,005
'''	'''	'''	'''	'''
Variable X p	0,387	0,114	3,384	0,001

Criterios de validación:

1. Coeficiente de determinación: $R^2 = (T-Q)/T = 1 - Q/T$, donde:

$$T = \sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2 : \text{Variación total}$$

$$Q = \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 : \text{Variación residual}$$

Equivale a la ganancia porcentual de información (T-Q). Es decir, cuanto de la variación total es explicada por el modelo. Lo mismo puede observarse a través de la siguiente identidad:

$$T = Q + \hat{S} \Rightarrow \sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2 = \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 + \sum_{t=1}^n (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2$$

Puede desprenderse de su expresión que $0 < R^2 < 1$. Cuanto más cercano sea a uno, mejor es el ajuste del modelo a los datos.

Ello no obstante, un valor alto implica la existencia de una fuerte relación pero no demuestra que haya una relación causa-efecto. Además existe una propiedad indeseable que es que Q disminuye al agregar variables, con lo que el valor de R^2 aumenta, sin necesidad de mejora en la predicción. Es por ello que en dos modelos siempre deben compararse las duplas (R^2 ; S^2). Muchas veces se toma la raíz, es decir R, que recibe el nombre de coeficiente de correlación. Su signo es igual al de β_i y de ser positivo indica que al aumentar X aumenta Y.

Atención: Estos coeficientes miden el grado de asociación lineal entre variables. Puede existir una función que vincule directamente a Y y X, sin embargo no ser reflejadas si no se trata de una relación lineal. Es por ello que la elección de la forma de la variable a priori es fundamental para el análisis.

2. La varianza: S^2 , cuya fórmula es

$$S^2 = \frac{Q}{n - p}$$

Se puede ver que a medida que se agreguen variables, disminuye tanto Q, como (n-p). Por tanto si la varianza disminuye, significa que la variable realmente aportó explicación en el modelo, de lo contrario sólo ruido.

Al valor de S se lo denomina error típico.

3. El $R^2_{AJUSTADO} = 1 - [(1 - R^2) * (n-1)] / (n-p)$

El concepto que subyace en la fórmula de cálculo es que tiene en cuenta para el cálculo tanto al R^2 como los grados de libertad y, por tanto, no aumenta necesariamente al agregar nuevas variables.

4. El valor crítico F: Es el estadístico que mide el ensayo de la hipótesis de que todos los coeficientes de regresión son nulos.

5. El valor crítico B: Es el estadístico que mide el ensayo de la hipótesis de que un dado coeficiente o término es nulo.

Tanto para el punto 4 como el 5, se está frente a una condición fuerte de suponer un impacto nulo de las variables. Por lo general los análisis se suelen realizar con un nivel de significancia del 95%, reduciendo a un 5% las probabilidades de equivocarse en la hipótesis, aceptándola cuando realmente no sea cierto.

6. Multicolinealidad: Es una medida de la relación entre variables explicativas. Entre las Hipótesis del modelo de regresión se asume que no existen influencias entre las variables explicativas. Los resultados de la multicolinealidad es alterar la significancia de los ensayos de hipótesis, produciéndose coeficientes con signos cambiados, alta sensibilidad del modelo frente a nuevos datos.
Para detectarse se calculan las correlaciones entre todas las variables y se halla el determinante. Si el mismo supera el valor 0,1 no habrá de que preocuparse.
7. VIF – Variance inflation factor. Es un estadístico útil para determinar que variable extraer una vez se ha detectado multicolinealidad.
8. Press – Prediction Sums of squares. Es un estadístico que mide la capacidad predictiva del modelo. Cuanto menor sea su valor, mejor será el modelo y se basa en la suma de los errores cuadráticos de regresión ante la ausencia de cada una de las observaciones.
9. CP – Componente principal. Es un estadístico que, al contrario del VIF, mide que tan buena es la información que aportan las variables. Cuanto menor su valor, mejor será el modelo y se toma como umbral 5P (donde P son la cantidad de parámetros a estimar). Superado este valor significa que el modelo podría verse mejorado si incluyéramos otra variable.

Limitaciones: A pesar del alto grado de aplicabilidad y de ser uno de los modelos más utilizados por las industrias, existen un número de supuestos fundamentales sobre los cuales versan las conclusiones estadísticas producto del análisis. Ellas son:

- En relación a la forma funcional:
 1. Las variables predeterminadas $X_1, X_2, \dots, X_p$ influyen sobre la variable explicativa Y, pero no son influidas por ésta. Es decir: $X_1, X_2, \dots, X_p \Rightarrow Y$.
 2. El número de datos n es claramente superior al número de parámetros (p + 1) a calcular.
 3. La forma funcional del modelo es correcta y los coeficientes estructurales $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_p$ son constantes para todas las observaciones.
- Las variables predeterminadas $X_1, X_2, \dots, X_p$ deben cumplir que:
 4. No exista multicolinealidad ni perfecta ni aproximada, es decir el determinante de la matriz de correlaciones no está próximo a cero.
 5. Son variables no aleatorias, o sea controladas por el experimentador y medidas sin error.

- Las perturbaciones aleatorias $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ son las únicas variables aleatorias que representan la parte de variabilidad de Y . Su distribución probabilística debe cumplir con que $\varepsilon \in N(0_n; \sigma_\varepsilon^2 I_n)$, o sea:
6. No existan desviaciones sistemáticas en el modelo no explicado por las variables X . Es decir: $E(\varepsilon_i) = 0$, para $i = 1, \dots, n$.
 7. La variabilidad de las perturbaciones se mantiene constante para todos los datos, es decir, los datos deben ajustarse al modelo de forma aproximadamente igual en todo el rango de variabilidad de las variables predeterminadas. Esta hipótesis se denomina **homocedasticidad** e implica que: $V(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2$, para $i = 1, \dots, n$.
 8. Las perturbaciones no están autocorrelacionadas entre sí, es decir, no existe autocorrelación. $\text{Corr}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 = E(\varepsilon_i, \varepsilon_j)$, para $j \neq i = 1, \dots, n$.
 9. Las perturbaciones se ajustan a una ley normal, tal que $\varepsilon_i \in N(0; \sigma_\varepsilon^2)$

Junto al conjunto de hipótesis sobre el cual se fundamenta su aplicabilidad, aparece otra restricción, no menor, que es la determinación de la historia de las variables relacionadas y su proyección.

Existen diversas fuentes de estadísticas, entre las cuales se recomienda:

1. Universidades, tanto públicas como privadas. Las mismas pueden poseer equipos de economistas y estadísticos que realizan proyecciones y pueden ayudar en la tarea. Ej: Universidad de Tucumán.
2. Para estadísticas Macroeconómicas, se disponen de entidades públicas:
 - i. INDEC: Estadísticas Instituto Nacional de Estadística y Censos - www.indec.mecon.gov.ar.
 - ii. MECON: Ministerio de Economía. El mismo posee una serie de informes de coyuntura y variables relevantes dentro de las categorías de Panorama Internacional, Nivel de Actividad, Empleo e Ingresos, Finanzas Públicas, Sector Externo, Dinero y Bancos y Precios. <http://www.mecon.gov.ar/peconomica/informe/anteriores.htm>.
 - iii. BCRA: Banco Central de la República Argentina
 - iv. Otras: <http://www.aaep.org.ar/espa/institu/>.
3. Para obtener información de mercados o industrias se puede recurrir a las cámaras u organizaciones. Por ejemplo:
 - i. SAGPyA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos - <http://www.sagpya.mecon.gov.ar>
 - ii. Otras: <http://www.industria.gov.ar/basehome/linksdeinteres.htm>.

3.3. MÉTODOS CUALITATIVOS

Como su nombre lo indica los pronósticos cualitativos se afianzan en elementos derivados de la experiencia, de las circunstancias del medio y la percepción (“olfato”) que poseen para los negocios las personas que tienen a su cargo la tarea de planificar. A diferencia de los métodos cualitativos, podrá observarse que no existe un modelo expresado a través de una fórmula matemática, sino que más bien se busca plasmar información subjetiva de expertos. Como herramienta suele recurrirse a la tabulación de datos para facilitar el pronóstico final.

En muchos casos los expertos en planificación opinan que estos tipos de pronósticos son más confiables que los cuantitativos ya que contienen un alto grado de subjetividad por parte del pronosticador lo que representa una mayor flexibilidad, característica que los diferencia de los pronósticos cuantitativos. Además pueden contener elementos actualizados que a veces son muy difíciles, sino hasta imposibles de parametrizar y reflejar en los modelos numéricos. Su aporte suele ser sumamente útil al resolver diferentes tipos de problemas de pronósticos a largo plazo.

Mientras que los métodos cuantitativos proporcionan estimaciones en base a resultados, los métodos cualitativos se basan en la inteligencia de mercado proporcionando información vital sobre los impactos de acontecimientos futuros.

La tendencia moderna persigue encontrar estimaciones a través del consenso (consensus forecasting) entre las distintas personas que integran la cadena de suministro. El término de pronósticos consensuados puede ser tan simple como un promedio de las estimaciones individuales de los participantes, hasta algoritmos sumamente complejos de ponderación.

A continuación se presentan algunas de las técnicas más usuales de pronósticos cualitativos.

3.3.1. Delphi

El método Delphi pretende extraer y maximizar las ventajas que presentan los métodos basados en grupos de expertos y minimizar sus inconvenientes. Para ello se aprovecha la sinergia del debate en el grupo y se eliminan las interacciones sociales indeseables que existen dentro de todo grupo. De esta forma se espera obtener un consenso lo más fiable posible del grupo de expertos.

Este es un instrumento muy generalizado para la toma de decisiones importantes. El término delfos se deriva de la antigua ciudad griega de Delfos, en donde se encontraba un famoso templo en honor al dios Apolo del cual hoy en día solo se encuentran ruinas. En la antigüedad este templo gozaba de una reputación respetada ya que en su interior existían sacerdotisas que bajo la influencia de ciertos brebajes emitían los más certeros pronósticos relacionados con el futuro de la ciudad.

En nuestros días el método delfos tiene una acepción diferente ya que existe toda una metodología en la cual se convocan a expertos ubicados en áreas de la organización relacionadas con el tema del cual se necesita el pronóstico.

Si bien existen diversas versiones del método que han dado lugar a otros métodos como el de grupos estructurados y juegos de rol, a continuación explicaremos los conceptos lo más genéricamente posible de forma tal de poder contar con la base fundamental de estas metodologías, sus virtudes y defectos.

Descripción:

Este método presenta tres características fundamentales:

1. **Anonimato:** Durante un Delphi, ningún experto conoce la identidad de los otros que componen el grupo de debate. Esto tiene una serie de aspectos positivos, como son:
 - Impide la posibilidad de que un miembro del grupo sea influenciado por la reputación de otro de los miembros o por el peso que supone oponerse a la mayoría. La única influencia posible es la de la congruencia de los argumentos.
 - Permite que un miembro pueda cambiar sus opiniones sin que eso suponga una pérdida de imagen.
 - El experto puede defender sus argumentos con la tranquilidad que da saber que en caso de que sean erróneos, su equivocación no va a ser conocida por los otros expertos.
2. **Iteración y realimentación controlada:** La iteración se consigue al presentar varias veces el mismo cuestionario. Como, además, se van presentando los resultados obtenidos con los cuestionarios anteriores, se consigue que los expertos vayan conociendo los distintos puntos de vista y puedan ir modificando su opinión si los argumentos presentados les parecen más apropiados que los suyos.
3. **Respuesta del grupo en forma estadística:** La información que se presenta a los expertos no es sólo el punto de vista de la mayoría, sino que se presentan todas las opiniones indicando el grado de acuerdo que se ha obtenido.

TIPOS DE PRONOSTICOS DELPHI

1. **POR OBJETIVO:** Dependiendo del objetivo que se persiga, en un ejercicio Delphi, este se puede clasificar en:
 - *Delphi de Proyección:* Diseñado para proyectar variables, eventos, tendencias, que servirán de apoyo en la toma de decisiones.
Se caracteriza por la búsqueda del consenso entre las opiniones de los participantes, evitando los problemas que se producirían en un encuentro cara a cara.
 - *Delphi de Política:* Es una herramienta de análisis de políticas alternativas y no un mecanismo de toma de decisiones. Su objetivo es asegurar que todas las posibles opciones de un problema han sido expuestas y consideradas de modo de estimar el impacto y consecuencias de cualquier opción en particular, analizar y estimular la aceptabilidad de una determinada opción. No busca el consenso, sino más bien, se pretende acentuar las divergencias.
2. **POR CONDUCCIÓN:** Según la forma de conducir un ejercicio Delphi, pueden distinguirse dos tipos:
 - *Delphi Convencional:* Es el más común y se caracteriza por la importancia del grupo monitor tanto en el diseño, como en la evaluación de las respuestas.
 - *Delphi Computador:* El grupo monitor es reemplazado en gran medida por un computador que es programado para realizar la compilación de los resultados del ejercicio.

La ventaja del Delphi convencional es que puede adaptarse o mortificarse en función de las respuestas del grupo.

La ventaja del Delphi Computador es que permite una mayor rapidez en el procesamiento de la información y se minimizan los errores en la tabulación de la información.

3. **OTROS TIPOS:**
 - *Delphi Cara - Cara:* Este tipo de Delphi tiene características similares a los anteriores en cuanto a su objetivo, sin embargo su forma de conducción presenta variaciones. La diferencia fundamental radica en que el cuestionario se lleva personalmente a cada integrante del panel, a quien se le hace la entrevista en forma individual, lo cual permite aumentar la flexibilidad de las respuestas, pues el entrevistador puede resolver cualquier duda o ambigüedad que se le presente al panelista en relación a las preguntas del cuestionario.
Por otra parte se pueden presentar ventajas de tiempo (entrevista vs correo) y se logra disminuir el porcentaje de deserción de los panelistas.
 - *Mini Delphi:* Al igual que en el caso anterior, sus características en cuanto a objetivos son similares a los tipos de Delphi ya analizados. El Mini Delphi consiste en una conferencia de mesa redonda, en donde las opiniones y respuestas al cuestionario se hacen por escrito, y en varias mesas simultáneamente (optativo).
En este caso, el grupo monitor responde cualquier duda, tabula los resultados y devuelve el cuestionario a los participantes.

Las ventajas de este tipo de Delphi radican en su mayor flexibilidad y ahorro de tiempo, resultando más atractivo para aquellas instituciones que no tienen problemas geográficos (de distancia) para reunir a un grupo de panelistas.

Terminología usual:

Circulación: Es cada uno de los sucesivos cuestionarios que se presenta al grupo de expertos.

Cuestionario: El cuestionario es el documento que se envía a los expertos. No es sólo un documento que contiene una lista de preguntas, sino que es el documento con el que se consigue que los expertos interactúen, ya que en él se presentarán los resultados de anteriores circulaciones.

Panel: Es el conjunto de expertos que toma parte en el Delphi.

Moderador / facilitador: Es la persona responsable de recoger las respuestas del panel y preparar los cuestionarios.

Procedimiento o fases:

En un Delphi clásico se pueden distinguir cuatro circulaciones o fases:

0. Antes de iniciar un Delphi se realizan una serie de tareas previas, como son:
 - Delimitar el contexto y el horizonte temporal en el que se desea realizar la previsión sobre el tema en estudio.
 - Seleccionar el panel de expertos y conseguir su compromiso de colaboración. Las personas que sean elegidas no sólo deben ser grandes conocedores del tema sobre el que se realiza el estudio, sino que deben presentar una pluralidad en sus planteamientos. Esta pluralidad debe evitar la aparición de sesgos en la información disponible en el panel.
 - Explicar a los expertos en qué consiste el método. Con esto se pretende conseguir la obtención de previsiones fiables, pues van los expertos van a conocer en todo momento cuál es el objetivo de la cada una de los procesos que requiere la metodología.

1. Primera circulación

El primer cuestionario es desestructurado, no existe un guión prefijado, sino que se pide a los expertos que establezcan cuáles son los eventos y tendencias más importantes que van a suceder en el futuro referentes al área en estudio.

Cuando los cuestionarios son devueltos, éste realiza una labor de síntesis y selección, obteniéndose un conjunto manejable de eventos, en el que cada uno está definido de la forma más clara posible. Este conjunto formará el cuestionario de la segunda circulación.

2. Segunda circulación

Los expertos reciben el cuestionario con los sucesos y se les pregunta por la fecha de ocurrencia. Una vez contestados, los cuestionarios son devueltos al moderador, que realiza un análisis estadístico de las previsiones de cada evento. El análisis se centra en el cálculo de la mediana (año en que hay un 50% de expertos que piensan que va a suceder en ese año o antes), el primer cuartil o cuartil inferior (en el que se produce lo mismo para el 25% de los expertos) y tercer cuartil o cuartil superior (para el 75%).

El moderador confecciona el cuestionario de la tercera circulación que comprende la lista de eventos y los estadísticos calculados para cada evento.

3. Tercera circulación

Los expertos reciben el tercer cuestionario y se les solicita que realicen nuevas previsiones. Si se reafirman en su previsión anterior y ésta queda fuera de los márgenes entre los cuartiles inferior y superior, deben dar una explicación del motivo por el que creen que su previsión es correcta y la del resto del panel no. Estos argumentos se realimentarán al panel en la siguiente circulación. Al ser estos comentarios anónimos, los expertos pueden expresarse con total libertad, no estando sometidos a los problemas que aparecen en las reuniones cara a cara.

Cuando el moderador recibe las respuestas, realiza de nuevo el análisis estadístico y, además, organiza los argumentos dados por los expertos cuyas previsiones se salen de los márgenes intercuartiles. El cuestionario de la cuarta circulación va a contener el análisis estadístico y el resumen de los argumentos.

4. Cuarta circulación

Se solicita a los expertos que hagan nuevas previsiones, teniendo en cuenta las explicaciones dadas por los expertos. Se pide a todos los expertos que den su opinión en relación con las discrepancias que han surgido en el cuestionario. Cuando el moderador recibe los cuestionarios, realiza un nuevo análisis y sintetiza los argumentos utilizados por los expertos.

Teóricamente, ya habría terminado el Delphi, quedando tan sólo la elaboración de un informe en el que se indicarían las fechas calculadas a partir del análisis de las respuestas de los expertos y los comentarios realizados por los panelistas. Sin embargo, si no se hubiese llegado a un consenso, existiendo posturas muy distantes, el moderador debería confrontar los distintos argumentos para averiguar si se ha cometido algún error en el proceso.

Puede observarse un diagrama explicativo de esta metodología.

METODO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA

PROCESO DELPHI

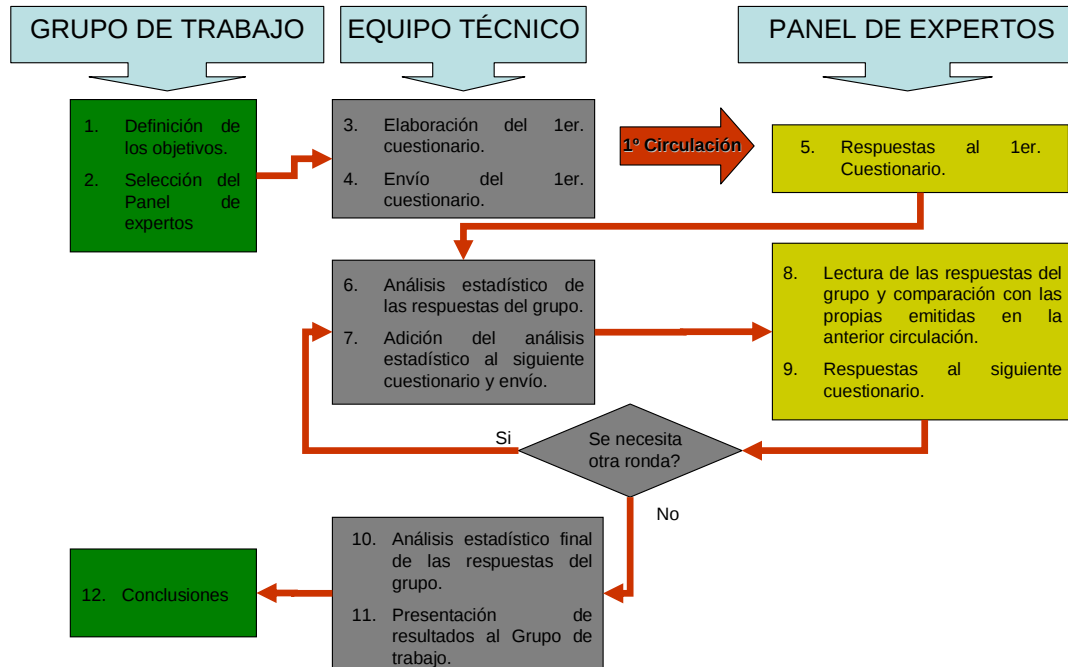


Ilustración 3-4

Limitaciones: Todos los métodos cualitativos, dada su metodología, presentan un gran número de limitaciones o barreras prácticas, dado su carácter subjetivo. Es aquí donde la experiencia es una gran guía y a falta de ella a continuación resumiremos algunas de las limitantes más fuertes.

1. **LIMITACIONES TÉCNICAS O FORMALES:** Se refieren fundamentalmente a la no comprensión del detalle de la técnica.

Composición del panel: Este es un aspecto básico en un ejercicio Delphi. Existe una serie de reglas que observar cuando se elige un panel; la no observancia de ellas conducirá a una mala constitución del panel y por tanto a una mala aplicación.

Muchas veces al constituir un panel se introducen sesgos en su composición. Los sesgos más comunes son:

- Recargar la participación de individuos claramente pesimistas, forzando el consenso en un sentido pesimista u optimista respectivamente.
- Incluir en el panel individuos representantes de una ideología determinada - cuando ello sea una variable no controlada en la experiencia descuidando el equilibrio ideológico del panel al no incluir individuos representantes de las ideologías opuestas.
- La inclusión de panelistas dogmáticos en un Delphi de proyección dificultará la obtención de consenso.

Deficiente formulación del cuestionario: Preguntas vagas, muy largas, separadas, con exceso o falta de información, inducirán a interpretaciones erróneas de parte de los panelistas, por lo tanto, la desviación de las

respuestas con respecto a la media será mayor que en aquellas preguntas correctamente formuladas.

No entender el tema: La no comprensión del tema objeto del estudio Delphi, por parte del grupo monitor puede conducir a plantear un cuestionario excesivamente largo. Esto redundará en pérdida de interés por parte de los panelistas al responder el cuestionario y problemas de tabulación de la información.

Por otra parte, también puede conducir a plantear un cuestionario cualitativamente insuficiente, del cual no es posible extraer toda la información que se requiere para obtener resultados confiables.

2. LIMITACIONES DE FONDO: Estas limitaciones se refieren a la falta de comprensión del concepto Delphi, lo cual se manifiesta a través de:

Prejuicios del monitor: Ideas preconcebidas de parte del grupo monitor conducirán a la elección de un panel que tienda a asegurar resultados en la dirección pensada. También puede llevar a plantear preguntas dirigidas o restringidas, que no agotan todas las posibilidades de investigación del tema en estudio, forzando de este modo, el consenso de proyecciones y la divergencia en de los Delphi de política.

Otra consecuencia, es la manipulación de los datos en la evaluación de los cuestionarios, introduciendo distorsiones en la presentación del feedback, y por tanto en los resultados finales.

Ignorar desacuerdos: Una de las características de este método es la exploración de los desacuerdos que surgen de las respuestas de los panelistas.

Los desacuerdos pueden ser ignorados cuando el criterio de lo que se considera como consenso es muy flexible, cuando las minorías no son consideradas como resultado de una ponderación inadecuada de los panelistas. Todo esto conducirá a resultados sesgados y de escasa contabilidad.

Lentitud: La realización del ejercicio Delphi debe ser planeada dentro de un período de tiempo y en la programación de cada etapa se debe considerar un margen de tiempo que incluya demoras imprevistas. La prolongación excesiva en el tiempo de duración del ejercicio hará que los panelistas pierdan interés en el tema.

Falta de Programación: La programación detallada del desarrollo del ejercicio es uno de los aspectos importantes para la aplicación exitosa de la técnica, ya que, una buena programación conlleva una mejor utilización de los recursos tanto humanos como materiales, lo que implica bajo costo en comparación con otras técnicas y ahorro de tiempo.

Panel responsable de la proyección: El método Delphi es una técnica que permite extraer información de los panelistas con la que no cuenta el grupo monitor, la cual le servirá de apoyo para realizar la proyección. Creer que el panel es el responsable de la proyección llevará a plantear un cuestionario limitado a la obtención de resultados puntuales en relación a la proyección, y no permitirá obtener una información más variada respecto del comportamiento de una serie de eventos, sucesos, tendencias que estarían afectando la o las variables que se quieren proyectar.

Comprensión del tema en estudio: La no comprensión del tema en estudio, además de constituir una limitación formal por las razones señaladas anteriormente, es una limitación de fondo en el planteamiento del ejercicio Delphi.

No entender el tema en estudio conducirá a plantear un cuestionario del cual no es posible extraer toda la información que se requiere para hacer una buena proyección.

Descuentos del futuro: Uno de los problemas que enfrentan los métodos de investigación de futuro (basados en juicios colectivos para proyecciones o diseños de políticas) es que cada individuo “descuenta” el futuro en una proporción diferente.

La tasa de descuento depende del nivel cultural y nivel social de cada individuo. Una persona situada en la base de una pirámide de estructura social descontará la polución, por ejemplo, a una tasa más alta, que una persona que se ubica en la parte más alta.

Esta tasa subjetiva tienen dos dimensiones: una temporal y otra espacial. La dimensión temporal se refiere al horizonte de planificación de cada individuo y la dimensión espacial al campo de percepción del mundo que lo rodea.

Habrán entonces, individuos cuya preocupación se reduce en términos espaciales a su vecindad, mientras que otros estarán preocupados de lo que ocurre en su país y en el resto del mundo.

Esta tasa de descuento se aplica tanto al futuro como al pasado. Las tasas a las que cada individuo descuenta el pasado afectan las estimaciones que los individuos hacen sobre el futuro. En el contexto Delphi se observa que los participantes están más influenciados por los eventos recientes, que por aquellos más alejados en la historia (Linstone, 1975).

La toma de decisiones en un ambiente de incertidumbre se hace más difícil, ya que el rango de alternativas se amplía y aumenta la probabilidad de “accidentes” (eventos de baja probabilidad de ocurrencias y de acciones irracionales). Los individuos, en general tienden a ignorar el más largo plazo, centrándose en las acciones y decisiones del futuro relativamente inmediatas.

Aún cuando en un ejercicio Delphi, la selección de panelistas incluya a todos los sectores de la población que se desean tener representados, las conclusiones pueden tener distorsiones, por las diferencias que existen en el horizonte de planeación entre la elite participante y la población.

Exceso de simplificación: Es predecible a la complejidad. Sin embargo, la falta de atención sobre este punto puede conducir a excesos de simplificación. Una de las sobre-simplificaciones más comunes en el campo de las ciencias sociales, es creer que un sistema se compone de la simple suma de cada una de las partes que lo integran. Esta sobre-simplificación cobra mucha importancia cuando se trata de proyectar.

Otra sobre-simplificación puede ocurrir con el uso de probabilidades subjetivas. La técnica Delphi utiliza estas probabilidades y es importante tener en cuenta que la mayoría de los individuos tienen tendencia a confundir, probabilidad de ocurrencia con deseabilidad de ocurrencia. (Linstone, 1975)

El lenguaje usado en el cuestionario también puede constituir una sobre-simplificación, en el sentido de no considerar en el diseño del formato las diferencias existentes entre los panelistas (nivel cultural, lenguaje).

Cuando se trata de panelista con distinto nivel cultural el formato único puede destruir el mensaje entre alguno de ellos y el grupo monitor.

La ilusión del experto: No siempre una proyección basada en juicios de expertos es buena proyección, debido a que sus puntos de vista se basan en su propio subsistema y puede suceder que el panelista no considere al sistema como un todo.

Falta de imaginación: La imaginación y creatividad constituyen el componente artístico en el diseño del método Delphi, el cual es difícil de formular en términos concretos.

Sin embargo, una de las limitaciones que enfrenta el diseño de un ejercicio Delphi, es la falta de imaginación y creatividad de parte del grupo de monitores, lo cual se manifiesta en:

- Incapacidad de percibir que los individuos pueden ver un mismo problema de diferentes maneras, lo que se traduce en un diseño que no permite a los panelistas expresar cabalmente sus puntos de vista, ideas o enfoques.
- Incapacidad de conceptualizar diferentes estructuras que permitan examinar el mismo problema.

Manipulación de los datos: El método Delphi, por el carácter anónimo de las respuestas y por la forma en que se procesa la información, está propenso a la manipulación de los datos (distorsionar el feedback y los resultados finales del ejercicio) con fines de propaganda, ideológicas, etc.

Ventajas:

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

Nota: Delphi es sin duda una técnica que desde hace unos cuarenta años ha sido objeto de múltiples aplicaciones en el mundo entero.

A partir del procedimiento original, se han desarrollado otras aproximaciones. De este modo, la mini-Delphi propone una aplicación en tiempo real del método: los expertos se reúnen en un lugar y debaten cada cuestión antes de responder. Últimamente, la utilización de nuevos modos de interacción entre expertos, como el correo electrónico, tienden a desarrollarse y a convertir el procedimiento en más flexible y rápido.

3.3.2. Investigación de Mercado y analogía histórica.

La *Analogía histórica* y las *Investigaciones de mercado* son procedimientos útiles para productos y servicios nuevos. También se las utiliza para el caso de reemplazo / sustitución de un producto por otro.

La analogía histórica estima las ventas futuras de un producto nuevo con el conocimiento de las ventas de un producto similar, mientras que la investigación de mercado es el proceso sistemático de diseño, obtención, análisis y presentación de datos y descubrimientos pertinentes a una situación de marketing específica que enfrentan las empresas.

Las investigaciones de mercado están destinadas a problemas y oportunidades específicas y consta de cinco pasos:

1. Definir el problema y los objetivos de la investigación.
2. Desarrollar el plan de la investigación.
3. Recabar la información.
4. Analizar la información.
5. Presentar los resultados.

Se deberán definir además, los métodos que se utilizarán para recabar la información, que pueden ser:

- Por observación.
- Por sesiones de grupo o grupos de enfoque.
- Por encuestas.
- Datos de comportamiento.
- Investigación experimental.

y el método de contacto:

- Por correo.
- Por teléfono.
- Por entrevistas personales.

