

# LA CIENCIA GERENCIAL (MANAGEMENT SCIENCE)\*

JAIME SICARD\*\*

## RESUMEN

El siguiente ensayo, se presenta como inducción a una nueva mentalidad gerencial en Colombia, ubicándose en la necesidad de modernizar y fortalecer los desarrollos de la ciencia gerencial en la enseñanza de la administración se ilustra con algunos ejemplos, la facilidad de aplicación del Management Science a los más variados problemas y su capacidad de aportar soluciones sencillas y precisas a problemas complejos de la gerencia moderna. Este trabajo fue presentado ante el Congreso Nacional de Profesores de Administración, reunido el pasado Mayo de 1995 en Medellín y ha sido también propuesto como sustentación inicial para un **Proyecto Investigativo en el Centro de Investigaciones de la Escuela de Administración de Negocios E.A.N.**, tendiente a la elaboración de textos de enseñanza, Software, etc. del "Management Science", así como a la inclusión fuerte de esta temática en el Plan de Estudios de la Facultad de Administración, tanto en Pregrado como en los Postgrados Gerenciales.

---

\* Profesor - Investigador Escuela de Administración de Negocios E.A.N.

## I. INTRODUCCION

Desde la Segunda Guerra Mundial, se ha venido desarrollando (tanto en lo teórico como en lo práctico) un **enfoque** o **escuela** gerencial (o administrativa), que procura el **conocimiento científico**, -con todo su rigor- y su **aplicación** al campo de la Gerencia Empresarial, de tal manera que, después de ser bien conocido y aplicado, contribuya de una forma también científica a la solución de los problemas empresariales más frecuentes. Este "**enfoque**" gerencial, se basa en buena parte en el conocimiento y aplicación de desarrollos matemáticos especializados y orientado a (modelos matemáticos, programación lineal, gerencia de inventarios, redes, análisis de líneas de espera, simulaciones, etc.), a la función más típicamente Gerencial: **La toma de decisiones y Resolución de problemas**.

En el mundo desarrollado, desde hace mucho tiempo se ha estado enseñando ese "**enfoque**" - conocido como "**Management Science**" (Ciencia Gerencial), en las diferentes Escuelas o Facultades de Administración de las más importantes Universidades, al mismo tiempo que se vienen utilizando crecientemente en la praxis gerencial. En Colombia, todo este cuerpo de conocimientos científicos ha sido estudiado solo parcialmente, y en forma inconexa con la Administración propiamente dicha. Posiblemente, este bajo perfil matemático del estudiante y profesional de la Administración entre nosotros, se ha traducido en un débil posicionamiento del mismo frente a otros profesionales que utilizan las matemáticas para resolver los problemas de las funciones básicas de toda Empresa: Producción, Finanzas, Mercadeo.

### I.1 La Administración, Arte o Ciencia?

Es la Administración un arte? una ciencia? tanto se ha escrito sobre el particular, que (a pesar de esto, o quizás por ésto) todavía la confusión es grande, y no obstante las toneladas de papel en los cuales se explica la Administración, inclusive se llega a dudar de la misma existencia de esa disciplina. Este asunto es de vital importancia para las Escuelas o Facultades que enseñan Administración, puesto que si no tienen claridad sobre la naturaleza misma de dicha Administración, entonces como van a tener claridad sobre lo que deben enseñar?.

### I.2 El Profesional de la Administración

El posicionamiento del profesional de la Administración (y me refiero al individuo que ha cursado lo que en Colombia se llama estudios profesionales, es decir el bachiller que cursa 5 años de estudios), es muy precario entre nosotros, comparado con el que tienen otras profesionales "empresariales" tales como la Ingeniería Industrial, la Economía, etc.

En el exterior ocurre otro tanto, y el Administrador o Gerente con estudios universitarios que tiene demanda y status es el M.B.A., o sea un graduado de un programa de "bachelor", que ha cursado unos dos años de postgrado, en algunos asuntos que se consideran son la Administración.

En general, el M.B.A., incluye aspectos tales como Finanzas, Mercadeo, Economía y algo que se le ha dado el nombre de "Gerencia Estratégica" y enseñada especialmente en una metodología casuística.

### I.3 La Naturaleza de la Administración. Qué se debería enseñar?

Qué es la Administración? Qué enseñar?. Estas siguen siendo las preguntas claves.

Taylor<sup>1</sup> (1911), intentó hallar la respuesta en el estudio científico del trabajo y el manejo de ese trabajo aplicado a la actividad fabril (Shop Management, Scientific Management).

Para Fayol (1925), la cuestión se volvió más restrictiva, pero más universal: La Administración no era sino una función entre las varias de una empresa (La función administrativa), consistía únicamente en Preveer, Organizar, Coordinar y Controlar; y esto en todo tipo de empresas.