Las medidas de la demanda

Las empresas pueden preparar hasta 90 tipos distintos de estimaciones de demanda. Esta se puede medir para:

- seis (6) niveles de productos distintos – Todas las ventas, ventas de la industria, ventas de la empresa, líneas de producto, forma del producto, producto individual –
- cinco (5) niveles de espacio diferentes - mundo, país, región, territorio, cliente –
- y tres (3) niveles de tiempo – corto, mediano, largo plazo -

Sólo por mencionar algunas de las dimensiones del problema.

Cada medida tiene un propósito específico. Una empresa podría pronosticar la demanda a corto plazo de un producto específico con el propósito de ordenar materias primas, planear la producción y pedir dinero prestado. La empresa podría pronosticar la demanda regional de su principal línea de productos para decidir si establecer o no una red de distribución regional.

Estimación de la demanda

La demanda de mercado de un producto, bajo esta concepción, es el volumen total que compraría un grupo de clientes definido, en un área geográfica

determinada, en un período de tiempo establecido, dentro de un entorno de marketing dado, y bajo un programa de marketing propuesto.

La demanda no es una cifra fija, sino una función compleja que depende de diversos factores.

En su pronóstico se comienza por determinar el potencial de mercado. Esto es el límite al que se acerca la demanda de mercado (una esperanza de demanda) a medida que los gastos en marketing de la industria se acercan al infinito para un entorno de marketing dado. Esta cantidad representa el máximo de ventas que podrían alcanzar las empresas de la industria durante un período de tiempo y bajo un nivel de esfuerzos en la oferta y condiciones del contexto dadas.

El procedimiento se basa en determinar un número de prospectos o clientes potenciales y multiplicar dicha cantidad por una tasa de consumo promedio. Otra forma es el método de variación en cadena, que implica multiplicar un número base por varios porcentajes de ajuste. Así como estos existen varias alternativas más, como: el método de acumulación progresiva de mercado (dividiendo las estimaciones por estratos de población, territorios, niveles económicos, etc. y luego sumándolos), método del índice de factor múltiple (las ventas son un X% de los habitantes de la zona o los ingresos de la zona, etc.).

En segundo lugar, se determina la demanda de la empresa, que es la participación estimada de la empresa en la demanda de mercado, frente a diferentes niveles de esfuerzo de marketing, en un período de tiempo dado. Para ello se debe estimar la participación de la empresa versus la competencia. Es necesario recurrir a información de cámaras, consultoras u otras entidades donde se publiquen las cifras totales de la industria.

Una alternativa es a través de sondeos de mercado (información de fuente primaria: el prospecto), que no es más que anticipar lo que es probable que hagan los compradores dado un conjunto de condiciones. En virtud de la importancia del comportamiento de los compradores es preciso encuestarlos. Otra forma es a través de síntesis de opiniones de la fuerza de ventas u opinión de expertos (punto donde se asemeja a una metodología delphi).

Finalmente se puede recurrir al diseño de una prueba de mercado, testeando la demanda para una zona definida y cotejándola contra la estimación previa en busca de validar o rechazar los supuestos iniciales.

3.4. MÉTODOS ALTERNATIVOS Y/O COMPLEMENTARIOS

A continuación explicaremos una serie de herramientas y conceptos que ayudan a la resolución de problemas de pronóstico, tanto en la generación de juicios a priori para un mejor abordaje del estudio de las series de tiempo como así también a nivel organizacional para poder manejar los cambios que se propongan a partir de una solución.

3.4.1. Métodos gráficos

La construcción de gráficos de series es una herramienta fundamental, permitiendo al analista, por medio de su representación, conjeturar los primeros juicios a priori. Su aplicación siempre ha gozado de gran popularidad por su propiedad de poder resumir grandes cantidades de información y en algunos casos brindar una lectura rápida.

Actualmente su aplicación y desarrollo han crecido enormemente en las industrias. La mayor utilidad radica en la explotación de datos, minería de datos o Data Mining², surgida con ese nombre a fines de los '80 del siglo XX. El concepto subyacente es el de extraer información oculta permitiendo evidenciar tendencias y comportamientos para la toma de decisiones proactivas en base a un conocimiento acabado.

Cuando se dispone de datos de una población, y antes de abordar análisis estadísticos más complejos, un primer paso consiste en presentar esa información de forma que ésta se pueda visualizar de una manera más sistemática y resumida. Los datos que nos interesan dependen, en cada caso, del tipo de variables que se este manejando.

Un gráfico o diagrama, en estadística, es un esquemático formado por líneas, figuras, mapas, utilizado para representar, o bien datos estadísticos a escala o según una cierta proporción, o los elementos de un sistema, las etapas de un proceso y las divisiones o subdivisiones de una clasificación. Entre las ventajas generales que cumplen se pueden señalar:

1. Hacen más visibles los datos, sistemas y procesos
2. Ponen de manifiesto sus variaciones y su evolución histórica o espacial.
3. Pueden evidenciar las relaciones entre los diversos elementos de un sistema o de un proceso y representar la correlación entre dos o más variables.
4. Sistematizan y sintetizan los datos, sistemas y procesos.
5. Aclaran y complementan las tablas y las exposiciones teóricas o cuantitativas.
6. El estudio de su disposición y de las relaciones que muestran pueden sugerir hipótesis nuevas.

Algunos de los más importantes son: gráficos de dispersión, gráficos de tendencia, histogramas, correlograma, diagrama circular, diagrama radial, diagramas de caja y bigote o boxplots, diagrama de bloques, diagrama de causa y efecto.

² A título informativo, Minería de Datos o Data Mining, también conocido como KDD (Knowledge Discovery in Databases) se puede definir como "extracción no trivial de información implícita, desconocida previamente, y potencialmente útil desde los datos", y consiste en el conjunto de técnicas avanzadas para la extracción de información escondida en grandes bases de datos.

Las bases de datos actuales han acumulado una gran variedad y cantidad de datos, estadísticas, índices, etc. en los cuales la información útil no es fácil de encontrar o inferir a simple vista. Muchas empresas o entidades están interesadas en rescatar esa información y con la utilización de estas herramientas se pueden generar nuevas oportunidades de negocio. Algunas posibilidades que ofrecen estas herramientas son:

- Mejorar el funcionamiento de la organización,
- Optimizar el manejo de sus bases de datos,
- Predicción automatizada de tendencias y comportamientos,
- Obtener ventajas comerciales,
- Mejorar calidad de productos,
- Descubrimiento automatizado de modelos desconocidos,
- Descubrimiento de anomalías y acciones fraudulentas por parte de clientes.

Habitualmente las técnicas de Data mining son utilizadas para el análisis y explotación de datos de un Data warehouse, donde se contienen datos sobre procesos productivos, datos de seguimiento de clientes, datos externos de mercado, datos sobre la actividad de competidores, etc.

3.4.1.1. Gráficos de Dispersión / puntos

En la práctica, con mucha frecuencia, es necesario analizar la potencial relación de correspondencia o correlación entre dos variables, y, de existir esta relación, precisar qué le sucede a una variable o característica cuando la otra cambia (relación causa-efecto).

Si X representa una variable e Y la otra, entonces se determinan los datos de pares y se representan en un plano cartesiano, la figura o “nube de puntos” resultante, es conocida como diagrama de dispersión. Los gráficos XY (Dispersión) muestran la relación entre los valores numéricos de varias series de datos, o trazan dos grupos de números como una única serie de coordenadas XY.

Tiene que quedar en claro que mediante esta herramienta (por sí sola) no puede probarse que una variable sea la causal de la otra o que la gobierne, pero sí puede evidenciar la potencial relación y la fuerza de esa potencial relación.

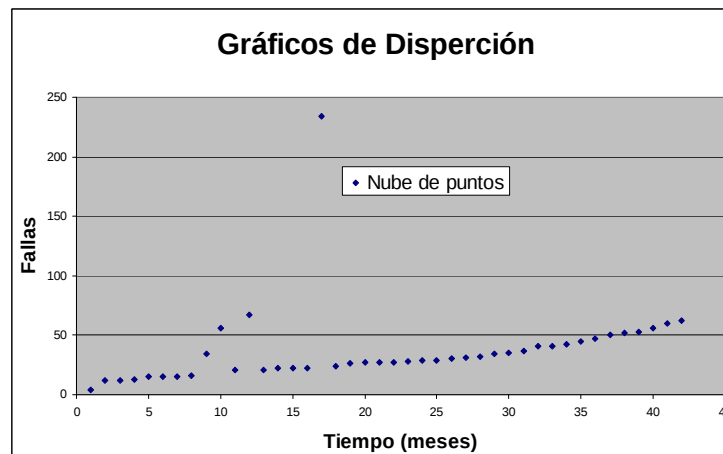


Ilustración 3-5

En la interpretación de estos gráficos se debe tener en cuenta:

1. Lo que se está evaluando son posibles relaciones de causa – efecto, no hay certeza de la correlación.
2. La mayor o menor dispersión de la nube de puntos da una idea de la correlación potencial.
3. Para no perder información, cuando los puntos se repiten, circular los mismos por cada repetición.
4. Las potenciales correlaciones lineales se basan en la fórmula $y = ax + b$. Pueden surgir otro tipo de correlaciones, no lineales, que pueden ser el resultado de mezclas poblacionales o debido a otro tipo correlación (ejemplo: $y = ax^2 + b$).

3.4.1.2. Gráfico de tendencias

En aquellos casos en que se necesita visualizar tendencias entre puntos de observación por períodos de tiempo predefinidos, la herramienta a emplear son los Gráficos de tendencias, también conocidos como Gráficos de corridas (run

chart). Constituye una representación gráfica de la evolución de un indicador que permite observar cambios en el mediano o largo plazo.

Son simples de construir y utilizar. Se marcan puntos sobre el gráfico por orden de aparición.

Es muy común graficar demandas u otras variables resultados de procesos tales como el tiempo de parada de una máquina, dureza, desperdicio, productividad de una máquina, errores tipográficos, etc., a medida que varían con el tiempo.

Si cabe mencionar algunas consideraciones en el uso e interpretación de estos gráficos:

1. Utilizarlo para focalizar la atención en cambios de procesos vitales, dando importancia a los cambios en el promedio.
2. Los puntos graficados deben estar conectados para facilitar su visualización.
3. El período de tiempo cubierto y la unidad de medida deben estar claramente indicados.

El programa Excel, permite graficar tendencias ajustando los datos a través de mínimos cuadrados, promedios móviles y otras funciones no lineales como son: exponencial y polinómicas. A su vez estima un valor para el coeficiente de correlación.

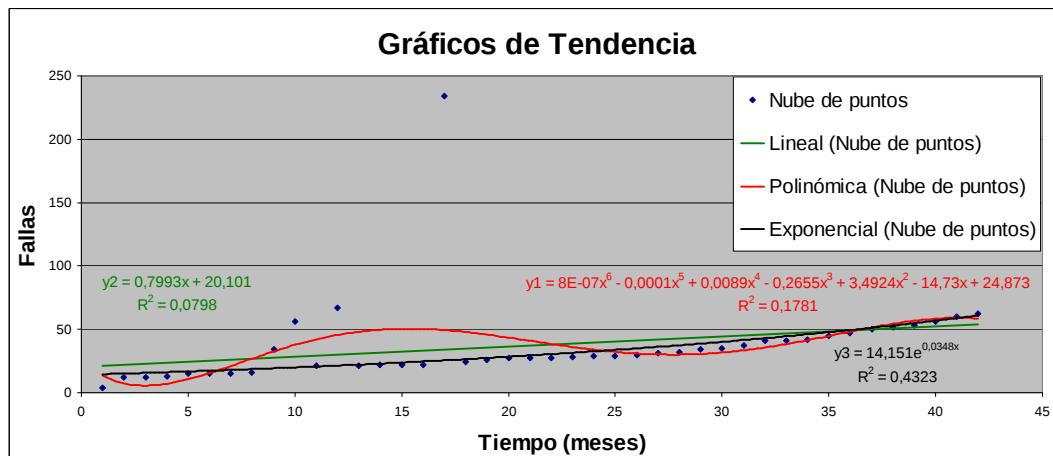


Ilustración 3-6

3.4.1.3. Histograma

Es una representación pictórica de la distribución de frecuencias donde el número de casos por tipo se representa en el eje vertical. La anchura de los rectángulos es proporcional a la clase de intervalo que esta siendo considerado y el área de los rectángulos es proporcional a la frecuencia de ocurrencia. Un histograma consiste en un completo conjunto de columnas semejantes de una muestra concreta.

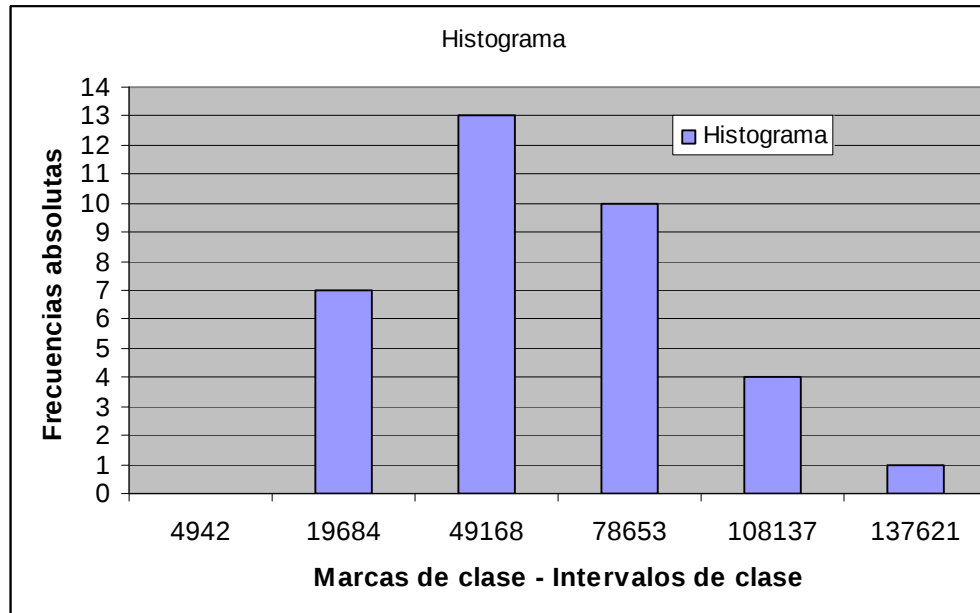


Ilustración 3-7

Descripción: El propósito de un histograma es resumir/sumarizar gráficamente la distribución de una muestra de datos.

A través de su visualización se pueden apreciar:

1. la locación central de los datos,
2. el rango, dispersión y escala de los datos,
3. la forma en la que se distribuyen los datos y la presencia de sesgos,
4. los outliers,
5. la presencia de múltiples modas en la muestra.

Tipo de histogramas:

- **Categoricos:** Muestra la distribución de variables cuya escala es categórica, o discreta. Se caracterizan por adoptar valores no continuos establecidos. Como caso particular se encuentran las variables dicotómicas o binarias.
- **Continuos:** Muestra la distribución de variables cuya escala está definida en un espacio continuo.
- **De diferencias:** Muestra la distribución de la diferencia de variables cuya escala está definida en un espacio continuo.
- **Comparativo:** Se dibujan varios histogramas al mismo tiempo, donde cada uno corresponde a una distribución condicional.

Procedimiento

Se agrupan los datos en *clases*, y se cuenta cuántas observaciones (*frecuencia absoluta*) hay en cada una de ellas. En algunas variables (*variables cualitativas*) las clases están definidas de modo natural, por ejemplo: sexo con dos clases: mujer, varón o *grupo sanguíneo* con cuatro: A, B, AB, O.

En las variables cuantitativas, las clases hay que definir las explícitamente a través de *intervalos de clase*. Los mismos se obtienen dividiendo el rango de datos en partes iguales llamadas clases.

Por lo general se representan los intervalos de clase en el eje de abcisas (eje horizontal) y las frecuencias, absolutas o relativas, en el de ordenadas (eje vertical).

Advertencias:

1. Estos diagramas tienen un fin descriptivo: deben ser fáciles de leer.
2. El convenio es que la frecuencia sea proporcional al **área** (es proporcional a la altura sólo si las barras tienen la misma anchura).
3. Para fines comparativos es mejor usar frecuencias relativas.
4. El número de clases (barras), cuando la variable no es cualitativa, no debe ser ni muy grande ni muy pequeño. Generalmente se recomiendan entre 5 y 20 clases de igual tamaño. Otro criterio es usar la raíz cuadrada del número de datos.
5. Los límites de las clases no deben ser ambiguos, es decir, no deben coincidir con valores posibles de los datos. Para ello tomar una cifra decimal más.
6. Para los histogramas continuos, el tamaño de los intervalos de clases y el número de éstos son parámetros con los cuales se afecta a la percepción de la forma de la distribución. Por lo tanto es altamente recomendable, antes de extraer conclusiones respecto de la forma gráfica, se deben probar distintos valores de intervalos.

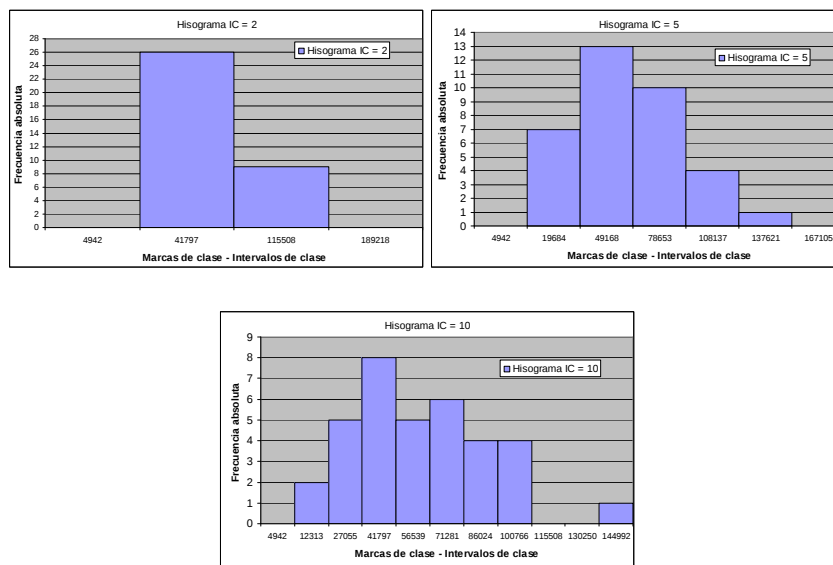


Ilustración 3-8

3.4.1.4. Correlogramas

Cuando lo que interesa es estudiar la relación entre dos variables continuas, el método de análisis adecuado es el estudio de la correlación. Los coeficientes de correlación (Pearson, Spearman, etc.) valoran hasta qué punto el valor de una de las variables aumenta o disminuye cuando crece el valor de la otra. Cuando se dispone de todos los datos, un modo sencillo de comprobar, gráficamente, si existe una correlación alta, es como ya mencionamos

mediante diagramas de dispersión, donde se confronta, en el eje horizontal, el valor de una variable y en el eje vertical el valor de la otra.

Otra forma es a partir de los correlogramas, que permiten evidenciar la significancia en las correlaciones entre las distintas series. Esta herramienta es la clave para la identificación de los órdenes de los modelos Box-Jenkins, donde las distintas series que participan del análisis es la serie original desplazada. Principalmente desarrollaremos esta aplicación aunque en rigor, el correlograma tiene una doble utilidad. Por una parte, puede servir para confirmar la presencia de estacionalidad y determinar su período; por otra, indica cuántas previsiones son admisibles, a partir del último tiempo de recogida de información.

El concepto de autocorrelación es bien simple; supongamos que se dispone de la serie cronológica $Y_1, Y_2, \dots, Y_{1+k}, \dots, Y_N$, y se desplaza dicha serie k unidades de tiempo; se pueden formar las parejas $(Y_1; Y_{1+k}), (Y_2; Y_{2+k}), (Y_3; Y_{3+k}), \dots, (Y_{N-k}; Y_N)$.

El coeficiente de correlación entre ambas series, es decir, de las parejas citadas, se denota por ρ_k y recibe el nombre de coeficiente de autocorrelación de orden k ; el desplazamiento k también se denomina retardo, y representando gráficamente ρ_k en función del retardo k , se obtiene el autocorrelograma de la serie. De la estructura del planteamiento se deduce que $\rho_k = \rho_{-k}$.

Un valor no nulo de ρ_k indica que existe correlación entre informaciones separadas k unidades de tiempo, es decir, la historia se transmite k unidades de tiempo más allá. En consecuencia, si el último valor de tiempo del que se dispone de datos es el T , será admisible hacer previsiones para un tiempo igual a $T+k$. Evidentemente, si ρ_k fuese nulo, sería inadmisibile una predicción para $T+k$, ya que los datos disponibles no transmiten ninguna información relevante a una distancia como la considerada.

Sea que se dispone de una serie cronológica de datos $Y_1, Y_2, \dots, Y_t, \dots, Y_N$, para elaborar el correlograma o gráfico de la función de autocorrelación. Se estiman las siguientes características:

$\text{Media: } \bar{Y} = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{n}$
$\text{Auto cov arianza: } \hat{\gamma}_k = \sum_{t=1}^{n-k} \frac{(Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{n}; k = 0, 1, \dots, n-1$
$\text{Autocorrelacion: } \hat{\rho}_k = \frac{\hat{\gamma}_k}{\hat{\gamma}_0}$

Para poder estimar la autocovariancia, k , el número de componentes de la serie debe ser tal que $N > k+1$, y es recomendable $N \geq 50$ y $k \leq N/4$.

Para identificar los coeficientes de autocorrelación que sean significativamente distintos de cero, es necesario estudiar el comportamiento estadístico de los

estimadores. Bartlett estudió el estadístico $\hat{\rho}_k$ y, bajo el supuesto de que $\hat{\rho}_k = 0$ para todo $k \geq K$, se obtiene que:

$$V(\rho_k) \cong \frac{1}{n} \sum_{i=-(k-1)}^{k-1} \hat{\rho}_i^2 \quad \forall k \geq K$$

al sustituir ρ_i por su estimador, $\hat{\rho}_i$, y, dado que $\hat{\rho}_0 = 1$ y $\hat{\rho}_i = \hat{\rho}_{-i}$, resulta que la estimación de la variancia de ρ_k es igual a:

$$\hat{V}(\rho_k) \cong \frac{1}{n} \sum_{i=-(k-1)}^{k-1} \hat{\rho}_i^2 \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{n} & K=1 \\ \frac{1}{n} \left(1 + 2 \cdot \sum_{i=1}^{k-1} \hat{\rho}_i^2 \right) & K > 1 \end{cases} \quad \forall k \geq K$$

Anderson indica que para valores de k tales que $\rho_k = 0$ y N suficientemente grande, $\hat{\rho}_k$ se distribuye aproximadamente $N(0; \hat{V}(\rho_k))$. De esta forma, con una probabilidad del orden del 95%, si $\rho_k = 0$, su estimador $\hat{\rho}_k$ se encontrará en el intervalo $\pm 2 S(\hat{\rho}_k)$, donde $S(\hat{\rho}_k)$ representa la desviación tipo estimada de $\hat{\rho}_k$, es decir, $S(\hat{\rho}_k) = \sqrt{\hat{V}(\rho_k)}$

El intervalo $\pm 2 S(\hat{\rho}_k)$ se denomina intervalo de confianza de $\hat{\rho}_k$, y es el conjunto de valores que puede tomar $\hat{\rho}_k$ para que, con un riesgo del 5%, se pueda admitir la ausencia de correlación entre valores de la serie, desplazados k unidades de tiempo. Por todo ello, al calcular la función de autocorrelación de una serie, es bueno representarla gráficamente junto al intervalo $\pm 2 S(\hat{\rho}_k)$, con objeto de considerar únicamente como coeficientes de autocorrelación no nulos aquellos cuya estimación esté fuera del citado intervalo.

Interpretación de los correlogramas

En la figura se muestran algunos ejemplos ilustrativos del análisis sobre correlogramas hechos por distintos autores.

El primero, que corresponde a los datos de la evolución del índice IBEX35, muestra que sólo son significativos los tres primeros coeficientes de autocorrelación; por tanto, las previsiones dejan de ser válidas a partir de tres unidades de tiempo después del último dato. Es decir, lo que ocurra en un instante se transmite hasta tres unidades de tiempo más adelante.

El segundo, de los datos sobre las ventas trimestrales de material deportivo, confirma la estacionalidad de período cuatro, ya que cada cuatro barras de autocorrelación se repite la misma estructura de comportamiento. En este caso es posible hacer previsiones a cuatro trimestres vista, ya que para $k = 4$ el coeficiente de autocorrelación es significativamente distinto de cero, aunque no lo sean los de $k = 1, 2$ y 3 . Este hecho se puede interpretar como que la

información de un trimestre se transmite directamente hasta una distancia temporal de cuatro trimestres, sin que afecte el comportamiento de los tres trimestres intermedios. Así, por ejemplo, una vez conocidas las ventas de invierno, se puede hacer la previsión para el invierno próximo puesto que lo que ocurra en primavera, verano y otoño no afectará al invierno siguiente.

El tercero y el cuarto corresponden, respectivamente, a las temperaturas medias mensuales y a usuarios mensuales de un transporte público. En ambos casos se confirma la estacionalidad de período 12, y se pueden hacer previsiones a 18 meses para la temperatura, y a 13 para los usuarios. A diferencia del segundo caso, en el último la información de un mes afecta directamente al resto de meses del mismo grupo de 12; es decir, si bien es cierto que se puede predecir el número de usuarios para dentro de un año, lo que ocurra en los meses venideros puede afectar esta previsión; por tanto interesa incorporar los datos disponibles lo más rápidamente posible al modelo, para una mayor fiabilidad de las previsiones.

El último de los correlogramas representa usuarios de un teléfono de atención al cliente por día. Además de confirmar la estacionalidad de período 5, pone de manifiesto que es aceptable hacer previsiones para los próximos 10 días, es decir, a dos semanas vista.

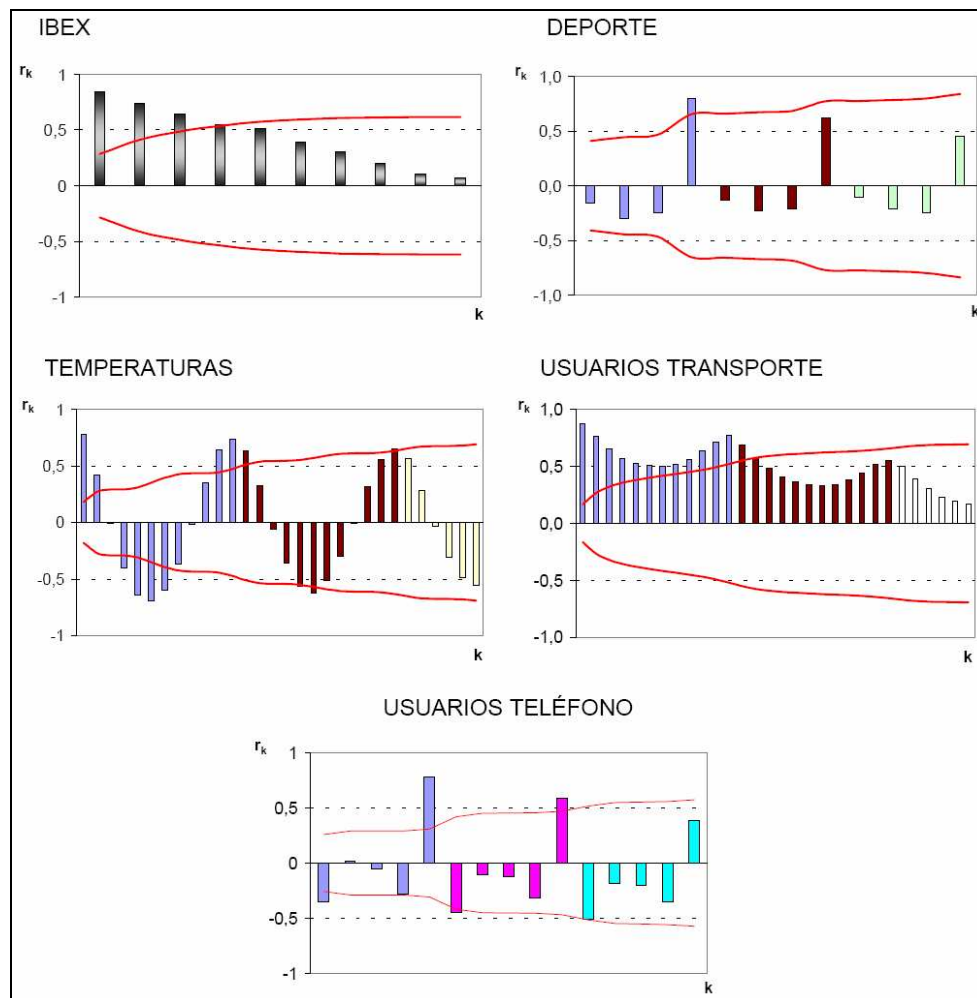


Ilustración 3-9

3.4.1.5. Gráficos Circulares

Los gráficos circulares muestran el tamaño proporcional de los elementos que conforman una serie de datos en función de la suma de elementos. Siempre mostrará una única serie de datos, y resulta de utilidad cuando se desea destacar un elemento significativo.

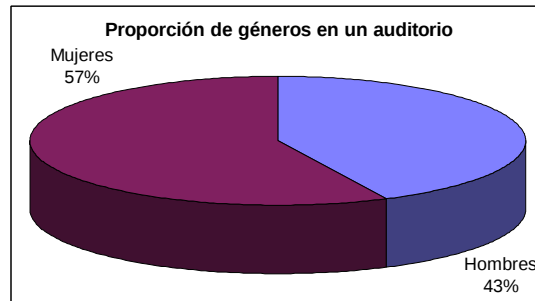


Ilustración 3-10

Para hacer más visibles los sectores pequeños, podrá agruparlos como un solo elemento del gráfico circular y, a continuación, descomponer dicho elemento en un gráfico circular y de barras más pequeños situado junto al gráfico principal.

3.4.1.6. Gráficos radiales

En los gráficos radiales, cada categoría tiene su propio eje de valores con epicentro en el punto central. Las líneas conectan todos los valores de las mismas series. El gráfico radial compara los valores agregados de determinada cantidad de series de datos.