Enseñar Administración (o Management) a la Taylor sería enseñar la disección sistemática de las funciones o trabajos, la simplificación sistemática de los trabajos, el re-diseño de la secuencia de esas funciones (Re-ingeniería!), el diseño de los menores esfuerzos para máxima productividad, mediante el rediseño de las máquinas, redistribución del Layout. Según el proceso productivo (Re-ingeniería!) y el establecimiento de sistemas de remuneración al trabajador según el rendimiento que se pudiera extraerle a la máquina (incentivos individuales) todo comparado contra un patrón o standar (Bench Marking).

Una Escuela de Administración a la Fayol, debería enseñar a Preveer, Organizar, a Dirigir a Coordinar y a Controlar. Otras instituciones deberían enseñar las otras funciones de la Empresa, la función comercial, o la función contable por ejemplo.

Posterior versión de la Administración fué la Weberiana. Pero fué tan diferente, que ni siquiera Weber le dió el nombre de Administración.

<sup>1</sup>. Los autores o clásicos mencionados son los que pudiéramos llamar "clásicos" ó cabezas de escuelas de pensamiento. Desde luego, hay muchos más.

Con él, nace el estudio de las Organizaciones Administrar es "Organizar", Organizar es Jerarquizar y despersonalizar. La Administración a la Weber es la aplicación del Modelo Burocrático.

Enseñar Administración Weberiana (1947) sería estudiar el Modelo Burocrático aplicado a todas las organizaciones y enseñar las características sociológicas de esas organizaciones.

Weber origina un "Modelo" de Administración que se puede llamar sociológico, que estudia el campo de acción de la Administración, la Organización y que con el "Modelo" posterior de las "Relaciones Humanas" surgido de las investigaciones de E. Mayo y posteriores trabajos de personajes como Kurt Lewin (Urwick 1944), pareciera que se hubiera "descubierto" otra Administración. Enseñarla, sería enseñar Sociología, Dinámica de Grupo, etc.

Para completar y complicar más las cosas, apareció el auge del "Behaviorismo" representando especialmente por Psicólogos como Douglas Mc.Gregor (1960).

Esta Escuela o "modelo" de Administración precisa (o lleva a pensar) que la Administración es el Control del Comportamiento Humano, mediante una "Adaptación Selectiva" de diferentes estilos de liderazgo. Para Mc.Gregor administrar es dirigir, y plantea un sistema de Dirección de "Auto-Control e Integración" de intereses, que reemplace el control externo y la autoridad implícitos en los Modelos Anteriores. Para esto se necesita un "Cambio" Organizacional.

De aquí surge que Administrar es cambiar, y el Administrador debe ser un experto Psicólogo Motivacional y/o un Psicólogo Industrial convertido en un científico del DO (hacer).

Aquí se originaron todos los programas universitarios que hicieron tanto énfasis en las Ciencias de la Conducta, y que hicieron coincidir el rol del gerente con el de un "Científico Social" (palabras textuales de Mc.Gregor).

Sin embargo, fue también Mc.Gregor quien hizo un poderoso aporte para clarificar cuál es la naturaleza de la Administración. Previa argumentación, él concluye que la Administración no es una Ciencia, ni es un arte. Tan solo es una profesión y diseña perfectamente la esencia del ser profesional: poseer conocimientos científicos para predecir resultados; poseer experiencias; y, obrar éticamente. Con todo el pensamiento Mc.Gregoriano, pueden las Escuelas de Administración hallar un perfil curricular para formar un profesional de la Administración:

- A. Enseñar el conocimiento científico, que le permita la Administrador predecir resultados.
- B. Proveer experiencia
- C. Formar un Administrador ético

La ética, es cuestión cultural y se puede "Contagiar" (no enseñar) viviendo en un ambiente cultural ético (La propia cultura organizaciones de las Escuelas de Administración), aún cuando esto es insuficiente, porque la cultura ética trasciende las fronteras de la Escuela, y también se capta (y quizás más fuertemente) en el hogar, y la sociedad en general.

La experiencia, desde luego, muy difícilmente la pueda dar una Escuela tradicional presencial. Pero, se ha intentado hacer mediante el sistema Harvardiano del "estudio de casos" y prácticas tales como pasantías empresariales, semestres de industria y estudios de Historia Gerencial.

Pero, desde luego, la concepción del requisito experiencial para el profesional "Modelo Mc.Gregor", significa que ningún egresado podrá ser profesional por el solo hecho de egresar de un claustro, sino después de una praxis en el ejercicio de su actividad.

Significa también, que podrá estar más cerca de la profesionalización aquel que -después de haber trabajador- estudie un postgrado, y, eventualmente, también explica el porqué un estudiante empleado (como el "nocturno") puede convertirse más fácilmente en profesional, que el adolescente que intenta "volverse Administrador" solo en el aula.

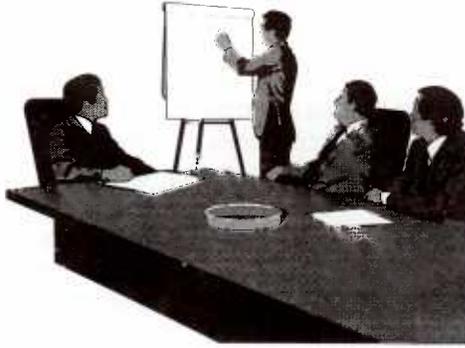
El problema más difícil de resolver es el referente al conocimiento científico. Sí, el profesional de la Administración lo necesita. Pero, cuál es el conocimiento científico necesario para el Administrador?