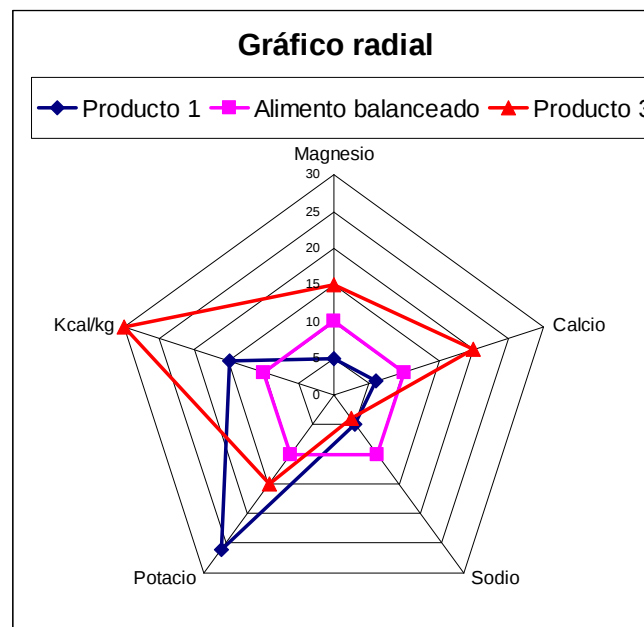


Ilustración 3-11

En este gráfico, la serie de datos que cubre la mayor parte del área contiene mayor cantidad en un atributo dado. Por ejemplo, se puede ver que el producto 3 posee la mayor cantidad de calorías, mientras que el producto balanceado posee un equilibrio entre todos sus atributos.

3.4.1.7. Diagramas de cajas - Boxplots

Otro modo habitual, y muy útil, de resumir una variable de tipo numérico es utilizando el concepto de percentiles, mediante diagramas de cajas. La caja central indica el rango en el que se concentra el 50% central de los datos. Sus extremos son, por lo tanto, el 1er y 3er cuartil de la distribución. La línea central en la caja es la mediana. De este modo, si la variable es simétrica, dicha línea se encontrará en el centro de la caja. Los extremos de los "bigotes" que salen de la caja son los valores que delimitan el 95% central de los datos, aunque en ocasiones coinciden con los valores extremos de la distribución. Se suelen también representar aquellas observaciones que caen fuera de este rango (outliers o valores extremos).

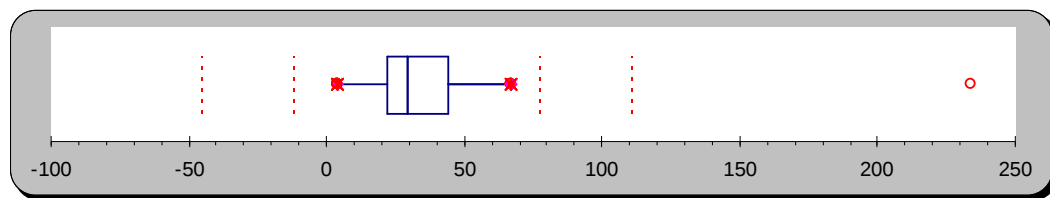


Ilustración 3-12

Esto resulta especialmente útil para comprobar, gráficamente, posibles errores en nuestros datos. En general, los diagramas de cajas resultan más apropiados para representar variables que presenten una gran desviación de la distribución normal. Resultan además de gran ayuda cuando se dispone de datos en distintos grupos de sujetos.

3.4.1.8. Diagramas en bloque o de Flujo

Descripción: Es una herramienta de uso generalizado que, mediante el uso de símbolos, permite describir gráficamente la secuencia (flujo o ruta), de un proceso desde su inicio hasta el final. Dicho de otra manera, un flujograma es un mapa secuencial de temas que deben cumplirse en un cierto orden para alcanzar un resultado.

Es de gran utilidad para evaluar los vínculos de las diferentes etapas de un proceso, y visualizarlo globalmente, como un todo; para identificar los vínculos o relaciones erróneas o faltantes, que pueden ser generadores de problemas, y para comparar el proceso actual con uno anterior o alternativo. Este último punto es de gran importancia, ya que la mayoría de los problemas tienen su origen en cambios ocurridos en el proceso, o sea, cambios en la secuencia del flujograma.

Si bien cada uno puede definir los símbolos que le sean más útiles, existe una nomenclatura guía en su construcción.

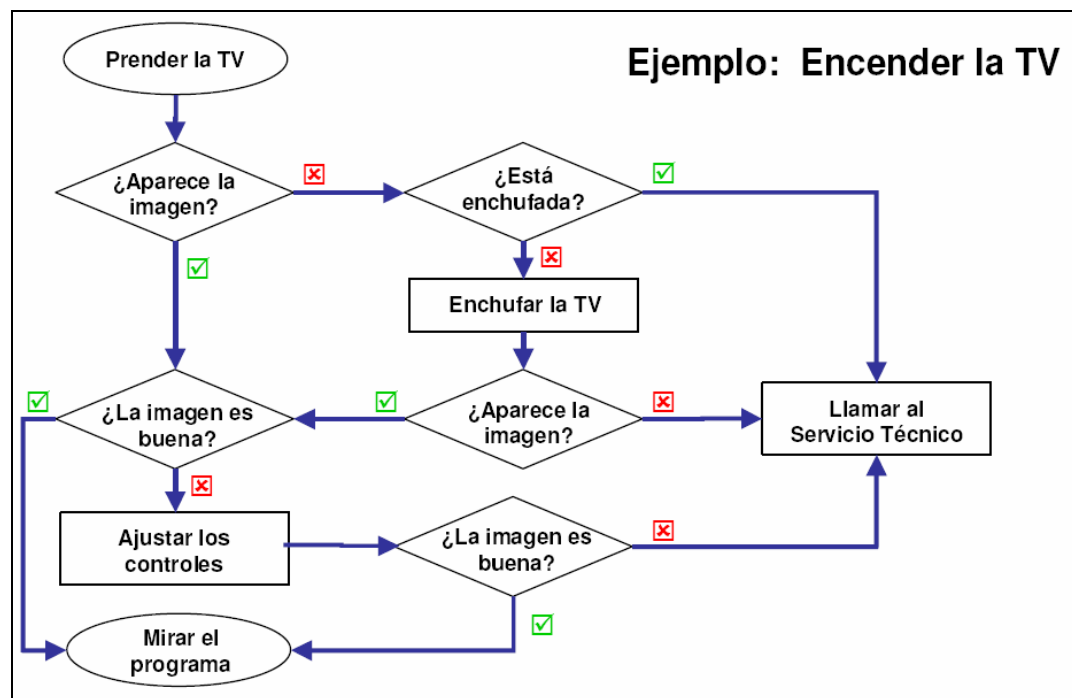


Ilustración 3-13

Un círculo u óvalo indica entradas o salidas del proceso, un rectángulo que indica una operación, un rombo que indica decisión y flechas que indican la dirección y sentido del flujo de actividades. Para que el flujograma esté adecuadamente desarrollado, hay que seguir ciertas premisas:

1. Definir claramente los vínculos del proceso.
2. Utilizar simbología sencilla.
3. Asegurar que cada lazo de retroalimentación tenga un escape.
4. Considerar que normalmente, por cada rectángulo de proceso, hay una única salida. De lo contrario, es posible que se requiera un rombo de decisión.

Frente a un flujograma de proceso, siempre, y en cada parte del proceso, deberíamos buscar respuestas a las siguientes preguntas:

1. ¿Esta actividad agrega valor?.
2. ¿Esta tarea es necesaria?.
3. ¿Podría otra área desarrollar la tarea?.
4. ¿Qué controles están instalados?
5. ¿Se está omitiendo alguna actividad?

Beneficios: los beneficios de esta herramienta son:

1. Provee una visión genérica del proceso.
2. Permite el análisis desde una perspectiva común.
3. Facilita la identificación de los clientes del proceso.
4. Relaciona las etapas del proceso.
5. Permite identificar los puntos donde se agrega valor.
6. Permite identificar ineficiencias y complejidades.
7. Ayuda al entendimiento del proceso y, por lo tanto, a identificar las oportunidades de mejorar.

3.4.1.9. Diagramas causa y efecto

Una vez que un problema ha sido definido como de importancia para la organización y se ha determinado dónde, cuándo y bajo qué circunstancias ocurre, es el momento de localizar la causa fundamental del mismo. Aislado un problema, son muy pocas las ocasiones en que la causa raíz resulta evidente, por lo que debemos iniciar un análisis de todas las causas potenciales. Muchas veces ocurre que se encuentra una causa equivocada por haber realizado un análisis insuficiente para llegar a la causa raíz.

Una herramienta grupal de suma utilidad para facilitar la consideración de todos los posibles generadores del problema es el diagrama de causa y efecto, diagrama de Ishikawa o gráfico espina de pescado, que es una representación gráfica que relaciona un efecto, el problema a solucionar, con todas las posibles causas que pueden generarla.

Como se puede observar en el gráfico representativo del diagrama causa-efecto, construido para determinar los potenciales factores que generan un elevado consumo de combustible, en el rectángulo derecho se expresa el efecto o problema, y las numerosas causas potenciales se encuentran clasificadas según cuatro categorías llamadas 4M: máquinas, mano de obra, métodos y materiales. En algunos casos corresponde analizar 5M diferenciando el medio ambiente como una categoría independiente. En áreas administrativas se suele hablar de 4P: políticas, procedimientos, personal y plantas. Estas clasificaciones constituyen sólo una sugerencia, en rigor se puede utilizar cualquier categoría que ayude al grupo a analizar el tema y pensar con creatividad.

Un diagrama causa y efecto bien detallado, tomará la forma de espina de pescado como se observa en la figura, de ahí su otra denominación.

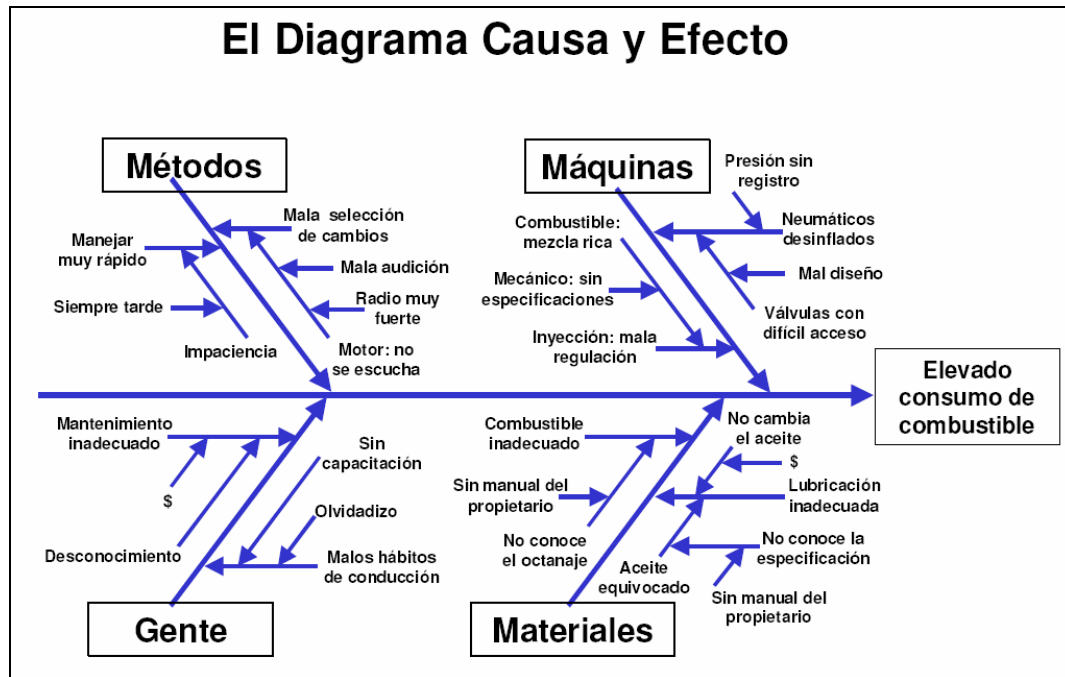


Ilustración 3-14

De esta lista bien definida de posibles causas, se seleccionarán las más probables para profundizar el análisis con otras herramientas.

Para desarrollar un diagrama causa y efecto, se deben completar cuatro estadios:

1. Definir el problema.
2. Identificar las potenciales causas.
3. Construir el diagrama.
4. Interpretar la información emergente.

Para la identificación de las causas, se puede utilizar una hoja de registro de datos o una tormenta de ideas.

En la construcción del diagrama se tiene que tener en cuenta:

- La descripción del problema se ubica a la derecha.
- Establecer las categorías para el análisis (4M, 5M, 4P, etc.)
- Distribuir las causas potenciales por categorías y subcategorías.
- Para cada causa potencial, preguntar: ¿Por qué ocurre?. Las respuestas se muestran como ramas de dicha causa.

Para interpretar los resultados es conveniente identificar las causas que se repiten, determinar la frecuencia relativa de las causas y buscar el consenso del grupo que analiza el tema; de esta manera se logra una respuesta balanceada.

Se recomienda no ir más allá del área de control del grupo, utilizar pocas palabras para describir las causas, ser concreto y asignar la importancia de cada factor objetivamente con base en datos.

3.4.2. Técnica del grupo nominal

Suele ocurrir que cuando un grupo de trabajo selecciona los problemas sobre los que se va a trabajar y el orden de prioridades, la elección responde sólo al punto de vista del miembro que tiene más habilidad para hacer valer su visión o del que tiene más autoridad.

Esto es común en aquellos equipos que trabajan sin el acompañamiento de un facilitador de la actividad, y su efecto es negativo porque crea en el grupo un sentimiento de “ mi problema nunca se tratará “ y esto sin duda trae aparejado pérdida de compromiso con el trabajo de resolución del problema seleccionado y / o la selección errónea del problema.

La técnica del grupo nominal, es una metodología que trata que la voz de cada integrante del equipo tenga igual peso en la selección del problema. Los pasos en el proceso son los siguientes:

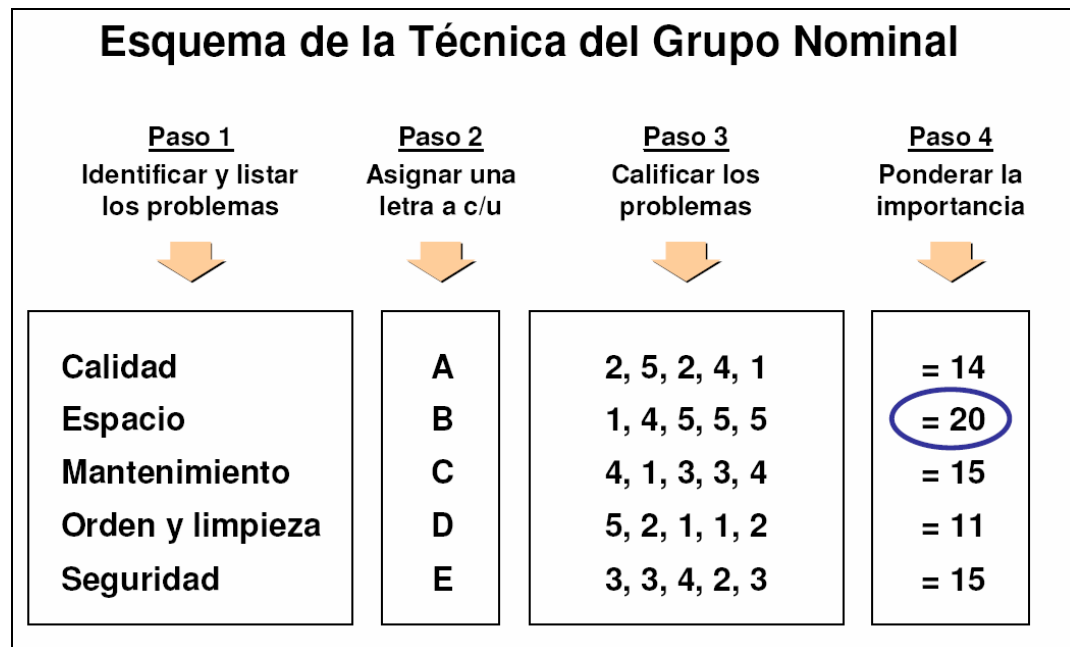


Ilustración 3-15

1. Cada miembro del equipo, en forma oral o escrita, establece cuál es a su criterio el problema más importante.
2. Se listan los problemas a la vista del grupo.
3. Se agrupan problemas repetidos y se les asigna una letra a cada uno.
4. Cada miembro del grupo le asigna la importancia relativa a los problemas con un número correlativo asignando el número mayor al principal problema y uno al de menor importancia.
5. Si la cantidad de problemas es grande, se clasifica la primera mitad, el primer tercio o los primeros cinco.
6. Se suman los puntos de cada línea.
7. Se considera como problema más significativo para el grupo al que su suma es mayor.

3.4.3. Análisis de campo forzado

Una forma de analizar cómo se suscita un cambio y de dónde surge la energía que lo produce, ya sea en la demanda o en otros campos de la organización, es viendo al cambio como la resultante de la pugna de fuerzas que están buscando alterar el “status quo”. Esta herramienta o técnica llamada análisis de campo forzado, tomada de un trabajo de Kurt Lewin, propone identificar y contrastar las fuerzas conducentes, “driving forces”, con las “fuerzas resistivas”, “restraining forces”, a dicho cambio.

Cuando no hay cambio, las fuerzas opuestas están equilibradas o las resistivas son demasiado fuertes como para permitir el movimiento.

Esta herramienta, también es de gran utilidad a la hora de generar cambios (change management), ayudando a que los cambios realmente ocurran.

- Facilitando el proceso de pensamiento y de análisis para que la gente piense conjuntamente acerca de las facetas del cambio.
- Promoviendo el pensamiento creativo.
- Ayudando a que el grupo acuerde las prioridades relativas de cada lado de la hoja de balance. El equipo puede aquí emplear la Técnica del Grupo Nominal que se ha presentado en el punto previo.
- Dando un punto de partida para los planes de acción.

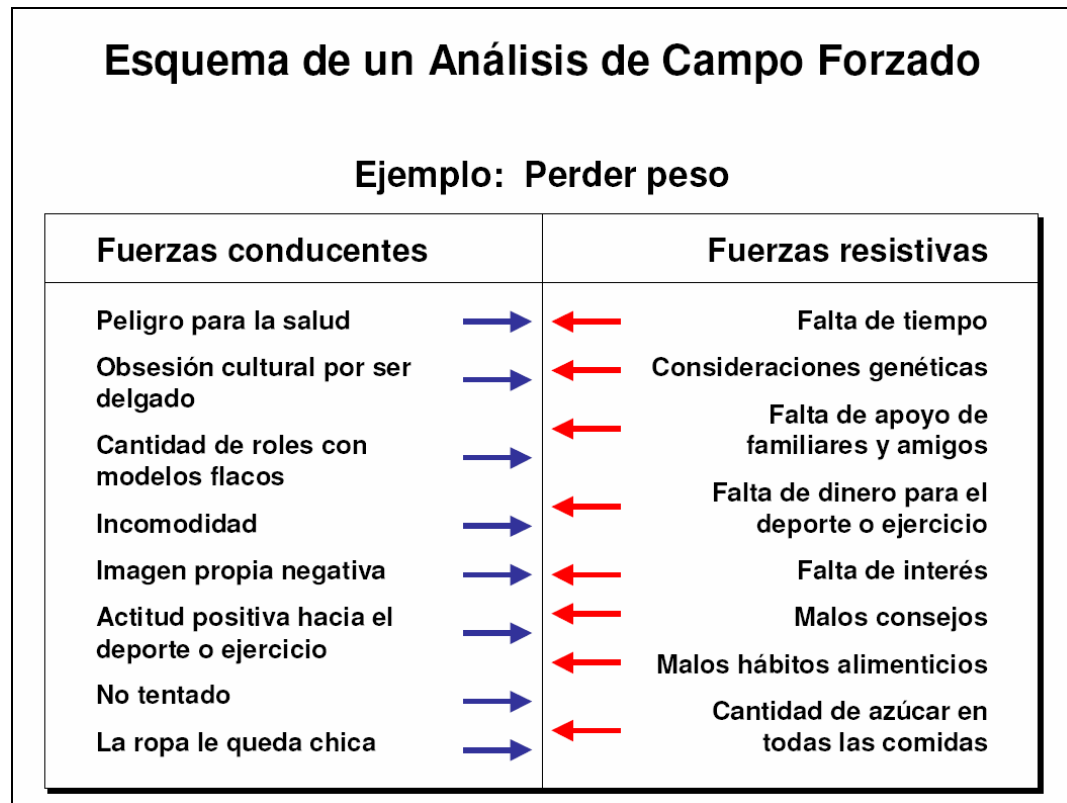


Ilustración 3-16

En el ejemplo de la figura se presenta una hoja de balance desarrollada para razonar por qué un cambio, la pérdida de peso, podría ocurrir en el caso que las fuerzas que conducen al cambio tengan mayor intensidad que las resistivas.

Finalmente existen dos **alternativas de acción** que podemos tomar para **avanzar hacia el cambio** una vez definido el balance de fuerzas:

- **Reforzar las fuerzas orientadas al cambio.** Este camino suele generar como contrapartida una reacción de refuerzo igual y opuesta a las fuerzas que se oponen al cambio.
- **Reducir o eliminar las fuerzas resistivas.** Es, en la mayoría de los casos, la mejor de las tácticas.

En nuestro ejemplo será mucho más fácil ayudar a la persona que necesita adelgazar con ideas de cómo hacerse de tiempo para, por ejemplo, ir a un gimnasio que recordándole constantemente que la ropa le queda más chica que antes.

3.4.4. Gráfico de Pareto

En toda organización, en el día a día, surgen problemas que deben resolverse en cada sector, problemas a resolver o cuyos efectos se desea eliminar o atenuar. También sabemos que en toda organización los recursos son escasos, y por lo tanto, resulta imposible resolver la totalidad de los problemas atacando la totalidad de las causas generadoras de esos problemas. Resulta entonces indispensable establecer **prioridades**, seleccionar el o los problemas más importantes, actuando convenientemente sobre la causa o sobre las causas más relevantes. La idea es lograr el mayor efecto con el menor uso posible de los recursos. La herramienta que nos ayuda a **visualizar la importancia relativa de los problemas** se llama **gráfico de Pareto**.

Podemos entonces definir a este gráfico como una representación del tipo **gráfico de barras** que, mediante una **adecuada organización de los datos** disponibles, orienta la atención hacia los llamados “**pocos vitales**”. Este gráfico se basa en el llamado “**principio de Pareto**”, economista italiano que encontró que en cualquier conjunto de problemas unos **pocos elementos o “pocos vitales” (20%)**, genera la mayor parte del efecto (el 80%), el resto de los elementos o “**muchos triviales**” (80%), tiene muy baja incidencia en el efecto (20%). También se conoce como “**regla del 80-20**” o de los “**pocos vitales y muchos triviales**”.

En el gráfico adjunto se puede observar un gráfico de Pareto aplicado a mostrar los defectos encontrados en la inspección de un lote de llantas donde se ve claramente que los problemas de “excentricidad” y “alabeo” son los “pocos vitales”, sobre cuyas causas hay que trabajar para minimizar drásticamente los defectos que arroja el proceso de fabricación.

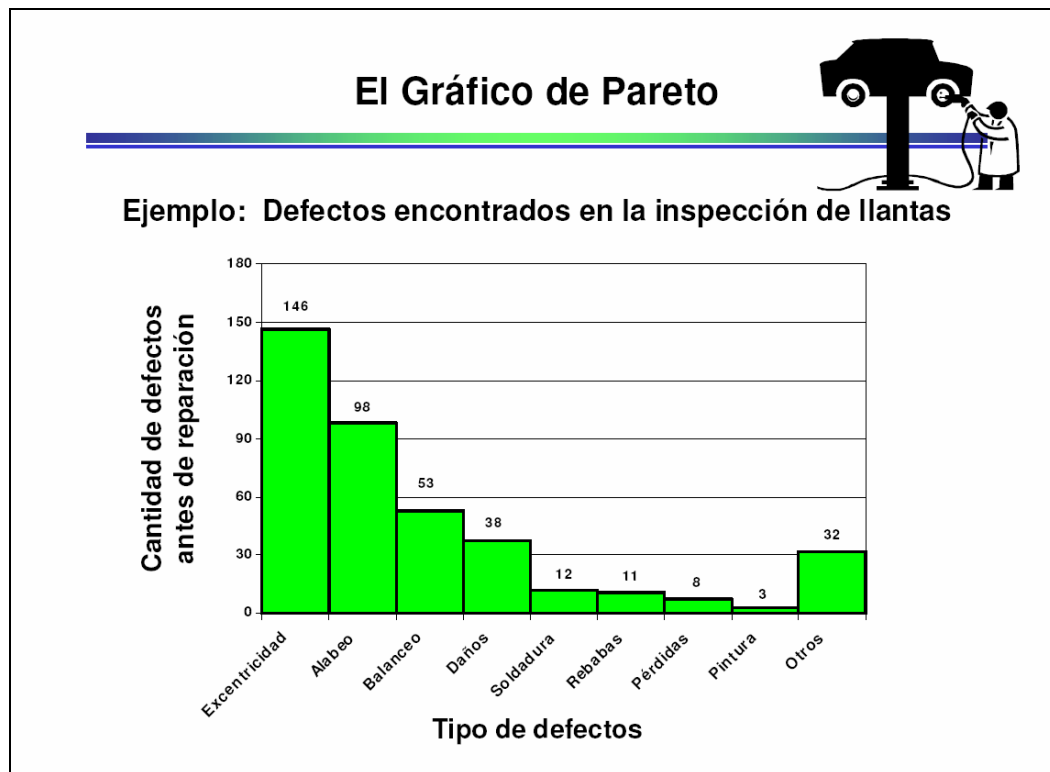


Ilustración 3-17

Para desarrollar el gráfico de Pareto debe seguir los siguientes pasos:

1. Seleccionar los problemas y ordenarlos, ya sea mediante el uso de una tormenta de ideas, que analizaremos como herramienta más adelante, o utilizando los datos preexistentes.
2. Seleccionar la unidad de medida (costo, frecuencia, etc.) y la escala correspondiente en el eje vertical izquierdo.
3. Seleccionar e indicar el período de tiempo del estudio (día, hora, mes, etc.).
4. Recolectar los datos en cada categoría.
5. Comparar la frecuencia de cada categoría en forma relativa con las **demás categorías**.
6. Listar las categorías de izquierda a derecha en el eje horizontal por orden de frecuencias, ubicando la mayor en el extremo izquierdo.
7. Dibujar rectángulos en cada categoría, cuya altura represente, en la escala seleccionada, la frecuencia de ocurrencia.
8. De ser necesario, resaltar los pocos vitales y que surjan a primera vista del gráfico, marque un eje vertical derecho con una escala del 0% hasta el 100%.
9. Dibuje una curva de frecuencias acumuladas.

Existen distintas **aplicaciones** de los gráficos de Pareto:

1. Para identificar los problemas más importantes, pero teniendo en cuenta siempre dos aspectos:
 - Los problemas más frecuentes no son siempre los que generan mayor insatisfacción en los clientes.
 - Los problemas más frecuentes no son siempre los más costosos.
2. Para analizar diferentes grupos de información (defectos por producto, por maquinaria, por turno, etc.). En los casos en que no aparezcan diferencias claras, se recomienda reagrupar los datos.
3. Para evaluar el impacto resultante de un cambio efectuado sobre un proceso o producto.
4. Para dividir causas generales o globales en causas más específicas.

Es importante que a la hora de **analizar** un gráfico de Pareto, se tengan en cuenta las siguientes sugerencias:

- Aplicar sentido común: unos pocos reclamos de los clientes pueden requerir mucha más atención y esfuerzos que muchos otros reclamos, dependiendo esto del cliente y del tipo de reclamo.
- Indicar claramente en el gráfico la magnitud que estamos mostrando, de manera que todos los usuarios del mismo sepan qué se está midiendo, y puedan efectuar el análisis desde la misma base.

Resumiendo, los **beneficios** de utilizar los gráficos de Pareto se pueden sintetizar en los siguientes:

1. Ayudan a establecer prioridades.
2. Permiten focalizar los recursos.
3. Mejoran la comunicación, el entendimiento y la interpretación de los hechos.

4. Permiten comparar el antes y el después.

Y como **herramienta de la Gerencia**, específicamente hablando:

1. Dan información base para establecer prioridades en el planeamiento estratégico.
2. Potencian los beneficios del negocio al facilitar el direccionamiento de los recursos administrados.

En definitiva, el uso de esta herramienta con información obtenida adecuadamente debería constituir la mayor parte de los esfuerzos de análisis iniciales en un proceso de mejora organizacional.

3.4.5. Tormenta de ideas

Una forma de analizar cómo se suscita un cambio y de dónde surge la energía que lo produce, ya sea en la demanda o en otros campos de la organización, es viendo al cambio como la resultante de la pugna de fuerzas que están buscando alterar el “status quo”.

Cuando se presentó como herramienta al diagrama de causa y efecto, se mencionó que uno de los caminos para definir las posibles causas del defecto era la “**tormenta de ideas**”, sin profundizar el concepto. Las técnicas gráficas en general, constituyen un poderoso elemento para enfocar la atención y el pensamiento a los aspectos realmente importantes de un problema, pero resulta de igual importancia el contar con herramientas que ayuden a expandir el pensamiento y a facilitar la visión completa de la totalidad de las dimensiones de cada problema.

La tormenta de ideas (“brainstorming”) es una técnica grupal muy difundida que permite dar lugar al pensamiento lateral y ayuda al equipo de trabajo a identificar todas las dimensiones mencionadas en un corto período de tiempo.

Esta técnica puede aplicarse de dos maneras:

- **Estructurada:** Cada miembro del grupo enuncia una idea en forma rotativa, dándose tantas vueltas como sean necesarias, hasta agotar la creatividad del grupo. Obliga a participar a la gente tímida, pero crea cierta presión.
- **No estructurada:** Cada miembro aporta sus ideas espontáneamente a medida que les vienen a su mente. Crea un clima más relajado, pero se crea el riesgo de favorecer el protagonismo de los más locuaces.

En ambas metodologías, las reglas del proceso son las mismas y el tiempo recomendado es de 5 a 15 minutos. A los efectos de garantizar un buen resultado, es recomendable seguir dentro del equipo las siguientes **7 reglas**:

1. No criticar ideas.
2. Promover la libre expresión.
3. Enfatizar en la cantidad.
4. Combinar idea y aportar mejoras.
5. Mantener el trabajo en equipo.
6. Hacer que las ideas sean evidentes.
7. Discutir las ideas sólo una vez que la sesión de generación de ideas haya finalizado.

3.4.6. Modelos de regresión logística**Modelo:**

$$Y_t = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \dots + \beta_p X_{pt})}}$$

donde:

1. Y : Variable explicada, dependiente o endógena en el instante t .
2. t : es el instante de tiempo en el que se toman las muestras, van desde un $t = 0, \dots, n$. O pueden ser distintos individuos sobre los que se disponen datos.
3. X_i : i -ésima variable explicativa, independiente o exógena / endógena, en el instante t . Para $i = 0, 1, 2, \dots, p$.
4. β_i : i -ésimo parámetro del modelo. Para $i = 0, 1, 2, \dots, p$.

Descripción: Este tipo de modelos se utiliza para estimar la probabilidad de un suceso en función de un conjunto de variables X que se consideran causales. Dichas variables pueden ser métricas o binarias (0 o 1).

La tabla de entrada de datos comprenderá a n individuos en los que se ha registrado los valores de las variables X y la variable Y , que tomará los valores 1 o 0, según haya presentado o no el atributo cuya probabilidad se desea estimar en futuros individuos. Por ejemplo, en un caso de estimación de la probabilidad de que una persona tenga un accidente cardiovascular en los próximos 5 años (Y), las variables X pueden ser: si fuma o no; si posee o no antecedentes familiares de hipertensión; la edad del individuo, etc. Salvo ésta última, las demás fueros variables binarias, sí o no.

Limitaciones: Su solución es a través de solver y requiere la utilización de valores semilla.

3.4.7. Modelos computacionales

A partir de los años setenta ('70) se comienza la difusión rápida de varios paquetes de programas de ordenador para la estimación de modelos, especialmente en ambientes académicos y empresariales.

Inicialmente, los paquetes estadísticos de uso general incluyen programas de regresión simple y múltiple (el mismo Excel trae la función de regresiones), aunque no disponen de herramientas de validación econométricas. Más adelante surgen paquetes especializados en técnicas econométricas para la estimación de modelos dinámicos uni o multi ecuacionales, y de series temporales, conforme el pronóstico comenzaba a distinguirse como disciplina dentro de la estadística.

La clasificación de los paquetes de programas de ordenador en econometría se puede realizar en función de dos criterios:

1. Las técnicas que incluyen, y
2. El tipo de computadora requerida.

Por razones de brevedad, no se los detallará a todos, sino al conjunto de programas más usado en el entorno.

Cabe señalar un detalle de suma importancia: El juicio debe ser siempre la guía, con lo cual previo a utilizarse debe estudiarse como es que funciona el programa. Si no se conoce la técnica a través de la que se está realizando el ajuste y se lo utiliza a ciegas los resultados pueden ser catastróficos.

Ello no obstante, los programas resultan ser una herramienta sumamente práctica ya que en cuestión de minutos permiten obtener predicciones de alta complejidad de cálculo.

En primer lugar, se tienen paquetes estadísticos de uso general: BMDP, SPSS, SAS, MINITAB y otros.

En segundo lugar tenemos los paquetes econométricos: TSP, SCA (paquete para series multivariantes), SAS/ETS en los cuales se poseen numerosos programas de predicción como el TSP e Eviews, FORECAST MASTER (paquetes de filtrado de series), AUTOBOX, ESP, FOCA, FORMAN, TRAMO, etc.

4. CASO REAL DE ESTUDIO

4.1.LA EMPRESA. SITUACIÓN Y CONTEXTO.

La empresa en cuestión es el negocio de lubricantes y especialidades (Lubes & Specialities), ESSO Petrolera Argentina SRL, subsidiaria de Exxonmobil Corporation.

En noviembre del año 1999 producto de la fusión a nivel global entre Exxon (ESSO) y Mobil, la empresa comienza una etapa de sucesivas adaptaciones de productos.

La Exxonmobil Corporation a nivel global cuenta con plantas que operan en 200 países, incluyendo actividades del:

- UPSTREAM (exploración y producción de crudo, etc)
Producción de hidrocarburos diarios de 636MLtrs. Argentina produce el 21% aproximadamente con 132MLts.
- DOWNSTREAM (Refinación y comercialización)
44 refinерías con una capacidad total diaria de 874MLtrs. Argentina representa el 11%.
Existen 42.000 estaciones de servicio
Se abastecen a 700 Aeropuertos en 80 países

➤ Lubricantes y especialidades

Se comercializan diariamente 11.6 MLtrs. de los cuales en Argentina se vende el 3%, con aproximadamente 3.1MLtrs/mes.

- Petroquímicos
21.4Mtn/año

La planta de lubricantes de Argentina está localizada en Campana y desde allí abastece a todos sus clientes. Cuenta con 25 años sin incidentes y cumpliendo con operaciones certificadas ISO 9000, lo que le significó en el año 2006 el premio Presidente Award a la excelencia operativa.

4.1.1. El negocio de lubricación en Argentina.

Como menciona el título de este proyecto, el aceite lubricante es un COMMODITIE DE ESCASA ELASTICIDAD. Definido así por el gerente de pricing para Sudamérica y validado a partir de varias experiencias con aumento de precios sin variación en los volúmenes de venta totales (ej: en marzo de este año se aumentaron un 7% los precios y el volumen total comercializado no varió). A pesar de ello no siempre fue así y en realidad se trata de un cambio en la percepción del cliente.

En sus inicios, como producto derivado del petróleo y a falta de desarrollos conjuntos con las industrias, los aceites lubricantes no se diferenciaban más que por el precio. A partir de la maduración en el desarrollo conceptual de la teoría (tribología), la participación activa de ingenieros en lubricación, gerentes de mantenimiento y diseñadores de equipos, surgen nuevas formulaciones. La oferta técnica logra enriquecerse a través de una serie de especificaciones

cada vez más complejas y a través de ellas el cliente ha comenzado a apreciar las ventajas que el producto podría ofrecerle. Para mayores detalles, ver la sección siguiente.

A nivel nacional, el mercado de lubricantes demanda 280Mlts anuales, de los cuales YPF-Repsol es el líder con un 36% de participación. Exxonmobil posee un 12%.

A nivel de la demanda de mercado, las estadísticas se manejan en tres nichos diferentes:

1. PVL o Passenger Vehicle Lubricants: Involucra a todos los vehículos pequeños. Como características relevantes, es un mercado que terceriza la operación del cambio de lubricante. La tendencia realizarlos en concesionarios para los vehículos jóvenes, mientras que los lubricentros han captado gran parte de los clientes.

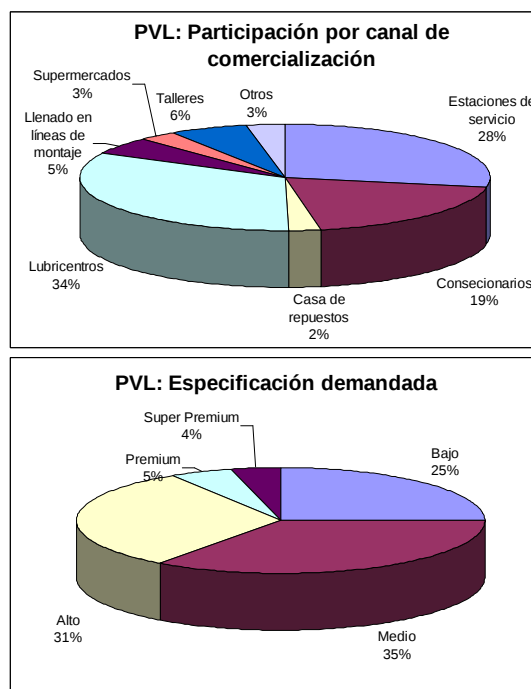


Ilustración 4-1

2. CVL o Car Vehicle Lubricants: Involucra a los transportes pesados, desde flotas, camiones, etc. El sector minero y agrícola debido a la suba de precios de commodities, junto a la construcción presentan tendencias crecientes. Las ventas están atadas al abastecimiento de combustibles.

METODO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA

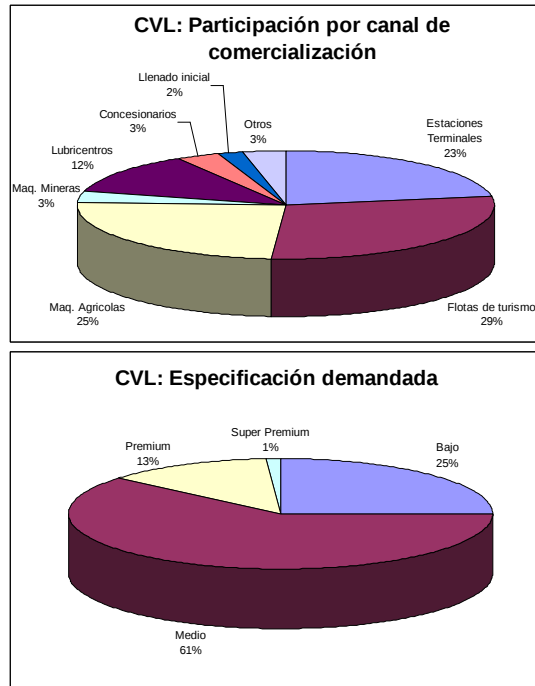


Ilustración 4-2

3. IND o Industrial: Involucra a las industrias que utilizan lubricantes y otras especialidades en la operación de sus equipos de producción. En materia de energía se mantiene estable, presentándose crecimientos especialmente en las pequeñas y medianas industrias (PYMES).

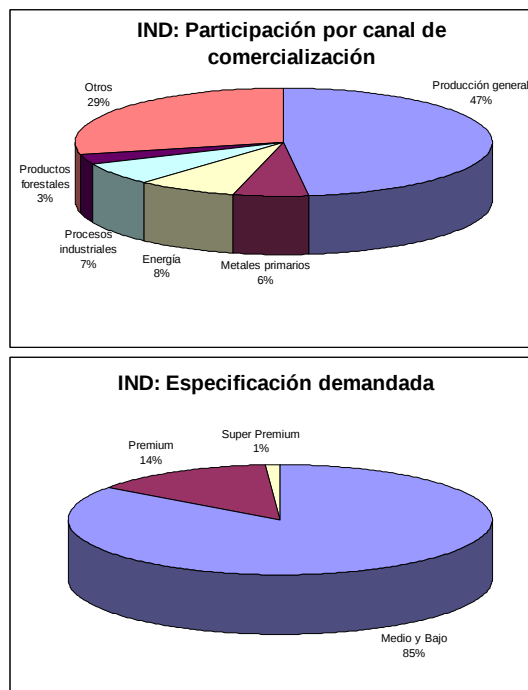


Ilustración 4-3

4.1.2. Funciones / Departamentos / Áreas del negocio.

La empresa maneja sus operaciones a través de distintas áreas, cada una de las cuales tiene definida sus objetivos los cuales se alinean a una meta común de ganar dinero.

El diagrama de flujo que se muestra a continuación nos muestra la situación hipotética en la que no se presenten problemas de pronósticos y como es que se vinculan las áreas claves para el flujo de la demanda. Como puede verse, las áreas claves son: abastecimientos o suplido y distribución (S&D), planeamiento y programación de la producción, control de inventarios y ventas (S&Op).

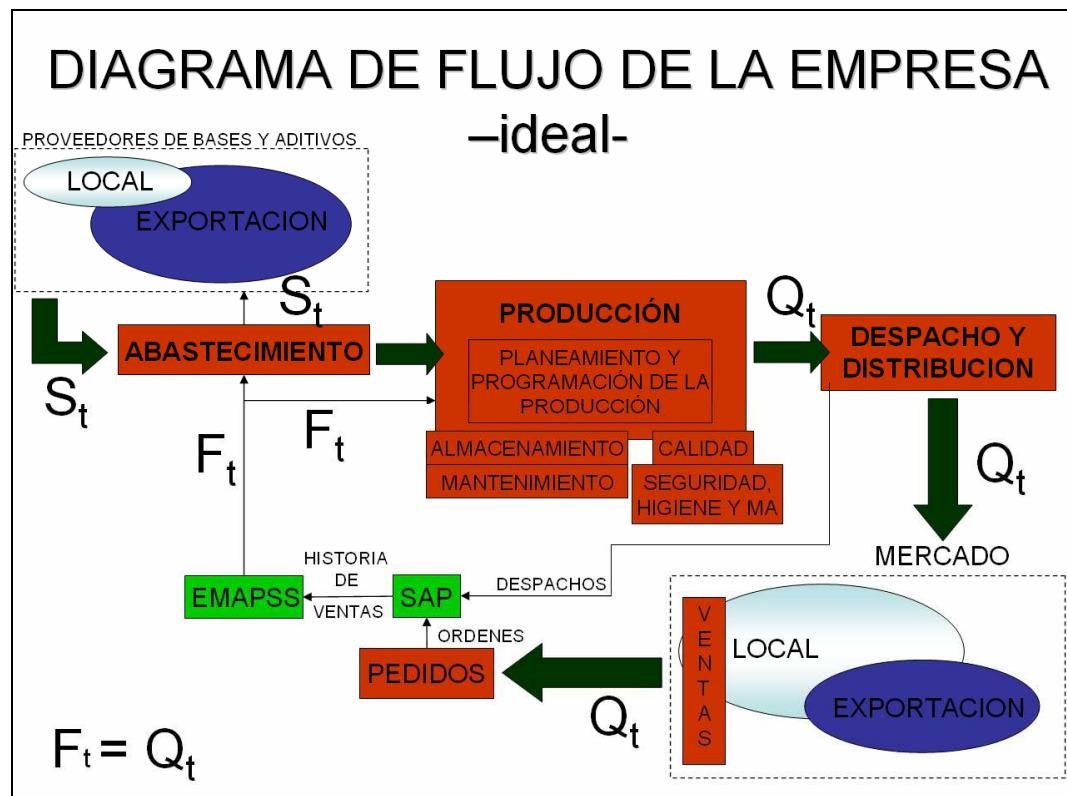


Ilustración 4-4

4.1.2.1. Suplido y distribución (S&D – Supply & Distribution).

La empresa suplir la demanda a partir de una única locación (Planta de Campana) donde se encuentra además el almacén, lo cual implica una centralización total de las operaciones.

Esta función incluye el manejo de la demanda y el suplido de productos para satisfacer las necesidades del cliente.

Las operaciones de elaboración que veremos a en el siguiente item produce y desarrolla los bienes y servicios que serán entregados a las redes de consumo a través del proceso de despacho y distribución. Existe una métrica que mide la

performance de las entregas en función a los despachos totales denominada: FFR (Fulfillment rate, se explicará el concepto mas adelante).

En cuanto al proceso de abastecimiento, se encarga de conseguir las materias primas necesarias para la elaboración de los productos lubricantes. Para ello se utiliza la metodología MRP II, implementada a través del sistema EMAPSS y utilizando como input la información de forecast y de inventarios (actuales y niveles meta).

Para evaluar la efectividad de S&D existen varias métricas enfocadas en la confiabilidad, tiempos de respuesta, flexibilidad, costos y eficiencias:

- Costos: aquellos asociados con la operación del abastecimiento y suplido posee las siguientes métricas:
 1. Costo de los bienes vendidos y capital inmovilizado (materias primas y producto terminado).
 2. Costo total de la gestión de la cadena de suministros.
 3. Valor agregado y productividad.
 4. Costo de de procesos de retorno y garantía.
 5. Tiempo de despacho: desde la que la orden es registrada hasta su despacho.
- Confiabilidad: se mide como la entrega del producto correcto, en el lugar establecido, en el momento definido, en las condiciones y el empaque acordados, con la calidad asegurada, la documentación requerida y al cliente correcto. Las métricas incluye:
 1. FFR.
- Tiempos de respuesta: es la velocidad con la cual el sistema puede proveer productos a los clientes. Su métrica es el:
 1. Lead time del pedido.
- Eficiencia: Es la efectividad con la que una organización se maneja para satisfacer la demanda e incluye el manejo de todos los activos desde los inventarios de productos y capital de trabajo hasta los bienes de uso:
 1. Utilización de bienes de uso (tanques, máquinas, almacenamiento, etc.)
 2. Días de inventario.

4.1.2.2. Ventas y Operaciones (S&Op – Sales & Operations).

La empresa define los planes de negocio (largo plazo, generalmente anual) a cumplir a lo largo de cada año. Para llevar los planes a la acción es necesaria la intervención en conjunto de las distintas áreas para adaptarlos a un horizonte temporal que permita definir la operación y alcanzar el objetivo o actualizarlo a la luz de los imponderables que puedan aparecer en el transcurso.

S&Op debe reconciliar los planes de ventas, financieros, supply, demanda y nuevos productos tanto a nivel detallado como agregado y definir como se llevará a cabo su implementación mes a mes. Esto permite alcanzar la ventaja competitiva sobre una base regular, revisando los planes tanto a corto como al mediano y largo plazo.

Los horizontes de tiempo que se manejan serán los necesarios para contemplar lo que se denomina el “cumulative time”, que no es otra cosa mas

que la suma de lead times desde que se genera un pedido de materias primas, hasta que el producto está en condiciones de ser despachado por la planta.

La importancia de S&Op radica en la función de conectar la gestión de la demanda con las funciones de producción. El resultado será un plan maestro de producción, que contiene los datos necesarios para elaborar el programa de producción mensual y funciona como input para el proceso MRPII.

Como salida de este proceso se obtiene un plan táctico para el negocio que será actualizado y mejorado mensualmente.

Para lograrlo en forma efectiva, combinará información de:

1. Manejo o gestión de la demanda:
 - Necesidades de los clientes, brindadas por la fuerza de ventas (primer contacto con el QFD).
 - Tácticas, promociones y targets de ventas.
 - Análisis competitivos del mercado actual y a futuro.
 - Pronósticos de ventas.
 - Desarrollo de programas.
 - Planeamiento de ventas.
2. Función de producción:
 - Variaciones de los resultados actuales frente a lo planeado. Producción e inventario.
 - Planeamiento de la capacidad productiva
 - Planes maestros
 - Planeamiento de requerimientos de distribución
 - Planeamiento de requerimiento de materiales (MRP)
 - Elaboración de productos/empaques.

Flujograma del proceso:



Ilustración 4-5

4.1.2.3. El Planificador de la demanda: Demand planner.

La gestión de la demanda es la función de reconocer todas las demandas de productos y servicios para abastecer al mercado. Involucra realizar lo necesario para que se de el flujo de demanda y priorizar cuando el suplido escasea.

Esta función es realizada principalmente por el Planeador de la Demanda (Demand Planner). Su principal responsabilidad y por la cual rinde cuentas, es la calidad del plan de demanda que representa la producción y el desplazamiento de materiales a lo largo de toda la cadena de valor.

Rol	Responsabilidad y tareas a cargo	Habilidades y conocimientos requeridos
Su principal responsabilidad y por la cual rinde cuentas, es la calidad del plan de demanda que representa la producción y el desplazamiento de materiales a lo largo de toda la cadena de valor.	1. Operar y controlar el modelo de generación del plan de demanda de productos a todo nivel de agregación y por canal de ventas. 2. Gestionar la mejora en la exactitud del modelo de plan de demanda. 3. Recolectar y analizar la información de vendedores (Market intelligence). 4. Controlar y reportar errores excepcionales. 5. Participar y liderar las reuniones entre vendedores y gente encargada de la producción. 6. Analizar los reportes de performance del forecast. 7. Coordinar con el programador de la planta el desplazamiento de la demanda en caso de eventos excepcionales. 8. Mantener y actualizar la información histórica.	1. Certificado de APICS o estudios en progreso. 2. Entendimiento de la operación de planta. 3. Experto en procesos de venta y marketing. 4. Experto en características y movimientos de productos. 5. Experto en el funcionamiento histórico de la demanda. 6. Experto en el sistema de demanda Manugistics. 7. Habilidad para pensamientos innovadores. 8. Habilidad para trabajar en equipo. 9. Habilidad para el pensamiento analítico. 10. Fuerte compromiso por la efectividad y la precisión. 12. Habilidad para construir consenso. 13. Efectividad en la comunicación oral y escrita.

4.2. LOS PRODUCTOS: ACEITES LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES

4.2.1. Aceites lubricantes. Definición.

Un lubricante es una sustancia que, colocada entre dos piezas móviles, no se degrada, y forma asimismo una película que impide la fricción y el desgaste por contacto, permitiendo su movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones.

Bajo este contexto, el desgaste es la pérdida de masa o desprendimiento de partículas por fuerzas de contacto. Hay seis (6) tipos de desgaste: adhesivo (soldado, rayado y/o arrastre), abrasivo (pulido por polvo o arena), corrosivo (por reacción con el medio), picado (fatiga por contacto rodante) y erosión por cavitación.

Existen seis (6) funciones del lubricante: disminuir el desgaste, las pérdidas mecánicas (potencia) por fricción, refrigerar, sellar, limpiar los interiores por los que circule y evitar la corrosión y ataques térmicos. El concepto asociado es considerar al aceite lubricante como la sangre del motor.

Su evolución histórica ha tendido a llevarlo a una posición de privilegio en las empresas de industrias pesadas, así como en la industria automotriz (tanto liviana como pesadas – flotas) y máquinas agropecuarias (cosechadoras, tractores, etc.).

Esta posición la ha logrado a través de mejores formulaciones en los aceites que permiten prolongar la vida útil y la disponibilidad (horas de utilización) de los equipos, rendimientos y por tanto menores consumos.

Sus propiedades y atributos han evolucionado hasta tal punto de utilizar sus muestras en uso para las tareas de mantenimiento preventivo, siendo parte fundamental en los sistemas RCM (reliability confidence manufacturing), TPM (total productivity management) y demás variantes en el control de los equipos.

4.2.1.1. Atributos y propiedades.

➤ Mineral vs Sintético

El lubricante mineral es cualquier aceite a base de destilados y/o refinados de petróleo, en contraste con aceites de origen vegetal o animal. Se parte del petróleo crudo, se lo destila y refina hasta obtener un solvente. Este pasa a una torre de extracción (se desestabilizan los compuestos aromáticos) luego a un desparafinado y se termina con un proceso de hidroterminado para estabilizar al compuesto.

Por otro lado tenemos los aceites sintéticos. Son aquellos obtenidos únicamente por síntesis química, ya que no existen en la naturaleza. Una de las grandes diferencias de los aceites sintéticos frente a los minerales es que presentan una estructura molecular definida, homogénea y conocida, así como propiedades predecibles, fruto de esta información. Los productos sintéticos pueden ser ubicados dentro de alguna de las siguientes familias citadas a continuación:

- **PAO: "Poly Alpha Olefines"**, son el resultado de una síntesis química del etileno que consiste en la reacción de polimerización de compuestos olefínicos.
- **Ésteres fosfóricos**: son producto de la reacción de óxidos fosfóricos y alcoholes orgánicos. Su alto costo hace que su uso quede restringido a los fluidos hidráulicos resistentes al fuego en aplicaciones muy específicas. Tienen un muy buen poder lubricante y anti-desgaste.
- **Ésteres orgánicos**: Se obtienen también por síntesis, es decir, de forma artificial, pero sin la participación de productos petrolíferos. Al contrario de las bases anteriormente mencionadas, los Esteres son producto de la reacción de esterificación entre productos de origen vegetal, tales como alcoholes y ácidos grasos de origen vegetal.

Entre sintéticos y minerales existen aceites denominados Semi-sintéticos que son productos compuestos mezcla de ambos o un aceite mineral que ha sido sometido a un reproceso de hidroterminado intensivo (conocido como hidrocrackeo).

Comparación De Las Propiedades De Las Bases.

Base	Mineral	Hidrocrack	P.A.O.	Éster
<i>Propiedades</i>				
Viscosidad	Monogrado	Multigrado	Multigrado	Multigrado
Índice de viscosidad	Bajo 100	Bueno 120-150	Bueno 120-150	Muy Bueno 130-160
Punto de congelación	Débil -10/-15	Débil -15/-25	Excelente -40/-60	Excelente -40/-60
Resistencia a la oxidación	Buena	Buena	Muy buena	Excelente
Volatilidad	Media	Media	Excelente	Excelente
Untuosidad	No	No	No	Sí
Biodegradabilidad	No	No	No	Sí

Ilustración 4-6

➤ Viscosidad. Índice de viscosidad (VI).

La viscosidad es la propiedad más importante que tienen los aceites y se define como la resistencia de un fluido a fluir. Es un factor determinante en la formación de la película lubricante. Como medida de la fricción interna actúa como resistencia contra la modificación de la posición de las moléculas al actuar sobre ellas una tensión de cizallamiento.

La viscosidad en un aceite varía con la presión y temperatura. Fundamentalmente interesa como varía con esta última.

El índice de viscosidad (VI) es un número derivado de las mediciones de viscosidad a 40°C y 100°C, que indica la tendencia con que la viscosidad del aceite disminuye al aumentar la temperatura.

Un aceite con un Índice de Viscosidad MAYOR tiene una MENOR tendencia a la disminución de la viscosidad con la temperatura.

Esto se asocia con una mayor flexibilidad en la aplicación, es decir un aceite con un Índice de Viscosidad MAYOR puede ser utilizado en un mayor rango de temperaturas de trabajo (ventaja fundamental de los aceites sintéticos respecto del resto).

➤ Certificación de Calidad.

Todos los productos de la empresa cuentan con la certificación internacional, API, ACEA y las específicas según correspondan. Ej. La JASO (Organización para la Estandarización Japonesa de Automotores) para lubricación de vehículos japoneses (por ej.: Toyota) y motos.



API (American Petroleum Institute), es una organización técnica y comercial que representa a los elaboradores de productos de petróleo en los E.E.U.U. El API contacta a los fabricantes de motores y vehículos, y a sus clientes, para evaluar el rendimiento de los aceites existentes en el uso cotidiano, y para predecir los requerimientos futuros.



A través de su asociación con la SAE (Society of Automotive Engineers) y de la ASTM (American Society for Testing of Materials), han sido desarrollados numerosos ensayos que se correlacionan con las experiencias de campo, es decir con el uso real y diario.



Desde 1947 el API ha estado involucrado en el desarrollo de las normas de la industria para los aceites de motor. El sistema actual de Clasificación API de Servicio para Motor está dividido en la serie "S"; que cubre aceites de motores principalmente a nafta para autos de pasajeros y camiones livianos (*spark*, encendido por chispa), y la serie "C" para vehículos comerciales, agrícolas, de la construcción y todo terreno, operando con combustible diesel (*compression*, encendido por

alta presión y T°).

El SAE, Sociedad de Ingenieros Automotrices de los Estados Unidos, establece la clasificación de los aceites por sus características reológicas o relativas a la viscosidad.

Las clasificaciones SAE de aceites para motor y para engranajes son reconocidas y recomendadas por los fabricantes en todo el mundo.



Constituyen una norma universal.

La ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles - Asociación de Fabricantes Europeos de Automotores) es la organización que establece las normas de desempeño de los lubricantes para la industria automotriz Europea.

Su sistema de clasificación de aceites para motor ha reemplazado al sistema anterior operado por la CCMC, la cual ha desaparecido (en realidad ACEA está formada por

los miembros del anterior CCMC, con el agregado del grupo PSA: Peugeot-Citroen-Talbot; y de Ford y General Motors de Europa).

Las secuencias para lubricantes definidas por ACEA se basan en ensayos de laboratorio como así también en ensayos de dinamómetros, algunas de estas pruebas son iguales a las usadas por el API en los EE.UU., pero muchas de ellas son nuevas, en especial las pruebas en dinamómetros desarrolladas por el CEC (Coordinating European Council) que reflejan la tecnología actual de motores. La edición de las nuevas secuencias se adhieren estrictamente a los requerimientos de lubricación de los fabricantes de motores europeos.

Los ensayos de ACEA reflejan los requerimientos del lubricante para mejorar: protección contra el desgaste, limpieza del motor, resistencia a la oxidación y resistencia al aumento de viscosidad debido al espesamiento por hollín, efectos que merecieron la especial atención de los fabricantes europeos de motores, al punto de ser más exigentes que los estándares API.

➤ Monogrado vs Multigrado

A raíz de las variaciones que sufre la viscosidad con la temperatura, existen dos tipos de aceites: los monogrados y los multigrados. Los primeros sólo garantizan una viscosidad para una dada temperatura, con bajos índices de viscosidad. Los segundos presentan propiedades de alta fluidez a baja temperatura, así como también otorgan protección a altas temperaturas, como las desarrolladas en aros de fuego, cojinetes de biela y bancada, y válvulas de admisión.

Para analizar esto veamos el gráfico, en el cual representamos viscosidad versus temperatura de un aceite SAE 40 (monogrado) y uno SAE 15W-40 (multigrado, donde W indica Winter, que indica la temperatura en frío o en el estado de arranque).

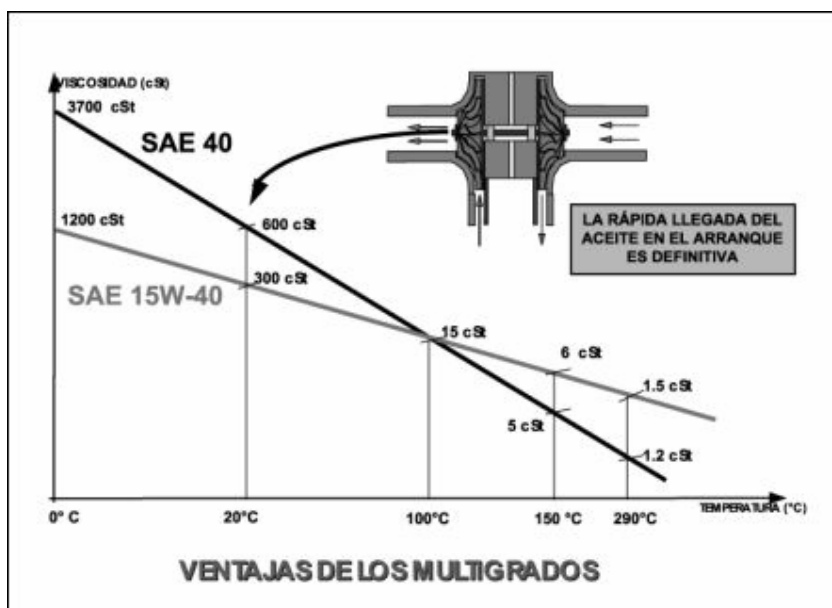


Ilustración 4-7

Puede apreciarse que el aceite multigrado posee una pendiente menos inclinada lo que tiende a mantener la viscosidad en un menor rango de variación. Notar que a temperaturas bajas la viscosidad del multigrado es menor (más rápido acceso a las zonas de los equipos en la etapa de encendido: representa el 70% del desgaste en automotores), mientras que posee mayores viscosidades a temperaturas elevadas (permite el sellado en los aros del pistón).

➤ Degradación. Vida útil del aceite.

Los aceites sufren de la degradación de sus propiedades con el transcurso del tiempo. Esto tiene tres (3) orígenes:

- **Oxidación:** El aceite en presencia de oxígeno (aire) se oxida. Esta reacción se ve alentada con el aumento de la temperatura, presiones altas, presencia de combustible (actúa como catalizador) y el mezclado o agitación (estado de turbulencia que alienta el proceso). Existen aditivos antioxidantes para prolongar la vida del lubricante.
- **Contaminantes:** Ya sea por combustible no quemado, productos de la combustión, suciedad que ingresa al circuito a través de filtros. Se solucionan a través de aditivos.
- **Otros contaminantes:** Metales en suspensión producto del desgaste, suciedad introducida en el cambio de aceite o mezcla con agua. Solo salen por cambio de aceite y limpieza.

A continuación se detallan los aditivos, que como vimos ayudan a prolongar la vida del aceite y mejoran sus propiedades de lubricación de superficies.

Cabe señalar que todo aceite por más aditivos y bases sintéticas que posea tiene una vida útil limitada. Por lo general el período de cambio es recomendado por el fabricante de los equipos según controles de calidad.

➤ Aditivos

El aditivo es un compuesto químico agregado a un aceite base para mejorar o agregar ciertas propiedades.

Más allá de aquellas especialidades, que se diseñan para necesidades específicas (engineer to demand), existe una gran cantidad de aditivos que representan del 20-25% de los productos de lubricación.

Los aditivos comunes de los productos derivados del petróleo (minerales) son:

1. agentes anti-espuma (varía la tensión superficial),
2. inhibidores de oxidación (disminuye la tendencia a reaccionar el aceite con el O₂ del aire),
3. anticongelantes (evita cristalizaciones),
4. aditivos anti-desgaste (reacciona con el metal alisando la superficie a lubricar),
5. inhibidores de corrosión,
6. desulfurificadores (los retiene, impidiendo que se liberen al ambiente),
7. detergentes (evitan que los ácidos ataquen al motor),
8. dispersantes (mantienen las partículas en suspensión),

9. emulsificadores (para evitar la segregación del fluido, especialmente cuando se mezcla con agua),
10. aditivos de extrema presión,
11. agentes de oleosidad,
12. depresores del punto de escurrimiento,
13. inhibidores de óxido,
14. agentes de adherencia,
15. mejoradores del índice de viscosidad (IV).

4.2.1.2. Marcas y Posicionamiento de la empresa

Hoy por hoy existen dos marcas bajo las cuales se comercializan los productos: Mobil (24% de los productos y apuntan al segmento A1 e industrial) y ESSO (76% de los productos, de baja a alta especificación de alta calidad destinado a un segmento medio alto e industrial).

El argumento de venta no es que se venden lubricantes, sino soluciones de lubricación. No se considera al producto como commodity y se tiende a una oferta completas de lubricación por aceites sintéticos.

4.2.2. Tipo de productos

Los distintos productos que integran la oferta de aceites lubricantes presentan comportamientos diferentes.

La gama alta de aceites, en especial con la marca Mobil 1, representan un tipo de bien normal es decir su demanda se ve incrementada conforme aumentan los ingresos (PBI) de la sociedad. Esto se debe a que es un producto de alto precio y cuyos atributos superan las necesidades de un cliente promedio. Ej:

TRIMESTRE		PBI (M\$ 1993)	Mobil (L)
2005	1	275000	35465
	2	315000	101475
	3	310000	117055
	4	320000	115210
2006	1	300000	114185
	2	340000	107830
	3	340000	133455
	4	350000	138580

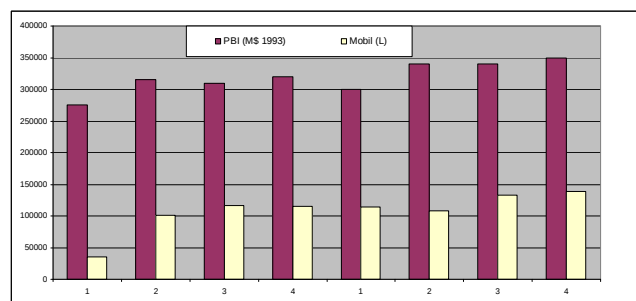


Ilustración 4-8

METODO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA

Coeficiente de correlación	0,8236
Coeficiente de determinación (R^2)	0,6783

Los productos de mediana y baja especificación presentan el comportamiento opuesto, dado que es un cliente que reconoce las bondades de los productos de alta gama, sin embargo se inclina a productos de media por cuestiones de precio. Ej:

	TRIMESTRE	PBI (M\$ 1993)	Esso Normal 40 (L)
2005	1	275000	408720
	2	315000	269722
	3	310000	219763
	4	320000	132938
2006	1	300000	160189
	2	340000	162706
	3	340000	125982
	4	350000	136043

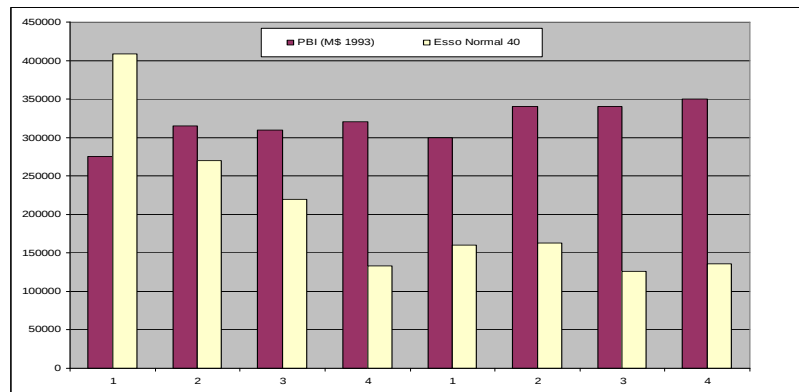


Ilustración 4-9

Coeficiente de correlación	-0,7944*
Coeficiente de determinación (R^2)	0,6310

*El signo negativo, indica que están inversamente correlacionados. Ante aumentos en uno (PBI) es de esperarse que se provoque la disminución del otro (demanda de Normal 40).

Finalmente existen productos cuya demanda es indiferente a los ingresos, dado que los clientes explican su decisión de compra basados en garantías o costumbres arraigadas. (Los coeficientes R^2 son bajos).

4.2.3. Niveles de agregación

La empresa actualmente cuenta con un total de 243 productos de lubricación, de los cuales el 49% de ellos son importados y el resto se producen a nivel local. Las materias primas son bases (aprox. 80% en volumen) y aditivos los cuales en un 85% son de origen importado.

La empresa posee la línea de lubricantes más completa del mercado. La mayor parte de ellos son destinados a la industria y al transporte, sin embargo dentro

de la oferta existen productos para náutica, aviación y otras especialidades (como productos para engranajes).

El nivel más bajo de agregación con el que se maneja la empresa es la “unidad de estockeo” (Sku), cuya oferta actual es de 449 unidades distintas. Estas a su vez se agrupan en 243 productos, quienes se centran en 7 familias de productos que componen al total del negocio Exxonmobil Lubes&Specialties.

TOTAL DE PRODUCTOS	Prod.	%	IMP / LOC	SKU	%
Local	125	51%	LOC	287	64%
Imported	118	49%	IMP	162	36%
TOTAL	243		APPL	449	
Industrial	118	49%	IND	197	44%
CVL	39	16%	CVL	91	20%
PVL	34	14%	PVL	84	19%
Marine	10	4%	MAR	20	4%
Aviation	9	4%	AVI	12	3%
Specialties	0	0%	SPC	0	0%
Grease	33	14%	GRE	45	10%

4.2.4. Oferta de productos e Industrias de consumo.

1. Lubricantes para Automóviles: Representa la gama de aceites para motores de vehículos para pasajeros aprobados por el fabricante de automotores y la industria. A su vez ésta se divide en:
 - Aceites para Motores de Vehículos para Pasajeros
 - Aceites para Motocicletas
 - Grasas Lubricantes
 - Fluidos de Transmisión Automática (ATF)
 - Aceites para Motores Diesel de Servicio Pesado
 - Lubricantes para Engranajes
 - Aceites para Motores a Gas Natural

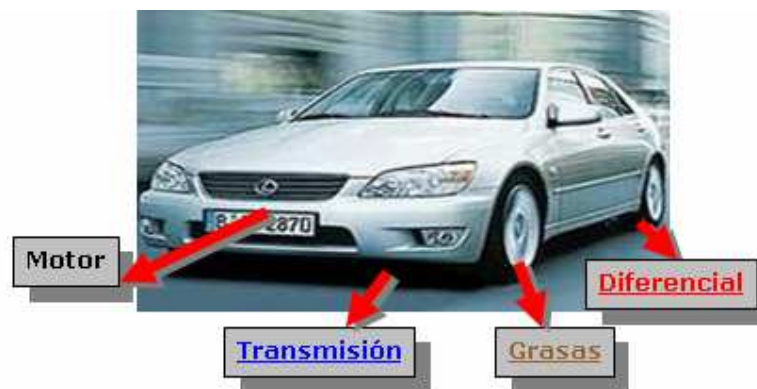


Ilustración 4-10

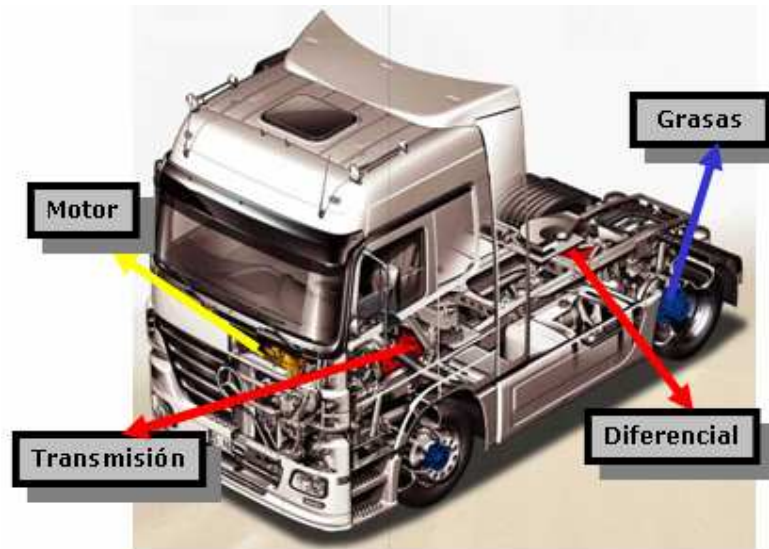


Ilustración 4-11

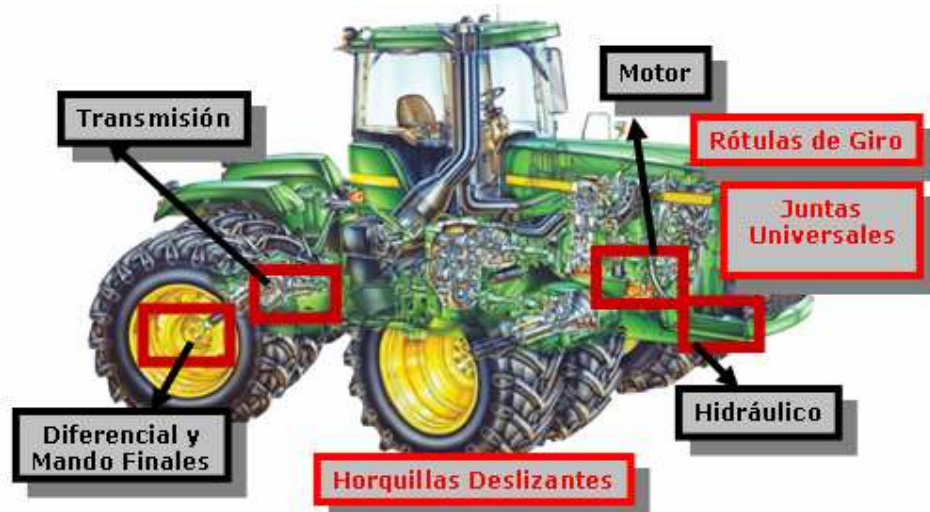


Ilustración 4-12

2. Lubricantes industriales: Suelen ser lubricantes de rendimiento específicamente diseñados. Entre sus atributos característicos están:

- El desarrollo con activa participación del Fabricante de Equipo Original (OEM, por sus siglas en inglés).
- Probados de manera exhaustiva en el laboratorio y el campo.
- Formulados típicamente para exceder las exigencias del OEM y de la industria.
- Constituyen una serie de lubricantes sintéticos sin precedentes, para las aplicaciones más exigentes.

A su vez se subdivide en:

- Aceites para Máquinas de Fabricación de Papel
- Aceites para Compresores
- Aceites de Laminación

- Grasas Lubricantes
- Aceites Hidráulicos
- Aceites Refrigerantes
- Lubricantes que protegen el Medio Ambiente
- Aceites para Motores a Gas Natural
- Aceites para Turbina
- Aceites de Transferencia de Calor
- Lubricantes Sintéticos



Ilustración 4-13

3. Grasas Lubricantes
4. Lubricantes Ambientalmente Sensibles
5. Lubricantes para la Industria Alimenticia
6. Lubricantes Sintéticos
7. Servicios de Lubricación: La oferta de productos marca Mobil incluye programas y servicios innovadores, que se ofrecen a través de ingenieros de campo capacitados con una tradicional reputación de pericia técnica. Estos programas y servicios, junto con los lubricantes de rendimiento están diseñados para ayudar a lograr el rendimiento óptimo del equipo. Incluye:

El análisis de aceite utilizado se basa en el eficaz manejo de las muestras, análisis de laboratorio precisos, integridad de los datos, e informes fáciles de usar, y podrá ayudarlo a lograr un rendimiento óptimo. Conozca más acerca de Signum. **Servicios de expertos** utilizan el conocimiento de aplicación de nuestros ingenieros para brindar ventajas de rendimiento documentadas a través de la inspección de sus componentes y del sistema, capacitación de lubricación, estudios del sistema, localización de fallas, análisis de fallas por causas internas, instrucciones de lubricación detalladas, y software de programación de lubricantes.

4.2.5. Comercialización de productos

Existen varios canales de comercialización, cada uno de los cuales responde a las distintas necesidades de los clientes que lo integran o participan. Cada

canal tiene una o más personas a cargo del desarrollo, seguimiento y control de las transacciones. Así, por ejemplo, existe un canal de ventas marino, a estaciones de servicio, flotas de transporte, distribuidores, etc.

Las personas encargadas son empleados de más de seis (6) años en la empresa y en particular del canal, lo que les confiere de gran conocimiento implícito (juicios) respecto al comportamiento de su paquete de clientes. En caso de rotación de vendedores, la transición se da en forma paulatina y bajo un procedimiento detallado para evitar la pérdida de información crítica para el negocio.

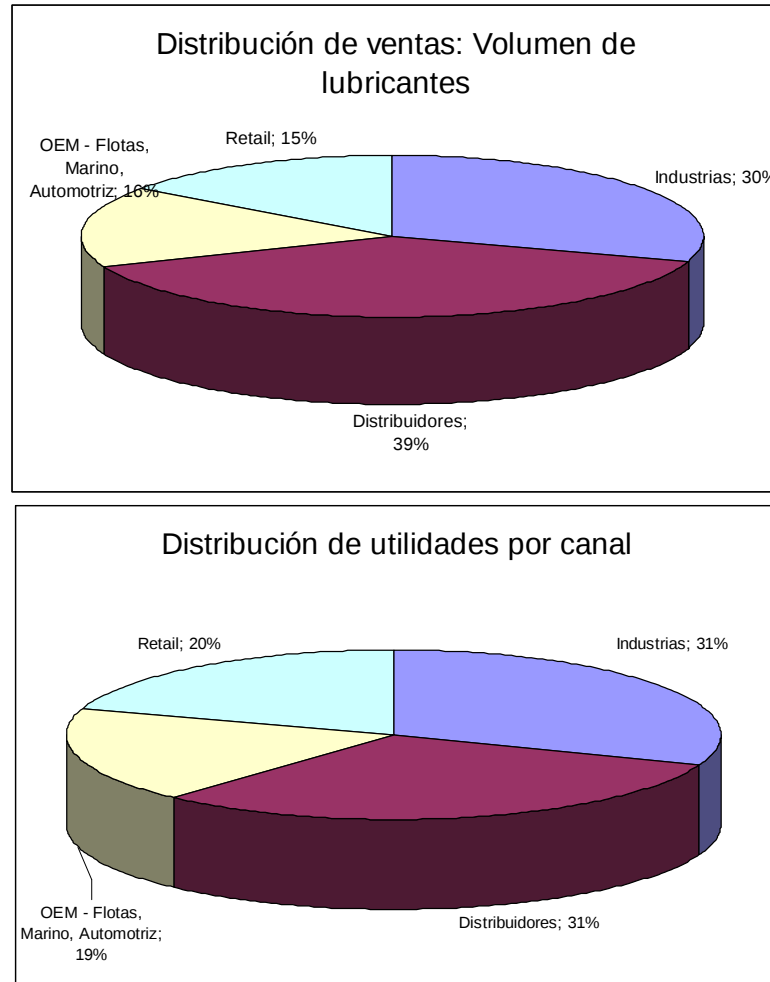


Ilustración 4-14

4.3. METODOLOGÍA DE PRONÓSTICO ACTUAL

Exxonmobil posee un sistema de pronóstico global incluido como un módulo dentro del llamado EMAPSS (ExxonMobil Advanced Planning & Scheduling System), desarrollado por la empresa Manugistics con aplicaciones locales y por región, de forma tal de lograr una efectividad en el conjunto, lo que a veces atenta contra la efectividad local.

EMAPSS es un sistema integrado por diversos módulos, entre ellos cuenta con el sistema de pronósticos, un MRP II (para el manejo de los recursos para la producción), un MPS (para la programación de la producción), etc. El programa fue lanzado globalmente en el año 2000 y su objetivo es manejar la implementación de la demanda, los cumplimientos y la programación del negocio global de lubricantes.

Cada producto posee una historia que guarda todos los movimientos de materiales en un sistema SAP. En el caso de nuevos productos o discontinuaciones, existe una metodología de mapeo de productos de forma tal de aprovechar la historia como fuente primaria de proyección. Si bien SAP también posee alguna de las funciones que desarrolla EMAPSS, se creyó conveniente una aplicación especial para el negocio. Por lo tanto se anularon ciertas operaciones de SAP y el sistema interactúa a través de una serie de interfaces SAP-EMAPSS e EMAPSS-SAP.

A nivel Sudamérica, el sistema utiliza dos entradas para la estimación del pronóstico de ventas. Un método de pronóstico basado en información histórica de ventas proveniente de SAP. Este fue desarrollado por el estadístico Rudolf Lewandowski. Adicionalmente contempla el Market Intelligence, a través de información por sondeo de la fuerza de ventas.

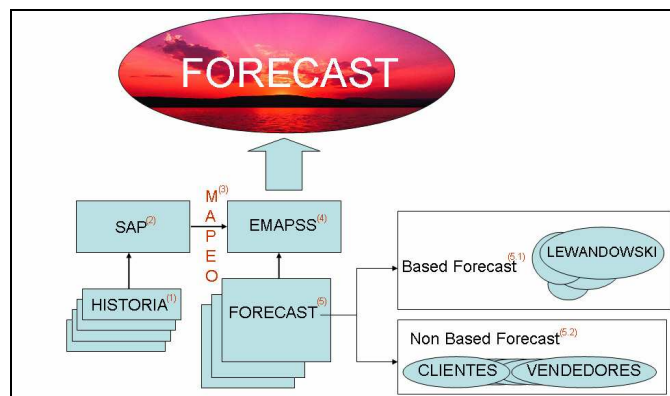


Ilustración 4-15

4.3.1. Modelo de pronósticos

Para el análisis y el pronóstico a corto plazo, el método de Lewandowski propone una descomposición de la serie de tiempo en los siguientes componentes principales:

1. Promedio: M_t
2. Estacionalidad: S_t
3. Influencia en las variaciones en el calendario o el clima: $S_t(c)$
4. Influencia de las acciones especiales: E_t
5. Influencia de una serie correlacionada: X_t

6. Variable aleatoria: ε_t

El pronóstico se determina como una función de las variables mencionadas, es decir:

$$Y_t = f(M_t, S_t, S_t(c), \sum E_t, X_t, \varepsilon_t)$$

En Exxonmobil, como en la mayor parte de las compañías aún cuando se ofrezcan al mercado un número limitado de productos, por lo general existen muchísimas series de tiempo que deben analizarse. Esto se debe a la estratificación que se requiera para obtener la precisión deseada, ya que tal vez se requiera detallar pronóstico por cliente. Adicionalmente, el corto plazo requiere estimaciones con mayor frecuencia.

Debido a todo ello, se dificulta mucho la intervención manual en los procesos de vigilancia y pronóstico.

El método de Rudolf Lewandowski con el que cuenta la empresa propone un modelado en forma automática, con escasa intervención del Demand planner para su ajuste.

El aplicativo se basa en los adelantos más recientes en la teoría de control y se basa en tomar como entrada los desvíos en los pronósticos para recalcular los parámetros hasta encontrar un mínimo desvío.

4.4. DEFINICIÓN DE LA NECESIDAD

La meta de la empresa es ganar dinero. Entre otros objetivos propuestos para alcanzar este propósito se encuentra la mejora continua de los procesos en forma íntegra, es decir, como sistema. Para ello es necesario trasladar los objetivos a las actividades operativas y controlar las tácticas y estrategias a lo largo del tiempo. La empresa cuenta con una serie de indicadores de performance destinados a controlar y cumplir dicho fin. Cada año, en función de relevamientos, se diseñan planes y establecen los valores a obtener en cada área o áreas.

Particularmente, para el año en curso, se propuso llevar la tasa de cumplimiento de pedidos de clientes (llamada FFR: fulfillment rate) a un 98%. La misma se obtiene como el número de pedidos despachados en tiempo y forma, respecto del total recibidos. Con un criterio del lado de la seguridad en pos de mejorar el servicio al cliente, se entiende por un pedido incompleto a aquel que presente al menos un sku (stock keeping unit) faltante.

Adicionalmente se estableció la métrica de obtener una exactitud en el pronóstico de la demanda del 80% (llamado FA: Forecast Accuracy). El mismo se obtiene como la proporción entre la suma de los errores absolutos por Sku respecto del pronóstico total.

Es importante señalar una vez más el contexto de la necesidad, ya que es vital para la posterior definición del problema a solucionar.

La empresa supe la demanda a partir de una única locación (Planta de Campana) donde se presenta además el almacén, lo cual implica una centralización de las operaciones. El FA y el FFR del que se hace mención representan al corto plazo, es decir, el pronóstico de demanda en el que se focaliza la necesidad es para un horizonte de tres meses: un mes en firme y dos proyectados.

Si bien el abordaje de la solución busca mejorar ambos índices, la metodología busca mejorar FA y las mejoras en el FFR asociadas al FA.

5. DESARROLLO

5.1. IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La necesidad definida en el capítulo anterior es un buen punto de partida, sin embargo, para concentrar los esfuerzos es preciso definir en forma precisa al problema.

La determinación de las **acciones correctivas** debe hacerse luego de haber identificado la causa raíz de la falla, para actuar sobre la “enfermedad” y no sobre los “síntomas” del problema.

Para ello se procede a utilizar los diversos métodos que se expusieron como complementarios al análisis de la serie de tiempo.

5.1.1. Diagrama de flujo.

Como ya se mostró en el capítulo anterior, tenemos un flujo de demanda de la empresa, ideal y simplificado, que es una buena herramienta para adentrarnos y comenzar a definir el problema.

Si empezamos a detallar el flujo nos encontramos con algunas discrepancias:

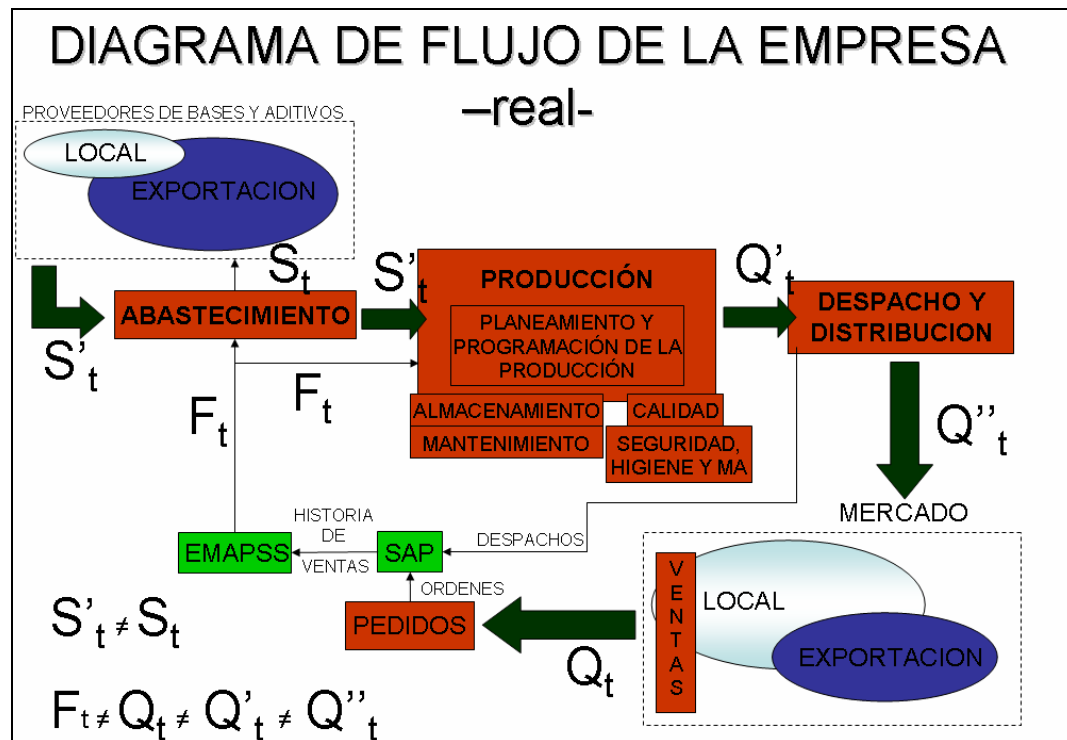


Ilustración 5-1

La figura evidencia, que el mercado pide una cierta cantidad Q_t , sin embargo le llegará una cantidad Q''_t . Esto se ve reflejado inmediatamente en la métrica FFR (actualmente en 94%). Esto quiere decir que desde que se realiza un pedido y se lo registra en sistema hasta su despacho encontramos que de cada 100 pedidos 94 de ellos se podrán abastecer. Analizando el flujo, vemos una de las principales razones: la producción y el abastecimiento funciona a través

del forecast (F_t) y los desvíos que se presenten respecto de la demanda repercutirán sobre el FFR.

Adicionalmente, pueden ocurrir otros acontecimientos que hagan que la orden de suministros (S_t) no pueda ser entregada (S'_t) así como haya imponderables en el sector productivo que hagan que no se pueda elaborar la cantidad pronosticada (Q'_t) y que finalmente por cuestiones de eficiencia en el despacho, no envíe la cantidad requerida hasta tanto no se tenga una consolidación de pedidos determinada (despachos a granel deben hacerse por volúmenes superiores a los 4000Ltrs), lo que implica una distribución final al mercado de Q''_t .

El estudio en detalle sugiere que los objetivos se pueden reducir a un problema principal: la correcta estimación del volumen de ventas (F_v). Esto se debe a que las operaciones están centralizadas, es decir, todos los despachos así como los suministros, la elaboración y el almacenamiento se realizan en la planta de Campana.

Esto implica que se puede realizar una simplificación (dada su irrelevancia relativa) respecto a una de las dimensiones importantes en todo pronóstico que es el cliente que realiza el pedido y su locación.

Si analizamos el proceso de registraci3n de pedidos (carga en sistemas) se agrega una nueva complejidad:

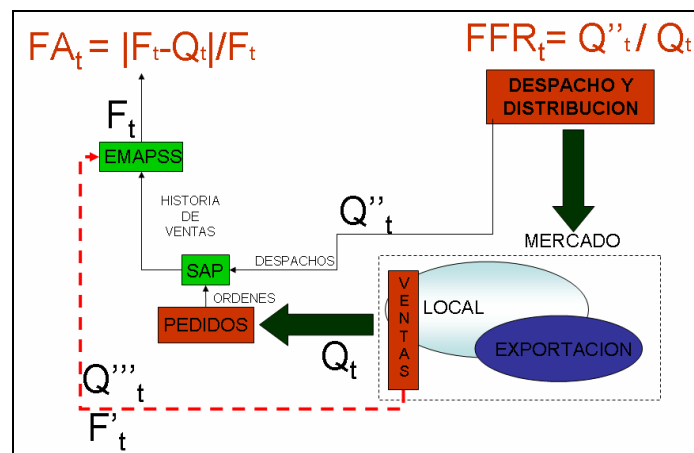


Ilustración 5-2

SAP es el sistema en donde queda registrada la historia de “ventas” de la compañía. EMAPSS “mapeará” cada historia desde SAP y sobre ella hará el pronóstico (based forecast). Sin embargo en SAP, se cargarán los pedidos que hayan sido despachados, es decir Q''_t . Es importante tenerlo en cuenta ya que los modelos basados en esta historia tendrán un sesgo producto de un $FFR \neq 1$.

Por fortuna, se cuenta con una fuerza de ventas y ella podrá ayudar a partir de la información no solo respecto a las estimaciones, sino de los desvíos importantes que haya habido en los despachos.

Cabe señalar que esta función, hoy por hoy, no existe pero se debió agregar dada la inconveniencia de pronósticos basados en historias no válidas.

Si bien EMAPSS contemplaba información de los vendedores, estas eran puramente referidas a acontecimientos de mercado como variaciones de precios, estrategias, mix de productos, nuevos canales, competidores, etc.

5.1.2. Diagramas causa y efecto.

En el diagrama de causa y efecto, se pidió la colaboración de las personas involucradas en el proceso. Dada la similitud en la definición entre el problema de FFR y FA, ya que ambos dependen del mismo sistema e implementación y como se vio anteriormente FFR es dependiente del FA, se muestra solo el correspondiente a este último.

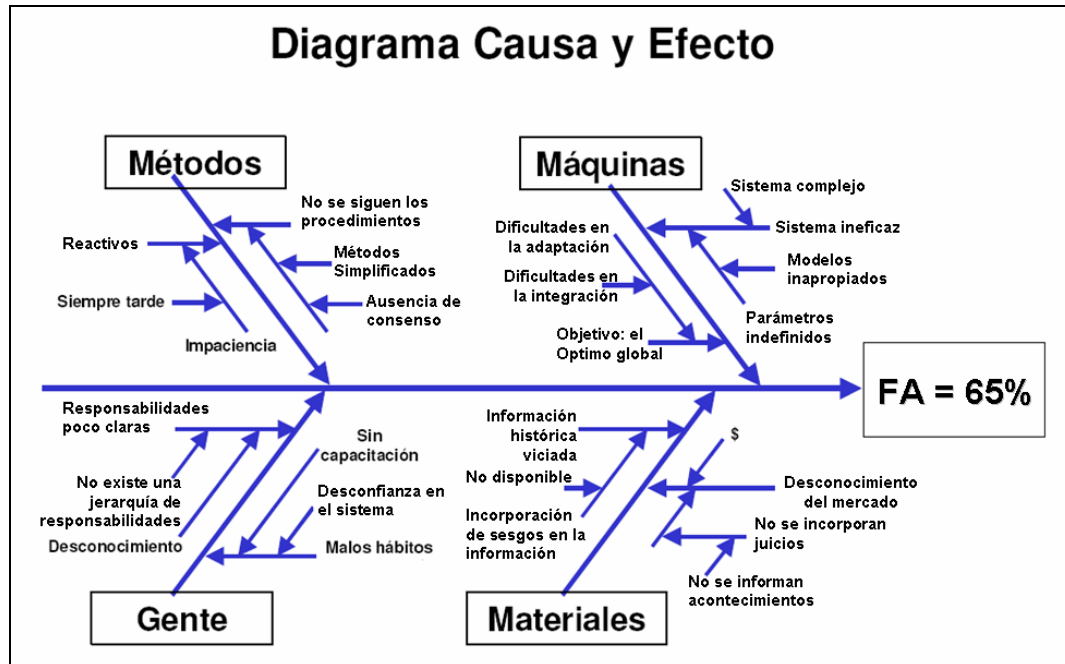


Ilustración 5-3

En el diagrama, Métodos se refiere al procedimiento de generación del forecast, máquina es el sistema (EMAPSS), Gente es el personal involucrado en la actividad (desde el Demand Planner hasta los que operan en S&D y planning), finalmente Materiales se refiere a la información.

A la luz de la evidencia, existe un problema con los métodos que repercuten en la gente (generando desconfianza y falta de responsabilidad, desplazando el problema hacia otros), los materiales (ya que la información se registra en forma inadecuada y no se incorpora el conocimiento de expertos) y finalmente la máquina (ya que el resultado ante entradas inconsistentes (garbage in) serán outputs igualmente inconsistentes (garbage out)).

Adentrándonos en los métodos, los procedimientos indefinidos (o no seguidos) y la ausencia de comunicación y consenso son las líneas principales de conflicto. La reacción, impaciencia, su desfasaje y simplificación son síntomas.

5.1.3. Escalera de los por qué.

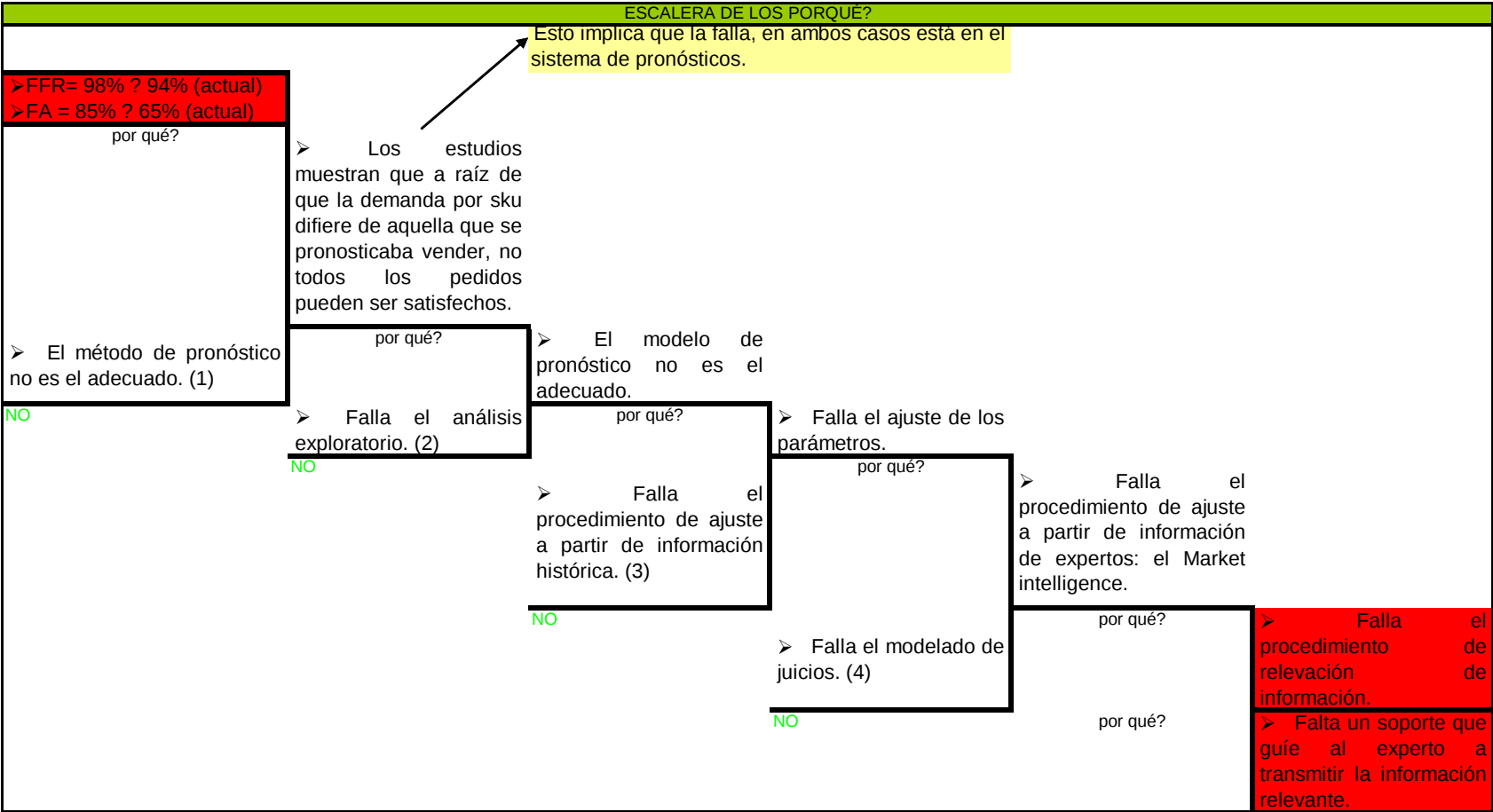
El mismo es una herramienta que consiste en preguntarse al menos 5 veces el porqué de la falla, y continuar hasta no encontrar una respuesta al último porqué.

El equipo debe considerar que las acciones a implementar deberán apuntar primero a eliminar el modo de falla, es decir como es que éste se presenta, y si no es posible, eliminar la causa.

Por otro lado, dado que los recursos en toda organización son escasos y por lo tanto no se podrá trabajar simultáneamente en todo, deberá establecerse un orden de prioridades, para lo cual se deberán priorizar las fallas potenciales.

A continuación se muestra el esquema que resume el procedimiento explicado. Basándonos en los análisis previos y en la consulta con el gerente de S&D, y el gerente de producción, junto a las personas encargadas de las operaciones de planeamiento y programación de la producción y abastecimiento, surge:

Ilustración 5-4



(1) El método de pronósticos utilizado es el desarrollado por Rudolf Lewandowski. Es un método integrado que utiliza análisis cuantitativos (basados en modelos de descomposición clásica y causales) junto a componentes cualitativas (juicios de inteligencia del mercado). El método en sí, está valuado en \$30M es de los mejores actualmente desarrollados y no debería representar un problema en sí mismo.

(2) El modelo ha probado ser útil en la mayoría de los pronósticos de ventas, validándose en la práctica.

(3) El procedimiento en sí mismo a partir de información histórica permite un buen ajuste del Based forecast y cuenta con una persona a cargo de su realización.

(4) La herramienta de modelado de factores exógenos (Non-Based Forecast) en sí misma no es un problema.

Puede apreciarse que el problema está en el traspaso de la información cualitativa a lo largo de la cadena de valor.

Una vez más es la implementación de los procesos de opinión de expertos los que fallan. Con lo que finalmente estamos en condiciones de definir el problema:

Pronosticar en forma metódica y consensuada la demanda para productos, basados en las siguientes premisas:

1. Horizonte temporal: Corto plazo. Se trabaja con una estimación para tres meses, uno en firme y los restantes proyectados y actualizables.
2. Nivel de agregación: Sku a priori, dado que a este nivel se trabajan las métricas a obtener (FA y FFR).
3. Locación es irrelevante, dado que se trabaja en forma centralizada.
4. Se buscará establecer un procedimiento sobre un conjunto de productos y en caso de darse por satisfactorio replicar el mismo procedimiento conforme se vayan dando resultados favorables.
5. Puede ser conveniente, a priori, identificar las demandas por canal para poder discriminar los distintos comportamientos en la demanda.

5.2. ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES

5.2.1. Prioridades. Aplicación de la regla 80-20.

La prioridad estará dada por aquellos “pocos vitales” skus (20%) sobre los que se pretende trabajar primeramente y relevar si las modificaciones aportan mejoras o no. La dificultad con la que se enfrenta ahora es determinar en forma consensuada cual es la característica que queremos que se vea reflejada (a un nivel de 80%) a través de ellos. En realidad, cabe señalar que los números 80-20 son representativos, la idea es tomar pocos productos cuya mejora traiga resultados importantes.

Desde el punto de vista de la demanda y su pronóstico, por involucrar a varios departamentos, habrá que llegar a un acuerdo interfuncional.

Así, desde la gerencia los productos vitales son correspondientes a clientes estratégicos. Los vendedores representan a la empresa frente al cliente y son los que están en contacto con sus necesidades. Ellos pueden informar o por cantidades vendidas o por márgenes por unidad.

Dado que el 85% de los insumos por producto son importados, trabajándose con materias primas de Brasil, Francia, Bélgica y Estados Unidos, los tiempos de entrega por producto pueden ser también los mayores condicionantes a la hora de tomar una decisión (τ_3 , tiempos de suministros largos).

Esto sin olvidar, por último, la tarea de planificación y programación de producción.

Si bien, la complejidad puede inicialmente hacer perder el foco respecto a donde concentrarse, hay un rasgo común que es el preponderante a la hora de aplicarlo al problema. Y ese es el hecho que aquellos productos que se elijan deben ser los que mayores problemas representen para la empresa en caso de desvíos respecto del pronóstico.

Los poco vitales serán los productos sobre los que no se pueda realizar acciones para mitigar las discrepancias entre la demanda real y pronosticada.

5.2.2. Plan de Aplicación final y replicación.

- De la conversación con el gerente y el grupo de operaciones de S&D se destacaron tres grupos de bases y aditivos, según los tiempos de abastecimientos:
 1. Menores a 30 días. De origen local. Son el caso de muy pocas bases de producto de baja especificación. A los fines de suplido no son de interés.
 2. Entre 30 y 60 días de entrega. Son materiales de Brasil en su mayoría, y ya comienzan a ser necesarias algún tipo de medidas de seguimiento.
 3. Entre 60 a 90 días. Es el caso de productos y materias primas de procedencia europea o estadounidense. Son altamente críticos y requieren el planeamiento de tres meses por adelantado. Un desvío puede hacer que los costos sean excesivos, especialmente dado que el mayor peso en el costo total se lo lleva el flete con lo cual se recurre a la consolidación de los pedidos y a ordenes que pueden llegar a cubrir hasta 5 meses de demanda.

- Por otro lado, respecto a los canales de venta y planeamiento y programación de la producción (S&Op), los productos que mayor interés merecen son aquellos que implican grandes volúmenes de ventas mensuales.

Si bien para los vendedores existen clientes estratégicos que demandan pocos litros de productos, los desvíos en ellos pueden ser absorbidos a lo largo de la cadena productiva a través de los stocks de seguridad o las políticas de nivel de inventario.

Finalmente, se elige estudiar los Top 20 sku de la empresa en volumen, los cuales representan más del 50% del volumen de ventas mensual.

Cabe señalar que lo que figura en estas líneas es la conclusión de un proceso de sucesivas iteraciones entre consultas con las personas involucradas en los procesos de S&D y S&Op, donde se estudiaron diversas variantes como agregación o desagregación de productos, agrupaciones por materias primas bases y aditivos. Sin duda que si cada uno de los consultados pudiera elegir, se hubiera llegado a más de 50 artículos, sin embargo esto atentaba contra el principio de priorización y sí se ha decidido formar una segunda lista de productos a estudiar en el caso de que se presenten los resultados favorables.

Los TOP 20 sku:

Los Top 20, respecto del total (449) representan un 4.45% de los productos y representan un 51.4% del volumen vendido mes a mes.

Más allá de contemplar el criterio del área de planeamiento y programación, dentro del grupo selecto se encuentran 17 productos que llevan materias primas europeas y los restantes 3 de origen Brasileño con lo cual se ve la alineación en el criterio de selección.

Por razones de brevedad en la exposición y confidencialidad que ha pedido la empresa Exxonmobil, no se hará mención de los productos y se trabajará con ventas ficticias ya que no es el producto en sí el que merece la atención del lector sino la metodología seguida en la resolución del problema.

Para cada producto se aplicará un mismo procedimiento, que en un principio involucrará a estos veinte (20) productos y según se vayan dando los resultados esperados se replicará en los siguientes.

Para ello es necesario que el procedimiento sea lo más genérico posible y la información debe poder ser comparable.

El procedimiento:

1. Se optó por adicionar finalmente una variable más al problema, el pronóstico se hará por cada canal de ventas. Ello se hace con el objeto de lograrse un mejor control e identificación de desvíos; y adicionalmente para poder detectar patrones propios de cada canal. Cabe señalar que si bien la oferta de productos es la misma para todos los canales, cada canal puede tener y de hecho tiene un cliente con una necesidad diferente. Así un mismo producto puede ser usado por una cargadora frontal en un canal industrial, hasta un generador en buques pequeños, flotas de camiones o aún cosechadoras en la agroindustria.

METODO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA

2. Se definió una persona (focal point: Guillermo Bergoc autor de este proyecto) a cargo del relevamiento de la información de vendedores para cada uno de los canales y los productos elegidos.

Esta persona tomará la información histórica por canal, la analizará junto a cada vendedor (en el caso de ser posible se lo cotejara con su/s cliente/s) y en conjunto emitirán un pronóstico basados en el comportamiento registrado y los acontecimientos probables para el mes siguiente y dos meses proyectados a futuro.

El focal point deberá enviar la información al Demand Planner (para la región: Bruno Brito localizado en Río de Janeiro, Brasil) en forma de planillas como la que figura a continuación:

TOP 20 - Forecast		Junio 2007 - Forecast							
Code	Description	Vendedor 1 Exportación	Vendedor 2 Marino	Vendedor 3 Retail	Vendedor 4 Flotas	Vendedor 5 OEM	Vendedor 6 Distribuidores	Vendedor 7 Industrias	Guillermo Bergoc Total
1	Producto 1								0
2	Producto 2								0
3	Producto 3								0
4	Producto 4								0
5	Producto 5								0
6	Producto 6								0
7	Producto 7								0
8	Producto 8								0
9	Producto 9								0
10	Producto 10								0
11	Producto 11								0
12	Producto 12								0
13	Producto 13								0
14	Producto 14								0
15	Producto 15								0
16	Producto 16								0
17	Producto 17								0
18	Producto 18								0
19	Producto 19								0
20	Producto 20								0
Total		0	0	0	0	0	0	0	0

TOP 20 - Ventas		Junio 2007 - Ventas							
Code	Description	Vendedor 1 Exportación	Vendedor 2 Marino	Vendedor 3 Retail	Vendedor 4 Flotas	Vendedor 5 OEM	Vendedor 6 Distribuidores	Vendedor 7 Industrias	Guillermo Bergoc Total
1	Producto 1								0
2	Producto 2								0
3	Producto 3								0
4	Producto 4								0
5	Producto 5								0
6	Producto 6								0
7	Producto 7								0
8	Producto 8								0
9	Producto 9								0
10	Producto 10								0
11	Producto 11								0
12	Producto 12								0
13	Producto 13								0
14	Producto 14								0
15	Producto 15								0
16	Producto 16								0
17	Producto 17								0
18	Producto 18								0
19	Producto 19								0
20	Producto 20								0
Total		0	0	0	0	0	0	0	0

TOP 20 - Error		Junio 2007 - Error							
Code	Description	Vendedor 1 Exportación	Vendedor 2 Marino	Vendedor 3 Retail	Vendedor 4 Flotas	Vendedor 5 OEM	Vendedor 6 Distribuidores	Vendedor 7 Industrias	Guillermo Bergoc Total
1	Producto 1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Producto 2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Producto 3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Producto 4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Producto 5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Producto 6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Producto 7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Producto 8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Producto 9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Producto 10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Producto 11	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Producto 12	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Producto 13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Producto 14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Producto 15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Producto 16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Producto 17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Producto 18	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Producto 19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Producto 20	0	0	0	0	0	0	0	0
Forecast Error (Bbb)		0	0	0	0	0	0	0	0
Forecast Accuracy - Lag 1		Dist Exp	Marino	Retail	Fleet	OEM	Dist Arg	Industry	Total
		%	%	%	%	%	%	%	%

Ilustración 5-5

Donde los datos del **área 1** corresponden al pronóstico por producto-canal consensuado (entre análisis histórico + vendedor + cliente). Esta información deberá pasarse antes del día 25 de cada mes previo y no solo debe contar con

METODO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA

la información del mes siguiente sino el pronóstico de los siguientes 3 meses, como ya se indicó anteriormente.

La naturaleza del procedimiento es tal que en una primer instancia el proceso demandará mayores tiempos en la generación del consenso y análisis. Sin embargo conforme transcurra el tiempo, se trabajará actualizando y ajustando los parámetros, las variables de influencia y las hipótesis, en caso de requerirse.

En el **área 2** el Demand Planner colocará la información correspondiente a las ventas efectivamente realizadas y calculará en el área 3 el FA por canal y total para los productos.

Cabe señalar que los datos del área 3 se calculan como la diferencia absoluta entre la cantidad vendida y pronosticada y finalmente el FA por canal se calcula como la inversa de la suma de los desvíos absolutos respecto de la estimación de ventas.

Ejemplo:

Sea el pronóstico estimado en mayo para junio y las ventas realizadas durante ese mes, la información que figura a continuación se obtendría durante los primeros días de julio:

TOP 20 -Forecast		Junio 2007 -Forecast							
Code	Description	Vendedor 1	Vendedor 2	Vendedor 3	Vendedor 4	Vendedor 5	Vendedor 6	Vendedor 7	Guillermo Bergoc
1	Producto 1	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Total
2	Producto 2	1.000	0	2.768	0	1.384	0	34.596	39.748
3	Producto 3	1.000	0	0	0	0	69.192	0	70.192
4	Producto 4	1.000	1.384	0	6.919	0	0	0	9.303
5	Producto 5	1.384	0	472	0	236	0	5.894	7.965
...	...	0	0	205	0	103	11.788	2.563	14.658
17	Producto 17	...	...	...	...	...	...	...	...
18	Producto 18	231	0	0	0	0	31.778	0	32.008
19	Producto 19	0	636	0	3.178	0	0	0	3.813
20	Producto 20	636	0	0	0	0	0	0	636
	Total	0	43	0	0	0	0	0	43
		5.250	2.062	3.444	10.097	1.722	112.758	43.053	178.386

TOP 20 -Ventas		Junio 2007 -Ventas							
Code	Description	Vendedor 1	Vendedor 2	Vendedor 3	Vendedor 4	Vendedor 5	Vendedor 6	Vendedor 7	Guillermo Bergoc
1	Producto 1	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Total
2	Producto 2	1.055	0	3.563	0	2.348	0	23.081	30.047
3	Producto 3	1.829	0	0	0	0	102.162	0	103.991
4	Producto 4	1.280	1.954	0	9.328	0	0	0	12.562
5	Producto 5	314	0	18	0	253	0	7.219	7.803
...	...	0	0	213	0	106	11.544	783	12.645
17	Producto 17	...	...	...	...	...	...	...	...
18	Producto 18	250	0	0	0	0	35.650	0	35.899
19	Producto 19	0	1.180	0	2.396	0	0	0	3.575
20	Producto 20	358	0	0	0	0	0	0	358
	Total	0	30	0	0	0	0	0	30
		5.085	3.163	3.793	11.724	2.706	149.356	31.083	206.910

TOP 20 -Error		Junio 2007 -Error							
Code	Description	Vendedor 1	Vendedor 2	Vendedor 3	Vendedor 4	Vendedor 5	Vendedor 6	Vendedor 7	Guillermo Bergoc
1	Producto 1	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Total
2	Producto 2	55	0	795	0	964	0	11.515	13.329
3	Producto 3	829	0	0	0	0	32.970	0	33.799
4	Producto 4	280	570	0	2.409	0	0	0	3.259
5	Producto 5	1.070	0	454	0	17	0	1.325	2.866
...	...	0	0	8	0	3	244	1.780	2.035
17	Producto 17	...	...	...	...	...	...	...	...
18	Producto 18	19	0	0	0	0	3.872	0	3.891
19	Producto 19	0	544	0	782	0	0	0	1.326
20	Producto 20	278	0	0	0	0	0	0	278
	Forecast Error (Bbl)	0	13	0	0	0	0	0	13
		(1)	7	2	10	6	230	(75)	179
	Forecast Accuracy - Lag 1	Dist Exp	Marine	Retail	Fleet	OEM	Dist Arg	Industry	Total
		52%	45%	64%	68%	43%	67%	66%	66%

Ilustración 5-6

Luego se comparará e informará a cada canal el FA obtenido y se buscará la una sana competencia, explicando los desvíos como herramientas de mejora continua.

Situación actual

El procedimiento se define sobre principios del mes de mayo del año 2007. El FA relevado dio un total del 66%, mientras que el FFR, cuya medida es semanal dio como resultado un 94%.

Los canales para cada producto presentaban a grandes rasgos los siguientes valores de performance:

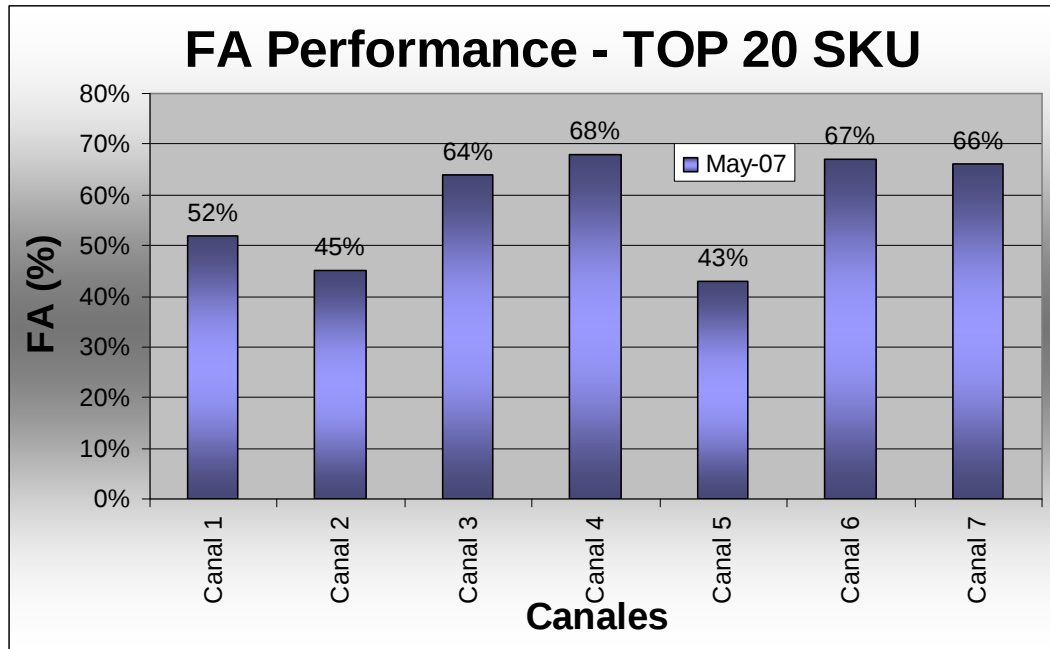


Ilustración 5-7

Con lo cual se pudo obtener la performance para el mes de junio y a continuación se expondrá como es que se llevó a cabo el proceso de estimación y sus resultados.

5.3. ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO

El análisis de la serie de tiempo se hace en conjunto con el vendedor del canal y en algunos casos, éste consultó con el/los clientes más representativos en busca de mejorar las estimaciones.

En primer lugar se parte por el estudio de la demanda histórica. Luego se la asocia a variables macroeconómicas consideradas relevantes, para finalmente realizar una estimación a priori. Luego se la ajustará en función a los acontecimientos y el contexto de mercado de conocimiento del vendedor y en el caso de ser posible consultando al cliente.

Cabe señalar que el procedimiento debe poder ser replicado, por lo cual se generó todo el análisis en forma semi-automática en una planilla de Excel, la cual sólo requiere que se coloque la información de ventas y el período de las mismas. Sin embargo, en cada caso se requerirá del juicio de las personas a cargo para elaborar el pronóstico adecuado.

5.3.1. Estudio del patrón de demanda y resultados

Antes de abordar el estudio de uno de los productos, cabe mencionar que la problemática por canal, si bien podría creerse que demandaría mayores tiempos de análisis permitió realmente reducirlos debido a:

1. Algunos productos no son vendidos a lo largo de todos los canales, con lo cual de los siete (7) canales iniciales, se puede llegar a contar hasta con sólo 1. Ej: productos marinos de exportación.
2. Los volúmenes manejados por algunos canales son despreciables, con lo cual los errores en el pronóstico no redundan en impactos significantes para la empresa como un todo y pueden ser absorbidos a través de los stocks de seguridad.
3. Hay canales que manejan cuentas de clientes cuya demanda sigue un planeamiento anual de suministros (MPS) y por tanto se puede aprovechar para integrar las cadenas logísticas y tener así los pronósticos no sólo para 3 meses sino para lo que resta del año. Ej: productos para los OEM.
4. Existen algunos de los grandes clientes, los distribuidores, que dada su distancia respecto de la planta entienden las ventajas de compartir la información de pronósticos y se ofrecieron a trasladarla en forma temprana, es decir, adelantar sus pedidos.

Sin embargo, el proceso como un todo requiere de sucesivos ajustes y frente a las imprecisiones de partida, sin duda que estos pequeños cambios tienen gran impacto y las mejoras se tornan evidentes.

El proceso, si bien extenso en sus principios, tendrá su paga con el aprendizaje de la gente involucrada, con la precisión de los pronósticos obtenidos y los tiempos que puedan tomar la identificación de los desvíos y las líneas de acción para su corrección.

Procedimiento

Los estudios siempre parten a nivel de volumen de sku total para luego ir bajando a cada canal y destacando como es su comportamiento.

Cabe siempre recordar, los objetivos del abordaje que son en materia de pronósticos, la definición de:

1. Un modelo de predicción y el cálculo de sus parámetros.
2. Las variables de influencia, actuales y potenciales.
3. Las hipótesis sobre las que se basan las estimaciones.

Todo esto deberá ser actualizado y/o cambiado mensualmente, en caso de ser necesario.

En cuanto a la serie de datos disponible, se cuenta con la historia desde el noviembre del año 2004. Esto representa un limitante a la hora de utilizar los modelos modernos de ARIMA y ARMA, dado que sólo se dispone de 30 datos y los test de significancia demandan al menos 50.

5.3.1.1. El sku. Participaciones dentro del canal. Información de ventas.

El primer sku, representa un producto lubricante de baja especificación muy utilizado en el agro y destinado al transporte pesado.

Podemos ver en la figura lo que fueron las ventas correspondientes al mes de abril que no difiere significativamente respecto a los anteriores meses. En la misma aparece para todos los canales, la participación del sku por canal, su volumen en litros y su participación dentro del canal. Por ejemplo, el canal 3 comercializó 24.395Ltrs, lo que representa el 7% del volumen que vendió en el mes, sin embargo es quien explica el 60% de las ventas del producto y sin duda el canal a controlar de cerca.

Puede verse que no se presentan volúmenes vendidos en los canales 4, 5, ni 7 que representan los canales de industrias, exportación y OEMs y por tanto no serán analizados.

Code	Description	Vendedor 1	Participación en la vta del sku	Vendedor 2	%	Vendedor 3	%	Vendedor 4	%
		canal 1	8%	canal 2	8%	Canal 3	60%	Canal 4	0%
1	Producto 1	3.075		3.280		24.395		0	
	% ventas para el canal	1%		1%		7%		0%	
Code	Description	Vendedor 5	%	Vendedor 6	%	Vendedor 7	%	Guillermo Bergoc	
		Canal 5	0%	Canal 6	25%	Canal 7	0%	Total	100%
2	Producto 2	0		10.000		0		40.750	
	% ventas para el canal	0%		1%		0%		1%	

Ilustración 5-8

5.3.1.2. Histogramas.

A continuación figura el histograma de las ventas totales de la compañía para el producto 1. Sobre el margen izquierdo puede verse el histograma para toda la serie, mientras que en el margen derecho se estratificó por año.

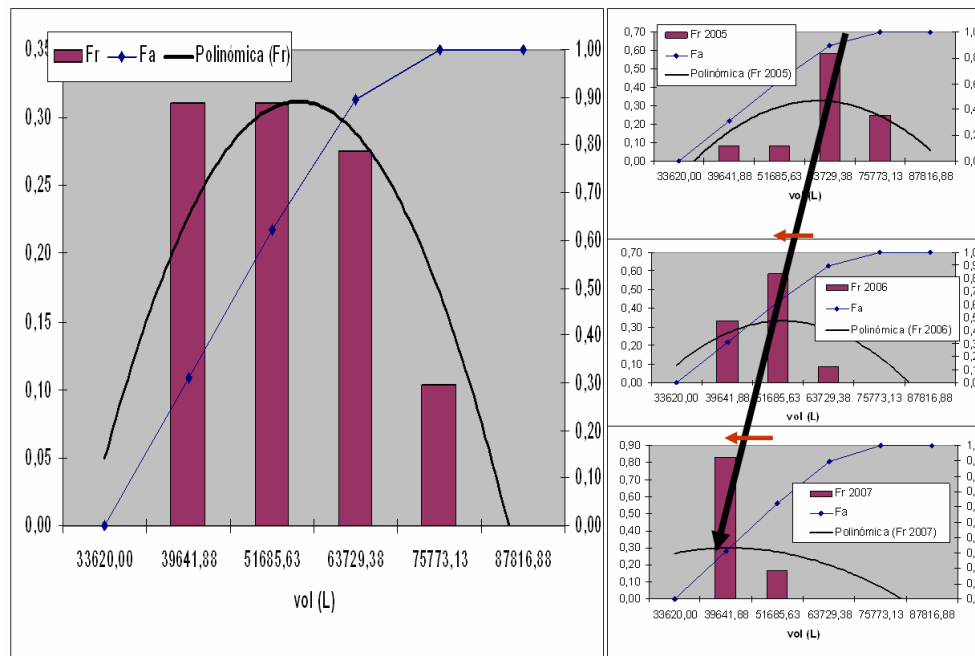


Ilustración 5-9

Esta última evidencia una tendencia decreciente, al observarse un desplazamiento de la función polinómica de ajuste utilizada. Dado que a lo largo de los canales no se aporta nueva información, sino que se siguen las mismas características, continuamos el procedimiento al nivel de totales.

Serie 2005

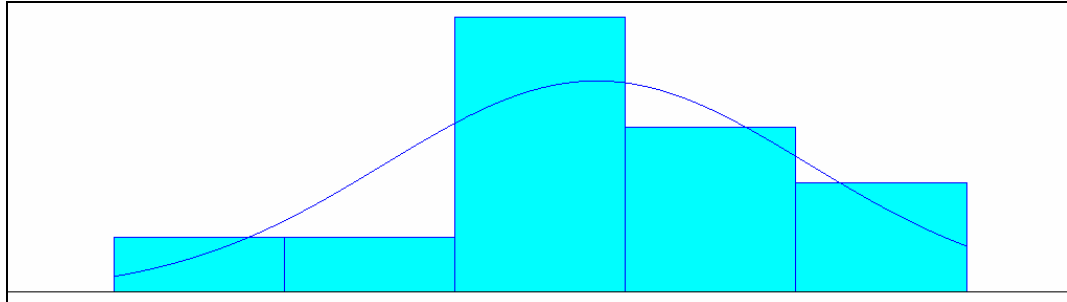


Ilustración 5-10

La misma presenta una distribución normal como mejor ajuste. Esta es la salida de uno de los softwares (INPUT ANALYSER) pero que también puede llegar a visualizarse a través de los gráficos de histograma. El aporte del programa está en los parámetros estadísticos.

1. Distribution: NORM(6.4e+004, 1.02e+004)
2. Square Error: 0.025030
3. Kolmogorov-Smirnov Test
4. Test Statistic= 0.175
5. Corresponding p-value> 0.15

Este último valor nos indica una baja significancia estadística.

Serie 2006

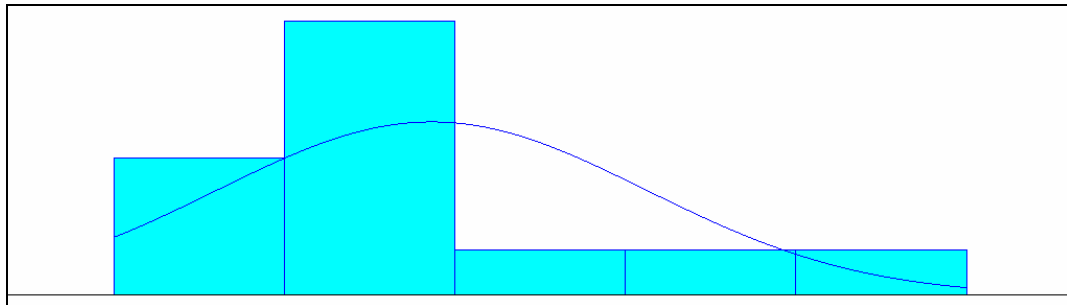


Ilustración 5-11

1. Distribution: NORM(4.7e+004, 9.03e+003)
2. Square Error: 0.087690
3. Kolmogorov-Smirnov Test
4. Test Statistic= 0.294
5. Corresponding p-value > 0.15

Este último valor nos indica una baja significancia estadística.

A pesar de ello se evidencia un corrimiento de la media y las gráficas permiten evidenciar que la acumulación de valores tiende a desplazarse hacia la izquierda, lo que implica menores valores y por tanto un decrecimiento en el volumen comercializado.

5.3.1.3. Estudio de los momentos de primer orden.

AÑO	Prom(Y)	D(Y)	CV(Y)
2005	63994,17	10651,69	17%
2006	46979,17	9433,58	20%
2007	43494,17	6802,07	16%

En concordancia con lo que nos indicaban los histogramas, las medias históricas totales están evidenciando un decrecimiento del volumen comercializado. Una vez más no se presentan discrepancias por canal.

Los desvíos máximos respecto de la media, los coeficientes de variación (CV) del 20% máximo en el 2006 no nos aporta mayor información.

En caso de poderse aplicar modelos ARMA, sería preciso quitar la tendencia en los datos. He allí la utilidad en estos dos pasos previos.

Por otro lado la varianza también va decreciendo, pero el coeficiente de variación se mantiene sin grandes modificaciones, lo que da a suponer que la serie se está estabilizando.

Información de canales de ventas

El canal de flotas, utilizaba el producto, sin embargo hoy existen aceites que duplican los kilometrajes entre cambios dando una mejor protección al motor. Esto hace que los consumos de a poco migren hacia productos de mayor especificación y quede reservado el consumo a las unidades más antiguas.

Desde el punto de vista del vendedor está intentando influenciar la demanda hacia productos de mayor especificación y por tanto mayores márgenes, con lo cual la tendencia seguiría en baja.

5.3.1.4. Descomposición clásica por tendencia y estacionalidad.

Observando la serie y su suavización a través de un promedio móvil de 3er orden se aprecia claramente la tendencia decreciente a nivel de totales.

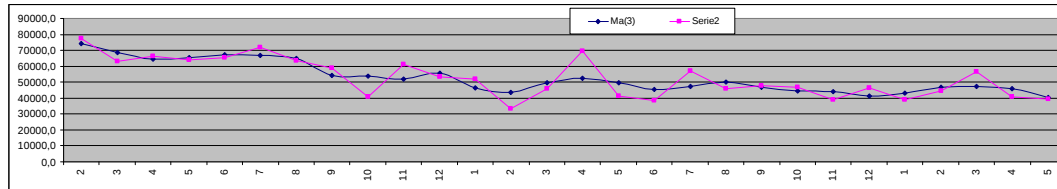


Ilustración 5-12

A través de la regresión con variables categóricas (ítem 3.1.2) podemos observar la clara presencia de tendencia, sin embargo a nivel total no se llega a apreciar la tendencia.

Resumen					
Estadísticas de la regresión					
Coefficiente de correlación múltiple	0,89				
Coefficiente de determinación R ²	0,78				
R ² ajustado	0,78				
Error típico	4800,77				
Observaciones	30				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2340104748,49	2340104748,49	101,53	0,00
Residuos	28	645326863,06	23047387,97		
Total	29	2985431611,55			
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%
Intercepción	68838	1797,76	38,29	0,00	65155,83
t	-1020,39	101,27	-10,08	0,00	-1227,83

Canal 3:

Este es el canal que representa el 60% del volumen de ventas del sku.

Podemos apreciar claramente la tendencia y los ciclos están evidenciando una componente estacional.

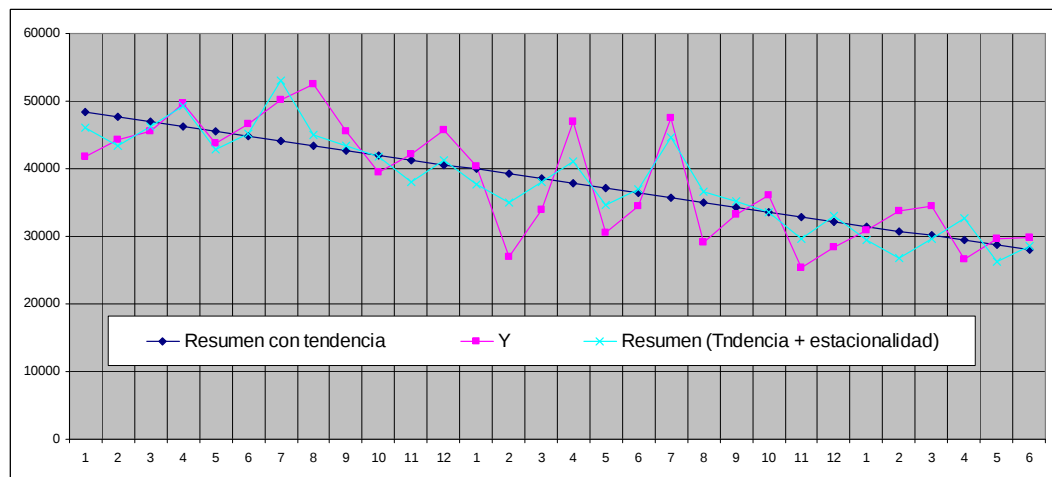


Ilustración 5-13

Aplicando una vez más el análisis de regresión obtenemos:

Resumen (Tendencia + estacionalidad)					
Estadísticas de la regresión					
Coefficiente de correlación múltiple	0,855350051				
Coefficiente de determinación R ²	0,73162371				
R ² ajustado	0,542181623				
Error típico	5522,035693				
Observaciones	30				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	12	1413158797	117763233,1	3,861991392	0,005764825
Residuos	17	518378929,4	30492878,2		
Total	29	1931537727			
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%
Intercepción	49560,11715	4452,007505	11,13208302	3,14502E-09	40167,20245
t	-691,105425	118,8152904	-5,816637089	2,06261E-05	-941,7837733
Z1	-2881,987625	5075,791432	-0,56779079	0,577599701	-13590,97136
Z2	-4866,7462	5063,260314	-0,961188226	0,349930719	-15549,29159
Z3	-1205,149775	5053,492405	-0,238478596	0,814360859	-11867,08668
Z4	2553,80765	5046,503753	0,50605484	0,61931738	-8093,384484
Z5	-3206,458925	5042,305911	-0,635911224	0,533302562	-13844,79439
Z6	-180,3855	5040,905854	-0,035784342	0,971871151	-10815,7671
Z7	8235,583875	5553,899984	1,48284699	0,15641649	-3482,120722
Z8	904,5828	5542,449943	0,163209918	0,872277656	-10788,96432
Z9	108,402225	5533,527976	0,019590074	0,984598475	-11566,32119
Z10	-776,57985	5527,146324	-0,140502857	0,889914055	-12437,83916
Z11	-3993,296925	5523,313794	-0,722989327	0,479516279	-15646,4703

Se puede apreciar que el test global del modelo es significativo (F=6%). Sin embargo se debe a la tendencia y no a la estacionalidad de la serie.

Información de ventas

Las ventas son estacionales. Los productores agrícolas se preparan para las épocas de siembra y cosecha y allí realizan la mayor parte de sus compras. Una vez en época no se vende la misma proporción.

Tomando esta información como input se procede a agrupar la información a nivel trimestral.

Resumen (tendencia + estacionalidad TRIMESTRAL)					
Estadísticas de la regresión					
Coefficiente de correlación múltiple	0,98241084				
Coefficiente de determinación R ²	0,965131058				
R ² ajustado	0,937235905				
Error típico	1921,857023				
Observaciones	10				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	
Regresión	4	511163317,8	127790829,5	34,59852138	
Residuos	5	18467672,08	3693534,416		
Total	9	529630989,9			
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	
Intercepción	50175,93125	1873,194516	26,78628985	1,35606E-06	
t	-2325,760875	214,8701473	-10,82402979	0,000116799	
Z1	-3330,077542	1767,516485	-1,884043271	0,118261043	
Z2	1312,28	1754,407406	0,747990458	0,488133202	
Z3	4420,370625	1933,831326	2,285809815	0,071020298	

Aún así, no resulta significativo el modelo, para lo cual se recurre a incorporar una variable sinusoidal de la forma $X_2 = \text{seno}(2\pi t/4)$, donde T=4 indica el cuatrimestre.

METODO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA

Resumen					
Estadísticas de la regresión					
Coefficiente de correlación múltiple	0,937358995				
Coefficiente de determinación R ²	0,878641885				
R ² ajustado	0,843968138				
Error típico	2808,603026				
Observaciones	10				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	399780714,6	199890357,3	25,34026343	0,000622646
Residuos	7	55217756,71	788250,959		
Total	9	454998471,3			
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%
Intercepción	50005,19145	1926,089561	25,96202818	3,21695E-08	45450,71336
t	-2098,614448	309,312675	-6,784767056	0,000256739	-2830,0227
X2	-2949,414842	1269,190028	-2,323855984	0,053092087	-5950,572361

Finalmente queda validado el modelo con estacionalidad y tendencia como

$$Y_{TRIM_t} = 50005.19 - 2098.61 * t - 2949.41 * \text{sen}\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot t}{4}\right)$$

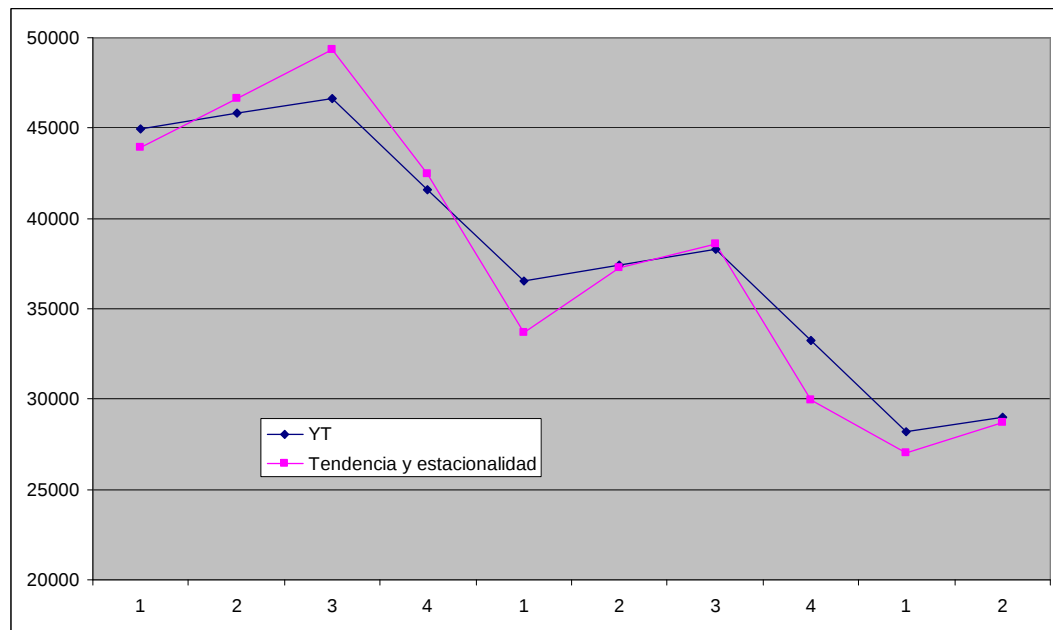


Ilustración 5-14

	Repartición trimestral
Mes 1	7,33%
Mes 2	-6,23%
Mes 3	-0,72%

5.3.1.5. Suavizado exponencial.

En los modelos de suavización, se destacan valores de alfa menores a 0,5 lo que indicaría la ausencia de estacionalidad.

Alfa Simple	Alfa Doble
0,33	0,16

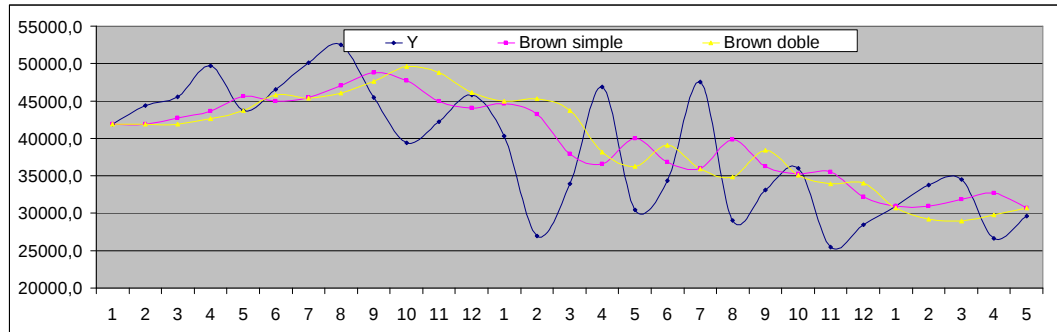


Ilustración 5-15

Sin embargo, presentan gran sensibilidad a los valores semilla utilizados y los errores medios absolutos son altos respecto a la descomposición clásica. Con lo cual para este producto no adquiere de relevancia.

5.3.1.6. Estudio de la autocorrelación.

Si bien no se cuentan con suficientes datos como para establecer con rigor estadístico la autocorrelación de variables, si se puede evaluar el peso de las variables desfasadas y su influencia.

En el gráfico podemos apreciar que la variable retardada en el período inmediato anterior explica con significancia la mitad de las variaciones en la variable explicativa ($R^2=0.49$).

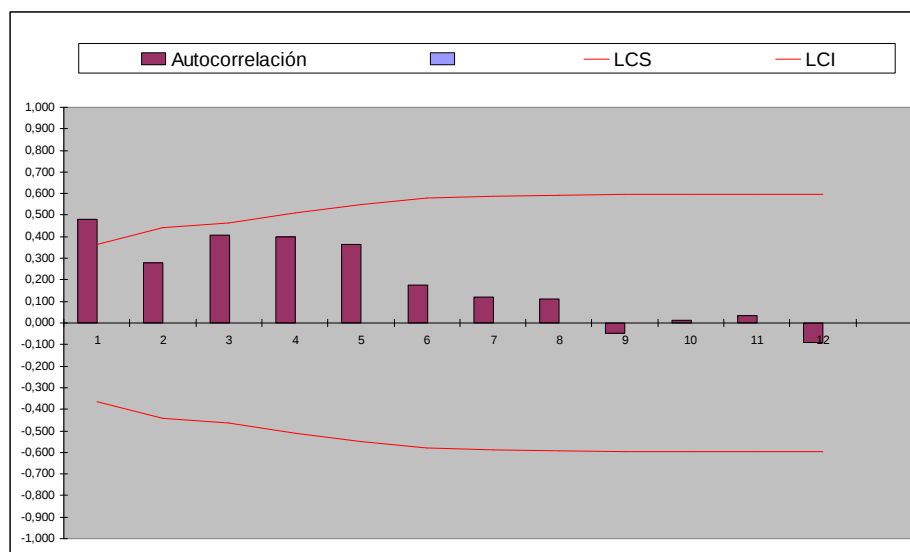


Ilustración 5-16

Canal 3:

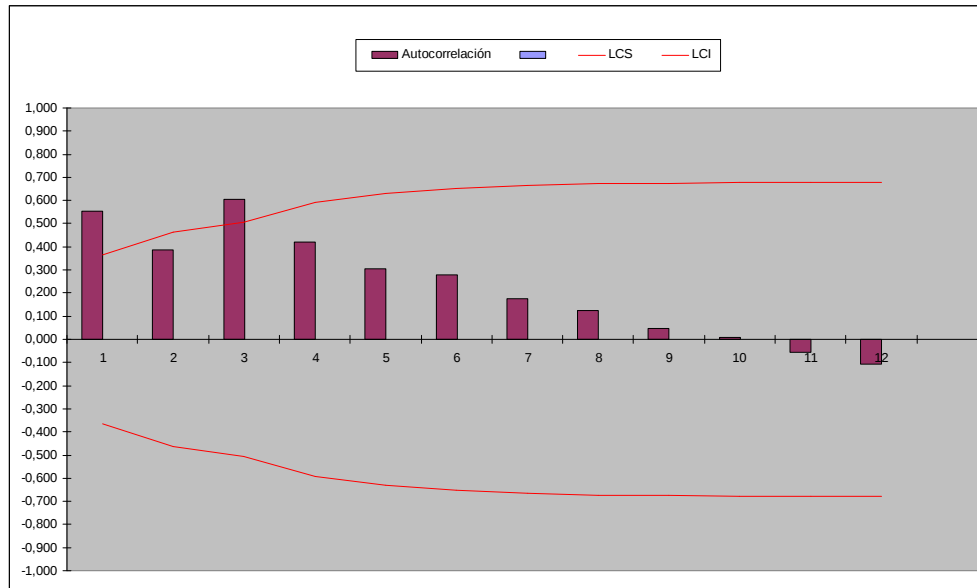


Ilustración 5-17

5.3.1.7. Regresión múltiple. Variables exógenas.

Las variables analizadas fueron:

1. YT: variable a explicar
2. YT-k: Según los correlogramas
3. PBI_t / PBI_{t-1} / PBI_{t-2} / PBI_{t-3} / PBI_{t-4} : dado que el comportamiento suele tender a ser reactivo a veces los efectos se presentan con desfases.
4. PT: precio de las variables.
5. Iact: Índice de la actividad económica.
6. Índice de energía: para productos industriales especialmente.
7. Paridad_{t-1} \$/u\$: Por la influencia en los precios.
8. Paridad_{t-2} \$/u\$: Por la influencia en los precios.
9. PA=F(Salario)
10. Vta de cosechadoras / Existencias de trigo / maíz / soja / girasol: Dado que la dependencia de ciertos canales con el agro es fuerte.

Para el producto en cuestión, se asoció a la variable del PBI en t-2. Si observamos el gráfico resulta:

METODO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA

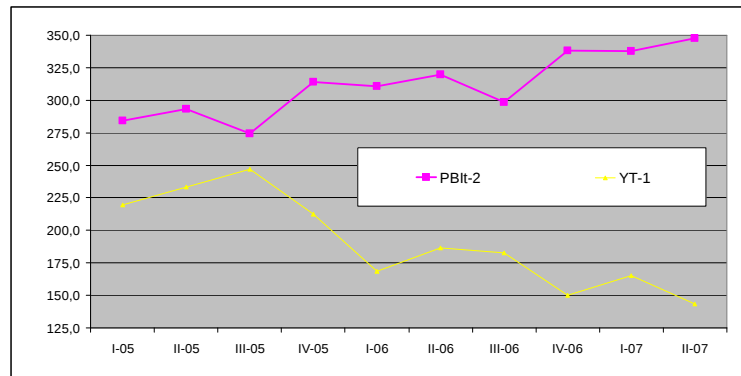


Ilustración 5-18

La evolución de ambas variables es sorprendente. El gráfico aparenta mostrar un reflejo de los comportamientos de una en la otra (claro está se hizo un cambio de escala en el volumen de lubricantes, sin embargo, es a merced de una constante lo que no altera la correlación).

Resumen					
Estadísticas de la regresión					
Coefficiente de correlación múltiple	0,889431687				
Coefficiente de determinación R^2	0,791088725				
R^2 ajustado	0,764974816				
Error típico	3446,997075				
Observaciones	10				
ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	359944160,6	359944160,6	30,29376853	0,000571059
Residuos	8	95054310,66	11881788,83		
Total	9	454998471,3			
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%
Intercepción	118940,0573	14715,66598	8,082546685	4,05547E-05	85005,67072
Variable X 1	-258,9538438	47,04849227	-5,503977519	0,000571059	-367,4478614

Significativa.

Con lo cual poseemos tres variables de interés:

1. Yt-3: $R^2=0.6$
2. PBlt-2: $R^2=0.79$
3. Tendencia + estacionalidad: $R^2=0.88$

Si estudiamos la regresión múltiple obtenemos:

Modelo	R ²	S ²	DET	PRESS	p	C _p
T+E	0,8819	7055756	1,00	89158778,7	2	0
T+E+Yt-3	0,8820	8222155	0,36	121746801	3	2
PBlt-2+T+E	0,8821	8215596	0,11	127925198	3	2
PBlt-2	0,7785	13230440	1,00	130846764	2	4
Todas	0,8824	9836098	0,04	167948988	4	4
PBlt-2 + Yt-3	0,8092	13293664	0,50	168702260	3	5
Yt-3	0,6000	26435437	1,00	301836824	2	14

El cuadro observando Yt-3, lo que aconteció hace tres períodos de tiempo no basta para explicar el comportamiento de la variable (CP muy alto).

El modelo que incluye a todas las variables presenta multicolinealidad entre sus variables explicativas.

Por otro lado, ninguna combinación es tan efectiva en la predicción como la descomposición clásica.

Con lo cual se tomará como base a ésta, prestando especial cuidado a la variable desfasada y a la evolución del PBI.

Cabe señalar que son dos variables desfasadas, cuya gran ventaja está en disponer de sus valores a la hora de estimar a futuro.

5.3.2. Estimación final.

Canal 3: Reemplazando t por 11, en:

$$Y_{TRIM_t} = 50005.19 - 2098.61 * t - 2949.41 * \sin\left(\frac{2.\pi.t}{4}\right)$$

Por lo tanto la estimación puntual es 29.870Litros. Siendo su intervalo de confianza:

$$Y_{TRIM_t} = \hat{Y} \pm t_{7;95\%} D(Y) = 29870 \pm 1,8946.2314,24 = (25485 , 34254)$$

Por otro lado, tomando la serie de PBI, la proyección provee un valor estimado puntual de 35438Ltrs para el próximo trimestre.

Mientras que la variable retardada informa un valor de 29017Ltrs.

Dado que el producto se estima al corto plazo, no es de esperarse que la influencia del PBI sea tan alta. A priori, se podría hacer un promedio, dado que el valor por tendencia parece centrado respecto de las otras estimaciones. El promedio resulta en 31441Ltrs. Dado que este valor cae en el intervalo de confianza, se tomará este valor para el canal 3.

	Repartición trimestral	Valor mensual
Mes 1	7,33%	33.746
Mes 2	-6,23%	29.483
Mes 3	-0,72%	31.215

Los análisis semejantes para los demás canales, donde el vendedor tuvo mayor participación sugieren mantener los niveles de ventas registrados, con lo cual, se dio por finalizada la estimación.

5.4. RESULTADO PARA EL MES DE JUNIO Y DISCUSIÓN

El FFR ha alcanzado el valor para la última semana de junio de 98.3%, mientras que el FA trepó a 80.11%.

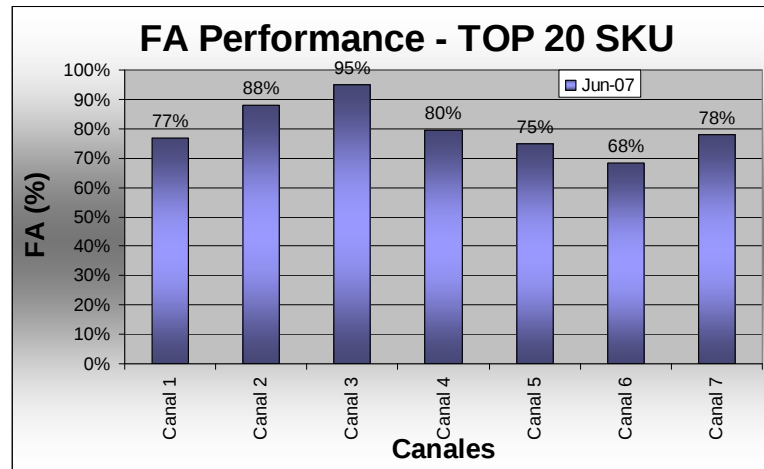


Ilustración 5-19

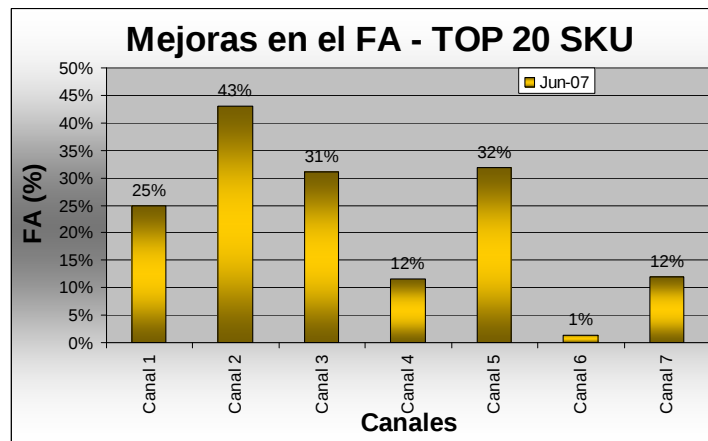


Ilustración 5-20

Lamentablemente, no se han podido volcar todas las experiencias producto de las sucesivas aproximaciones entre valores numéricos devueltos por los modelos y la opinión de los expertos.

No obstante, el gran valor del desarrollo radica en no perder nunca de vista que cualquier modelo es una aproximación a la realidad y muchas veces existen personas que por su trayectoria y conocimiento del cliente final pueden brindar no solo estimaciones sorprendentemente precisas, sino también variables a tener en cuenta para complementar los estudios.

Recorrer las distintas áreas y conversar con las personas involucradas en el pronóstico no solo provee una visión más amplia sino que permite encontrar nuevas formas de mejora y mitigación de errores en el pronóstico.

Los métodos complejos no son garantía de buenas aproximaciones y tal como se muestra para el producto 1, en la aplicación de los métodos simples se puede adquirir tal destreza que sus resultados sobrepasen a las técnicas modernas.

El juicio es clave, no sólo a niveles de métodos cualitativos, sino también en los cuantitativos. La estadística ofrece herramientas muy útiles, sin embargo si no se guían apropiadamente puede llevar a falsas conclusiones.

6. CONCLUSIÓN: *EL METODO*

Como puede apreciarse en la aplicación, la problemática de pronósticos de demanda dentro del Supply Chain va mas allá de elegir un modelo que sea el que mejor se ajuste al comportamiento de de cierto producto. Junto a la complejidad intrínseca que implica dicha elección, se le adiciona el contexto en el cual se encuentra la variable a estimar y como administrar los recursos de manera efectiva (en forma eficiente y eficaz).

La creencia sintomática puede llevar a concentrarse en los modelos perfeccionistas, sin embargo no hay que perder de vista que la empresa es un todo y que los errores son inevitables en materia de proyecciones a futuro. Lo que debe llevar a encontrar la forma de diseñar métodos en los que se puedan mitigar los errores desde una óptica como empresa a nivel general.

En la aplicación, se llegó a recabar una serie de pasos altamente recomendados en la resolución de problemas de pronóstico. Si bien pretenden ser de carácter genérico y aplicables a cualquier empresa, no hay que olvidar que surgen de una visión sesgada, que espero pueda nutrirse con otras aplicaciones a futuro.

Pasos para la resolución de problemas de pronóstico:

6.1.PASO 0: CADA EMPRESA Y PAÍS FORMAN UN SISTEMA DIFERENTE.

El enunciado pretende alertar que no hay fórmulas genéricas aplicables. Si bien esto puede atentar contra la voluntad de continuar la lectura, es preciso reconocer esta característica ya que demuestra que los pasos aquí listados sólo deben ser tomados como una guía en la construcción y mejora de un método. Si bien puede llegar a notarse un resultado inferior al pretendido, es en el proceso de elaboración donde se recoge el mayor beneficio y su tránsito es altamente recomendado.

Su importancia está en el aporte de un punto de partida y en evidenciar algunas de las dimensiones que intervienen en la problemática.

Ante todo no debe ser, desde ningún punto de vista, tomada como ley y la propuesta es ajustarla y optimizarla a través de aproximaciones sucesivas por métodos de prueba y error, claves para la mejora continua.

Se debe entender el sistema empresarial, lo que implica conocer a nivel cualitativo:

1. La demanda: Pasada, actual y tendencias respecto a:
 - Que producto se vende?
 - Como se vende?
 - A quien se vende?
 - Donde se vende?
 - Quienes lo venden?
 - Que atributos son valorados en el mercado?
 - Cuanto vende el mercado actualmente?
2. La oferta de la empresa: estrategias y como se manejan las funciones de la empresa para suplir las necesidades de los clientes.

Recordemos que lo que busca el pronóstico es conocer el comportamiento de la demanda para poder extrapolar sus valores futuros. Cuanto mejor se conozca al cliente y sus necesidades (actuales y potenciales) mejor se podrá estimar su comportamiento frente a la oferta de la empresa.

Limitaciones del caso de aplicación:

1. El producto es un commodity de escasa elasticidad.
2. La empresa está ubicada en Campana, Bs. As., Argentina.
3. Subsidiaria de Exxonmobil Corporation, lo que implica disponer de sistemas integrados y una serie de métodos y procedimientos definidos para la operación.
4. Sus operaciones (elaboración, despacho, almacenamiento y distribución) se realizan en forma centralizada, lo cual quita la variable espacial del análisis.
5. Problema en el corto plazo, lo que implica un horizonte de pronóstico de 3 meses. En el caso del corto plazo la historia y las experiencias aprendidas son variables de mucho peso. A largo plazo, por el contrario, se requerirá una revisión periódica para contemplar los acontecimientos del contexto.

A pesar de ello, tanto en uno y como en otro caso la clave estará en el proceso de control de los parámetros de los modelos utilizados, las hipótesis asumidas y las variables de influencia (actual y potencial).

6. Estrategias propias de un mercado cautivo de fuertes barreras de entrada a la competencia, con insumos de importación.

6.2. PASO 1: ALINEAR LOS OBJETIVOS DE LAS DIVERSAS AREAS.

El pronóstico tendrá diferentes objetivos dependiendo de la posición y el sector en el que se desempeñe una persona.

Así, tendremos objetivos que pueden llevar a una fragmentación de intereses que desemboquen en estimaciones viciadas debido a, por ejemplo:

1. Objetivos y cuotas de ventas. Por lo general son mayores al pronóstico con el fin de generar motivación, especialmente para el equipo de ventas.
2. Objetivos del departamento de marketing: Aumentar los ingresos de la empresa, sin importar tanto las cantidades sino mas bien los márgenes.
3. Objetivos de producción: Concentrados en la elaboración de productos que proporcionen los menores costos operativos y la mayor productividad (métodos, utilización, rendimientos).
4. Objetivos de abastecimiento: Consolidación de pedidos, abaratamiento de costos de almacenado y transportes.
5. Objetivos financieros: aumentar el valor de la empresa.

Será preciso que las líneas gerenciales aporten su conducción efectiva para poder darse el clima de consenso propicio.

6.3. PASO 2: IDENTIFICAR Y DEFINIR EL PROBLEMA.

Poco o ningún efecto tendrá nuestro plan de acción si no se puede dirigir el esfuerzo hacia la resolución de la causa raíz del conflicto. Por lo tanto, el saber reconocer cual es realmente el problema que se presenta no debe ser tomado a la ligera.

Herramientas como “escalera de los por qué” y diagramas de flujo de la demanda suelen ser muy útiles como punto de partida. Las tormentas de ideas y otras técnicas de grupo pueden complementar y ser necesarios para un mejor análisis.

Es importante, ante todo, detectar el problema a nivel sistémico dado que lo que se le presenta como tal para un área puede no serlo para la empresa como conjunto. Esto se debe a que cada firma, en mayor o menor medida, cuenta con una capacidad de amortiguamiento que le permite absorber ciertos desvíos.

Como ejemplo: un producto puede presentar un error de pronósticos mayor que otro, pero venderse en mucha menor proporción. Por ende el impacto final pueda ser despreciable o incluso que ni llegue a presentarse dado que se solventa a través de una política de stock de seguridad.

En la definición se debe especificar el objetivo (una métrica es conveniente, es decir un resultado pretendido) y el alcance de la aplicación: el plazo, es decir, si se trata de problemas de pronóstico en el corto, mediano o largo plazo.

6.4. PASO 3: ESTABLECER PRIORIDADES Y PLAN DE REPLICACIÓN EN CASO DE SER NECESARIO.

Los recursos son escasos. A partir de esta aseveración encontrar la manera de administrarlos en forma efectiva es mandatorio.

Esta etapa es por tanto, de las mas importantes ya que se definirán el/los producto/s crítico/s para la empresa.

La herramienta recomendada es simple: la denominada regla de Pareto (80-20). Sin embargo su implementación desde la óptica sistémica es un reto para toda organización y requiere el involucramiento de todos. De lo contrario se corre el riesgo de atacar los síntomas y no a la causa raíz.

En esta etapa se define, cual es el “cuello de botella” o restricción que está dando como resultado un problema en el pronóstico.

A modo de referencias, alguna de las magnitudes para establecer prioridades son:

- Volúmenes de ventas por productos.
- Ingresos o facturación recaudada por producto.
- Productos estratégicos. Pueden implicar contratos por cumplimiento en la entrega, productos destinados a socios estratégicos, etc.
- Lead times por producto. Incluyen tiempos de reabastecimiento de materias primas o insumos en general, tiempos de elaboración, tiempos de entrega al cliente y sus combinaciones.
- Impactos sobre la efectividad de la planta productiva. De equipos, de capacidad de planta.

Una base recomendada en la elección de aquellos “pocos” productos pero “vitales”, tiene que ver con analizar la manera de mitigar o lidiar con los errores cometidos en la estimación.

El error, en mayor o menor medida siempre existirá, dado el conjunto de imponderables que rodean a toda situación. Sin embargo, habrá desviaciones que podrán ser absorbidas por la empresa y otras cuyas tolerancias sean bajas. Es en estos últimos en donde habrá que hacer foco.

Ejemplo: errores en productos estratégicos de poco volumen pueden ser cubiertos con políticas de stocks de seguridad, no así en el caso de los más vendidos. No obstante, con estos se puede llegar a reglar contratos de demanda con clientes que lo manejen.

Es decir, el problema puede ser solucionado de diversas maneras, es por ello que insisto en el concepto de abordaje y solución a nivel sistémica. Esto implica investigarlo desde distintas perspectivas o sectores y llegar a un **consenso** inter-funcional.

Merece especial mención el que aquí se define el estado de agregación requerido. Es decir, si es necesario trabajar a nivel de familia de productos o es necesario desagregarlo a nivel de skus (stock keeping units).

6.5. PASO 4: ASIGNAR UNA PERSONA RESPONSABLE Y UN EQUIPO DE TRABAJO EN CASO DE SER NECESARIO.

Es esencial en función de la complejidad del problema identificado, el trabajo que se requiera y la importancia que merezca el pronóstico efectivo, asignar a un líder y un equipo de trabajo. Junto a ellos debe generarse un compromiso por parte de las gerencias a la colaboración inter-departamental en pos de la mejora del proceso.

Existen diversas formas de asignación y control de tareas. A continuación se listan un número de factores que deben tenerse en cuenta, basándose en la teoría de organizaciones de **Elliott Jaques**.

- Respecto a la persona a cargo del pronóstico y el equipo de:
 1. El rol del líder y de cada integrante debe ser establecido explícitamente, no dejando lugar a ambigüedades respecto a sus funciones, tareas requeridas y nivel de trabajo requerido.
 2. Pueden existir varios subordinados que formen al equipo, pero debe establecerse una y sólo una persona a cargo: el líder. Esto obedece a la llamada ley de las relaciones jerárquicas. Su razón de ser tiene que ver con las autoridades y responsabilidades difusas que aparecen, en caso contrario.
 3. Responsabilidades del líder: Su responsabilidad y por la cual se le debería evaluar posee cuatro dimensiones:
 - La efectividad propia. Ej: una precisión del pronóstico de demanda por sku del 80%.
 - Los resultados de otros, sus subordinados inmediatos. Ej: precisión del pronóstico de sku para el canal 1 del 80%.
 - Mantener el equipo capaz de producir dichos resultados en el tiempo.
 - Aportar una conducción efectiva.
 4. Autoridades de líder:
 - Decidir y asignar tareas a sus subordinados.
 - Rechazar la nominación de un subordinado propuesto, en caso de no ser apta para el desempeño de sus funciones.
 - Decidir su evaluación de efectividad y reconocimiento, y la recompensa por méritos.
 - Decidir la separación de un subordinado del rol.
 5. Dado que todo empleado actúa bajo un contexto donde imperan situaciones de cambio, se debe esperar que ellos garanticen el ejercicio pleno de sus capacidades (esfuerzo).
Es tarea de los gerentes orientar a los subordinados para que ellos puedan llegar a los resultados pretendidos.
 6. Cada empleado debe poseer un equilibrio entre cuatro (4) factores para su desempeño efectivo:
 - Posición jerárquica o estrato que ocupa en la organización.
 - Autoridades y responsabilidades asignadas. Rol.
 - Nivel de trabajo requerido.
 - Capacidad actual y potencial.

➤ Respecto a las capacidades actuales y potenciales de las personas:

7. La capacidad de una persona a lo largo del tiempo varía. No sólo a nivel general (llamada capacidad potencial) sino a nivel cotidiano por diversos factores que hacen que no se aplique al 100% siempre.
8. La capacidad aplicada a una tarea tiene que ver con:
 - La complejidad de procesamiento. Esto tiene que ver con la posibilidad de manejar varias variables al mismo tiempo y su capacidad lógica. Es decir, puede actuar en forma disyuntiva, multiplicativa, resolviendo problemas en serie (secuenciales) y/o encadenados (distintos caminos en serie y paralelo).
 - La complejidad de interpretación de la información. Tiene que ver con la capacidad de poder interpretar lo concreto y lo abstracto en la información, y elaborar juicios en base a ella.
 - Su compromiso por el valor de la tarea que desempeña.
 - Las habilidades y conocimientos disponibles.
 - La ausencia de factores interpersonales negativos.Lo esencial es que cada uno de estos factores puede progresar y desarrollarse. Sin embargo, cada individuo tendrá una limitación diferente en cada una que deberá ser evaluada previa a la asignación de la tarea.
9. Los recursos con los que cuenta para ello.
Cabe señalar que los empleados obrarán utilizando sus juicios en el desarrollo de las tareas dentro del marco que la empresa y el contexto donde se desarrolla fijen. Explicitados, por ejemplo, a través de: políticas internas, métodos, políticas externas, leyes y costumbres.
10. Los subordinados se obligan a hacer suya y cumplir esa intención.

➤ Respecto a las asignaciones de trabajo:

11. El gerente (gerente del líder y éste respecto al equipo) define las actividades y los límites para su desarrollo. Esto implica definir:
 - Cantidad (qué hacer, la meta) y calidad (cómo) de trabajo pretendido.
 - Tiempo del que se dispone para su elaboración.
 - Los recursos con los que cuenta para ello.Cabe señalar que los empleados obrarán utilizando sus juicios en el desarrollo de las tareas dentro del marco que la empresa y el contexto donde se desarrolla fijen. Explicitados, por ejemplo, a través de: políticas internas, métodos, políticas externas, leyes y costumbres.
12. Los subordinados se obligan a hacer suya y cumplir esa intención.
13. Como unidad del nivel de trabajo la teoría de Jaques propone utilizar el período de tiempo que transcurre en realizar la tarea de mayor plazo. Dado que aquí el empleado deberá liderar con un mayor número de contingencias (probabilísticamente hablando, ante iguales condiciones).
14. Ante los problemas que puedan surgir y la incertidumbre asociada, el empleado deberá:
 - discernir o distinguir las distintas líneas de acción en pos de solucionar el conflicto.

- Discrepar entre cada una de ellas, emitiendo juicios y valoraciones que le lleven hacia la mejor resolución.
- Decidirse por una y aplicarla.

➤ Respecto a las prácticas de conducción gerencial:

15. La conducción es otra actividad esencial. Implica influir en otros para que:

- Acepten de buen grado los objetivos asignados.
- Avancen en la dirección que fija el gerente.
- Induciendo autoridad y legitimidad en la tarea.

16. Existen dos conducciones que deben ser correctamente articuladas y secuenciadas: a nivel gerente – subordinado (líder, equipo) y a nivel gerente del gerente – subordinados.

17. Para que la primera de ellas se de en forma efectiva, se requiere:

- Trabajo en equipo de 2 niveles. Para generar mayor compromiso.
- Fijar el contexto. Genera valor por la tarea, el saber que lo que uno realiza tiene un impacto y ayuda a la empresa.
- Planificación.
- Asignación de tareas y realimentación.
- Inducción y entrenamiento en el rol. Implica introducir al subordinado a las tareas y adiestrarlo para lograr mayor efectividad.
- Evaluación del líder de la efectividad del personal.
- Líder con autoridad para la desafección y despido.
- Evaluación de la conducción por manos del gerente del líder.

18. Para que la segunda de ellas se de en forma efectiva, se requiere:

- Asegurar que se den correctos flujos y relaciones interfuncionales. Recordemos que el pronóstico podría involucrar consenso entre distintas áreas.
- Desarrollo de recursos humanos. A fin de tener la gente adecuada en los roles adecuados, tanto en la actualidad como en el futuro.
- Selección y nombramiento del personal. El líder puede negarse, pero se requiere la visión panorámica del gerente de éste ya que cuenta con una mejor apreciación de los conflictos que podrían surgir.
- Evaluación del personal. Se debería realizar junto al líder y verificado con el subordinado.
- Tutoría y desarrollo de carrera. Para mejorar las capacidades de cada ocupante del rol y mejorar continuamente.
- Trabajo en equipo de 3 niveles. Reuniones para generar cohesión, pertenencia y participación activa de las partes.

6.6. PASO 5: RELEVAR EL CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLA LA DEMANDA DE PRODUCTOS DE LA EMPRESA.

La demanda surge de múltiples condiciones de pseudo-equilibrio cuyo desenlace suele plasmarse como curvas de oferta y demanda del mercado. En ellas intervienen factores endógenos, como ser:

- cualidades de los productos,
- formas de elaboración (planes y tecnologías empleadas),
- estrategias de precio, promociones, posicionamiento, comunicación, etc.

Así como también factores exógenos como ser:

- cambios en el mercado dados por las cinco (5) fuerzas de Porter: preferencias de los clientes, ofertas de los competidores (actuales, potenciales y sustitutos) y productos complementarios, proveedores.
- Cambios de carácter sistemáticos: aumento del PBI, inflación, impuestos, retenciones, otras políticas o medidas coyunturales.
- Cambios del ambiente: fenómenos globalizados.

Los factores que influyen en la demanda son dignos de un estudio en sí mismo. Hay que tener presente el concepto de modelo (como aproximación a la realidad, ver ítem 2.1.11) y destacar aquellos que sean relevantes de los irrelevantes, a partir de los efectos que presenten los movimientos de cada uno de ellos.

6.7. PASO 6: DISEÑAR/REDISEÑAR EL SISTEMA DE PRONÓSTICOS.

El objetivo central es modelar la demanda en busca de detectar la estructura que ayude a comprender el comportamiento, patrón o lógica de variación que sigue.

Las tareas que no pueden obviarse en este paso son:

1. Asegurar la disponibilidad de información, en tiempo y forma (calidad).
2. Contar con el personal capacitado, al menos en los modelos citados en éste proyecto.
3. Definir los parámetros intrínsecos (estacionalidad, tendencia, ciclos, outliers) y relaciones extrínsecas relevantes.
4. Evaluar distintos modelos por costos (tiempos y ocupación de recursos), precisión y lógica conceptual.
5. Establecer los indicadores de performance y sus valores deseados.
6. Monitorear y revisar la performance del sistema periódicamente.
7. Asegurar la integración de técnicas cualitativas y cuantitativas.

Dentro de ésta etapa, hay una serie de sub-etapas a realizar, por cada uno de los productos o familia de productos. Las mismas consisten en:

6.7.1. Depuración o filtro de la serie temporal.

Antes de dar comienzo a la actividad de modelado, es preciso contar con información sin vicios. Como reza el dicho anglosajón: “garbage in, garbage out”. A continuación mencionaremos algunos de los problemas típicos con los que se puede contar.

Los efectos calendario hacen que no todos los meses presenten una homogeneidad respecto a la cantidad de días hábiles, siquiera respecto a la cantidad de días. Habrá casos en los que estos efectos deben ser filtrados previo al análisis de la serie. Lo mismo puede ocurrir en los casos en que se presenten outliers (puntos que obedecen o a accidentes o errores en el registro). Se necesitará entonces explicar el error o en su defecto retirarlo del análisis.

6.7.2. Gráfica de evolución temporal de la serie.

Al iniciar el análisis de una serie temporal se debe, en primer lugar, realizar el diagrama temporal. Esto no es más que graficar la evolución de la variable a lo largo del tiempo y observar las características de la serie:

- Tendencia o variación a largo plazo; no tiene porque ser lineal, o incluso puede variar a lo largo del tiempo de forma no determinista,
- Tendencia en variabilidad o varianza,
- Ciclos o variaciones periódicas que se repiten varias veces; la forma de ellos es muy variable en función de la serie, aunque en series mensuales o trimestrales es muy frecuente encontrar ciclos estacionales, con períodos menores al año.
- Tendencia en amplitud de los ciclos, y

- Perturbación aleatoria o componente irregular que puede tener una estructura probabilística o autocorrelación.

La visualización de la serie, además de mostrar sus características básicas, permite detectar si existen observaciones anormales (outliers), es decir, que se desvían claramente del resto de los datos.

Como ya se indicó, es frecuente tener que realizar correcciones previas en muchas series económicas para homogeneizar el intervalo temporal entre observaciones, o incluso para corregir los efectos de algunos fenómenos externos a la serie (por ejemplo, una huelga en relación con datos de producción) que producen desviaciones indeseables en los datos.

Una vez depurada, es necesario volver a visualizarla previo al análisis de los datos.

6.7.3. Elección de métodos y modelos.

Cada modelo brinda una perspectiva al análisis.

En forma resumida podemos decir que la historia es un buen punto de partida. Sin embargo los modelos que se basan sólo en ella suponen la permanencia de las relaciones e inercias registradas en el pasado. Si el contexto es cambiante es preciso aportar nueva información a la serie, lo que puede lograrse desde la utilización de modelos dinámicos hasta la parametrización de informaciones de carácter cualitativo con la que se cuente.

Es vital contar con una visión consensuada por las distintas áreas de la empresa. Ya que cada una, así como los modelos mismos, pueden ser generadores de patrones o perfectos sensores de la evolución del mercado.

En la elección deben primar, en primer lugar el principio de parsimonia o parquedad en el modelado. Luego los errores cometidos y sus implicancias a nivel empresarial.

Se deben buscar dos balances entre:

1. puntualidad, exactitud y sensibilidad.
2. exactitud, costos y su comprensión.

6.7.4. Análisis exploratorio. Estimación de parámetros y verificación.

Se trata de reproducir la serie a través del modelo, estimando sus parámetros y verificando cuanto se ajusta la lógica del mismo a los datos históricos registrados. Se busca “explorar” por comparación de causas y efectos hasta encontrar un modelo cuya simplicidad y desvío total sea el apropiado.

6.7.5. Análisis confirmatorio, validación.

Verificación es identificar que la estructura lógica del modelo conceptual y de datos está siendo reproducida por el modelo operacional y su parametrización. Mientras que en la validación se busca que el modelo computacional reproduzca (generación de una muestra artificial aleatoria), con la aproximación predeterminada por el modelador, a la realidad.

En el proceso de verificación se realiza un debug de las funciones lógicas programadas (instrucciones y sus relaciones) para poder seguir el hilo argumental establecido en el modelo conceptual.

La validación se hace mediante un proceso **iterativo** donde se busca, ante igualdad de condiciones iniciales (mismos INPUTS), relevar y ajustar las diferencias entre lo que sucede en la realidad y el mundo artificial generado. Existen pruebas subjetivas y objetivas a la hora de validar. Las primeras se refieren a la opinión de expertos mientras que las otras requieren la realización de pruebas estadísticas en las que se comparan resultados reales con los obtenidos del modelo. En esta última intervienen técnicas de medición de la bondad de ajuste, como por ejemplo los contrastes de hipótesis.

El carácter de que tan apropiado sea un modelo, si bien es relativo a cada empresa y su problemática particular, puede definirse a priori como el máximo desvío tolerable en la estimación para un producto dentro del Supply Chain.

6.7.6. Determinación de los pronósticos y los errores asociados.

Una vez verificado y validado se procede a determinar un valor estimado de la demanda para los productos, con su correspondiente intervalo de confianza.

Es importante testear la sensibilidad del pronóstico ante diferentes causas de variación. La simulación puede ser de suma utilidad en estos casos.

6.7.7. Mecanismos de control y actualización de parámetros.

Los modelos deben ser inspeccionados y no dejarlos librados a historias pasadas. Es recomendable establecer medidas de control y ajuste de los parámetros. Para ello es conveniente establecer métricas que indiquen cuando actuar.

Recordar que los modelos también son susceptibles de mejoras y el control es la base de todo proceso de mejora continua.

6.8.PASO 7: METODO DE MAPEO DE PRODUCTOS EN BASE DE DATOS.

Los mercados de hoy día, con clientes que demandan nuevos atributos conforme se detectan nuevas necesidades (manifiestas u ocultas), diseños, etc., hacen que el ciclo de vida de los productos sean cada vez menores. Es por ello que es necesario contar con métodos de forma tal de poder migrar las historias de volúmenes de ventas de ciertos productos hacia nuevos lanzamientos.

La analogía histórica, los sondeos de mercado, opiniones de la fuerza de ventas y estrategias de marketing deben ser considerados como alternativas para la estimación de los volúmenes de ventas estimados.

6.9.PASO 8: REVISIÓN DEL PRONÓSTICO Y MITIGACIÓN DE ERRORES.

El pronóstico siempre contendrá algún grado de error. Es por ello que debe ser salvado a través de diferentes acciones a la vez que se monitorea su precisión. La acción correctiva debe tomarse cuando el error supera al esperado por acontecimientos inesperados o, en algunos casos, cuando su propia fluctuación aleatoria no sea tolerable.

Hay distintas razones de variación, cada una de las cuales requerirá una respuesta particular. Lo recomendado es tratar al problema a nivel sistémico y no con soluciones “locales” centradas en un área en especial. Más bien se debe tender al consenso en pos de una solución óptima a nivel general.

No existen soluciones generales, como recomendaciones a tener en cuenta:

Primeramente:

Razón del error	Respuesta
Cambio en el patrón de la demanda	Cambiar el modelo
Factor extrínseco (promoción, clima, precios)	Identificar, reflejar y/o ajustar
Error en la información	Identificar y corregir
Información omitida o perdida	Substituir o conseguir el original
Nivel de desagregación	Aceptarlo!

En segundo lugar:

En el pronóstico, se cuenta con la ayuda de dos áreas claves como son el planeamiento de la producción y el suplido.

Cuando la precisión decae habrá que tener en cuenta:

1. Replaneamientos de suplido en base a la demanda actual más que lo pronosticado.
2. Los lotes de pedido y los niveles de stock de seguridad podrían aumentar para cubrir la variabilidad.
3. Se podrán ampliar los turnos y las ventanas horarias para satisfacer las órdenes de clientes.

Por el otro lado al aumentar la precisión:

4. Se podrá reducir el stock de seguridad.
5. El almacenamiento y la capacidad productiva utilizada previamente están disponibles.
6. Se reducen las ventanas horarias y la cadena de suministros mse torna más estable.

Recomendaciones generales:

La alta gerencia hizo el pronóstico: La alta gerencia tiende a sentir preferencia por una visión favorable del futuro. La solución es tomar la información con cautela y recurrir preferentemente sólo para conocer los planes de la compañía.

Los pronósticos están basados en el criterio: La mayor parte de los pronósticos son de carácter cualitativo. La solución es crear aplicaciones sencillas sobre las cuales brindar soporte analítico a las conclusiones y reservar la subjetividad como soporte en los exámenes a priori y posteriori.

Pasamos muchas horas en juntas para obtener estos pronósticos

Varios problemas pueden emerger, entre ellos el contagio de las opiniones o en caso de gran cantidad de participantes el no llegar a un consenso. La solución es recurrir a varios expertos, conociendo su área de expertise y abordando el análisis en forma independiente y estructurada.

Contratamos al mejor experto: Sin entrar en los detalles de “mejor experto”, cuanto más caro y más prestigioso sea un estadístico, mayor confianza inspirará en la gerencia. A pesar de ser algo de suma importancia, la confianza no es todo y habrá que evaluar la cantidad de trabajo junto al rol asignado, ya que tal vez contratar a varias personas resulte más valioso. La experiencia demuestra ser clave, pero los problemas difieren notablemente y su replicación es tanto o más costosa que comenzar de cero (releer el paso 0).

Empleamos el mejor método: Estar confiados en un método habiendo leído el capítulo de cuestiones del arte, es desacertado. Primeramente porque no hay garantías de que lo sea y en segundo lugar el método puede ser magnífico pero no se lo está implementando correctamente. La solución es el proceso de control de los parámetros, las variables de influencia y las hipótesis y limitaciones de los métodos utilizados.

Métodos sumamente complejos: Para sorpresa de muchos, los métodos simple pueden ser tanto o más eficaces que los complejos. Recomiendo leer las teorías del “Hacedor de lluvias”, que a través de una parábola explica como, muchas veces, se pierde el foco. La solución, primar la parquedad del modelo y evaluar el balance entre costos, exactitud, comprensión y puntualidad.

Los pronósticos objetivos se revisaron de manera subjetiva: Muchas veces se está ante la disyuntiva de sobre-ajustar los parámetros en busca de lograr una aproximación más precisa, en base a los juicios y el análisis. La solución es separar los pronósticos en objetivos y subjetivos y luego buscar un consenso a través de su promedio.

Cumpliremos nuestros pronósticos: No es lo mismo planear que pronosticar. Deben tratarse por separado y aplicarse técnicas turbo evolutivas para lograr aproximarse a la meta.

Necesitamos más información: Si bien es precisa la información para elaborar buenos pronósticos, su exceso puede ser contraproducente. Se termina analizando mucho pero sin llegar a conclusiones (costoso y demora las decisiones). Esto requiere de la correcta definición del problema, establecimiento de prioridades y planeamiento del rol del pronosticador.

Empleamos datos de todas las áreas de la compañía: En busca de consenso, es una metodología vital; sin embargo se puede ver sesgada por la búsqueda de “evidencias confirmatorias”. La solución, separar las tareas en dos: escuchar y anotar sin emitir juicios y luego analizar la información recabada.

Sabía que ocurriría: La aptitud fundamental de un pronosticador es la capacidad de conocer lo que ocurrió en el pasado, actualmente, predecir el futuro, y después explicar porqué no ocurrió así. Esto puede ser un autoengaño. Es preciso colocar las hipótesis y explicar los desvíos. Ellos pueden llegar a ser la fuente más importante de retroalimentación para la mejora continua.

No hay análisis de la exactitud previa: No se podrá mejorar, si se desconoce como estaba funcionando el sistema.

Nuestra mejor evaluación del futuro: Cuando existe un alto grado de incertidumbre, conviene no sólo pronosticar la cantidad de interés sino asociarla a un conjunto de alternativas futuras. (Método de escenarios y simulación)

Confiamos en estos pronósticos:

La confianza en la estimación tiene poca o ninguna relación con la exactitud. La solución es buscar complementos y monitorear con sentido escéptico.

No se mencionan los costos: Es importante cotejar los gastos en tiempo, dinero y ocupación de recursos frente al beneficio que la exactitud del mismo esté brindando.

6.10. PASO 9: CHECK LIST FINAL.

Respecto a la preparación de los pronósticos:

1. Deben ser oportunos.
2. Deben estar en las unidades apropiadas para la toma de decisión.
3. Deben desagregarse hasta el grado requerido por los que toman las decisiones.
4. Deben detallarse lo suficiente como para mostrar las variaciones estacionales u otras. Según el problema puede convenir agrupar por trimestres, por meses, semanas, días.
5. No sólo debe incluir el valor más probable sino también el valor del mejor y el peor de los casos.
6. Deben explicarse detalladamente las suposiciones y las limitaciones del pronóstico.

Respecto al control como proceso de mejora continua:

7. Debe establecerse un período y respetarse.
8. Revisar los parámetros de los modelos.
9. Revisar las variables de influencia actuales.
10. Revisar nuevas variables de influencia.
11. Revisar la validez de las hipótesis asumidas.

Respecto a la distribución:

12. Los pronósticos deben contar con la aprobación de la alta gerencia.
13. Debe distribuirse un informe de fácil comprensión a todos los gerentes y personal apropiados.

7. BIBLIOGRAFÍA

García, Roberto M., *INFERENCIA ESTADISTICA Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS*, Bs. As., Argentina, EUDEBA, 2004. ISBN 950-231-295-3.

Goldratt, Eliyahu y Cox, Jeff, *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, 3ª edición, Great Barrington (MA, USA), The North River Press Publishing Corporation, 2004. ISBN 088-427-1781.

Eco, Humberto, *Come si fa una tesi di laurea*, Milano, 1977 (tr. castellana de Lucía Baranda y Alberto Clavería Ibáñez, *COMO SE HACE UNA TESIS - Técnicas y procedimientos de estudio, investigación y escritura*, Barcelona, Gedisa, 1983).

Winston, Wayne L., *Investigación de operaciones, aplicaciones y algoritmos*, 4ª edición, México, Thomson, 2005. ISBN 970-686-362-1.

Chae, An y Hansjörg, Fromm, *Supply Chain Management on Demand - Strategies, Technologies, Applications* – Holanda, Springer, 2005. ISBN-10 3-540-24423-9

Kotler, Philip, *Dirección de Marketing*, 10ª edición, México, Pearson educación, 2001. ISBN 968-444-422-2.

Makridakis, Spyros y Wheelwright, Steven, *Manual de técnicas de pronóstico*, 1ª edición, México, Editorial Limusa, 1989. ISBN 968-18-3065-2.

Urbisaia, Heriberto L., *Análisis de Series de Tiempo – Univariadas y Multivariadas*, 2ª edición, Bs. As. Argentina, Ediciones Cooperativas, 2000, ISBN 987-983-150-0.

Viñals, Montserrat Pepió, *Series Temporales*, 1ª edición, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España, Ediciones UPC, 2001. ISBN 84-8301-526-9.

Caridad, Sosé M. y Ocerin, *ECONOMETRÍA – MODELOS ECONOMETRICOS Y SERIES TEMPORALES*, Tomos 1 y 2, Barcelona, España, Editorial Reverté, 1998. ISBN 84-291-2613-9