Para Mc.Gregor, parece ser que el conocimiento científico primordial es el de las Ciencias Sociales. El, y muchos otros de su Escuela, creen que Administrar es Dirigir y Controlar la conducta humana. Deja por fuera la Planeación y la Organización.

Weber solo considera la Organización. Una mezcla de las dos concepciones se concretiza en lo que ha venido a llamarse el "Comportamiento Organizacional", que algunos han llegado hasta confundirlo con la Administración.

Después, aparece (hace relativamente poco) la Concepción Estratégica de la Administración, (Gerencia y Planeación Estratégica) estrechamente basada y relacionada con las Teorías Contingencial y Sistémica.

Así se amplían los conocimientos científicos necesarios para el Administrador; fundamentalmente son los que le permiten captar, interpretar y adoptar una actitud prospectiva ante la realidad del entorno. Enseñar Gerencia y Planeación Estratégica, sería (poco más o menos) enseñar una nueva Cosmovisión, mediante una amplia cosmología. sería enseñar Todo: la historia, el presente y el futuro; las ciencias físicas y las sociales; todas las técnicas instrumentales (contables, cibernéticas), casi, diríamos, imposible de hacerlo.



El Administrador o Gerente Estratégico es un Profesional General, sería el integral de todas las profesiones. Ideal sí, pero imposible de lograr.

## II. UN NEO-"TAYLORISMO"

Más recientemente han surgido más intentos por clarificar, qué es la Administración y qué hacen los Administradores. Son aproximaciones menos ambiciosas, pero más realistas. Curiosamente, se acercan de nuevo al pensamiento original de Taylor, hasta el punto que son llamadas "Neo-tayloristas" por su intento de ser científicas, de conformar una Administración Científica.

Muchos formadores de Administración no se conforman con no tener claramente qué enseñar, cuando se intenta enseñar Administradores, y menos se resignan a enseñar que hay tantas Administraciones, como Administradores haya.

La tendencia empezó, con el cuestionamiento de las funciones del proceso fayoliano. Será verdaderamente ese PODC de Urwick lo que hacen los Gerentes o Administradores?

### II.1 Los "Roles Gerenciales"

En lugar de teorizar, H. Mintzberg (1973), entre otros, de la observación empírica concluyó que la acción gerencial real, se sintetiza en el desempeño de unos ROLES ADMINISTRATIVOS o GERENCIALES:

1. Roles Interpersonales
2. Roles Informacionales
3. Roles Decisionales

Los roles interpersonales (representación, liderazgo, enlace) requieren de los conocimientos científicos de las ciencias de la conducta.

Los roles informacionales, necesitan del monitoreo de información, de la disseminación de información y transmisión verbal de información (vocería). Requieren de los conocimientos de las técnicas de comunicación e información. Los roles decisionales (toma de decisiones o iniciación voluntaria del cambio. "Entrepreneurship", y la solución de problemas), son los más importantes para los más altos gerentes, y requieren de "CIERTOS" conocimientos científicos que han tenido poca enseñanza en los programas de formación gerencial. Más adelante veremos que quiero decir al escribir "CIERTOS".

### II.2 Qué se debe enseñar?

Parece, que se van aclarando las cosas: los conocimientos científicos que una Escuela o Facultad de Administración debería enseñar son fundamentalmente: las ciencias sociales, las ciencias de la comunicación e información y las ciencias que permitan tomar decisiones y solucionar problemas.

### II.3 El Rol Decisional

De los roles gerenciales, el más típicamente gerencial es el **DECISIONAL**. La función más típica de un gerente es la de **TOMA DE DECISIONES**. Como se ha afirmado, "Gerente es aquel que, sin tener toda la información necesaria para resolver un problema, sin poder prever todas las consecuencias ... toma decisiones, decisiones que -a veces- resultan acertadas".

### II.4 "El Gerente debe Gerenciar" (Drucker 1973)

A mi me parece que una cosa tan sencilla de entender, se ha tergiversado, se ha vuelto confusa, hasta el punto que se ha perdido el objetivo final. El objetivo final de la Administración y de los Administradores es el alcance en las organizaciones de resultados concretos, cuantificables, precisos, para uso de la sociedad de tal manera que satisfagan las necesidades humanas. Esto se logra mediante la toma de decisiones racionales, que arbitren los problemas de la escasez e incertidumbre.

## III. LAS FALENCIAS DE LA ENSEÑANZA CIENTIFICA DE LA ADMINISTRACION

Aquí expreso (por fin!) mi preocupación ante las falencias de la enseñanza científica que imparten nuestras instituciones formadoras de Administradores; la carencia

(casi total) de asignaturas que enseñen la forma científica de resolver problemas y tomar decisiones, que enseguida en forma muy superficial describo:

#### IV. LA CIENCIA GERENCIAL <sup>2</sup>

##### IV.1 Antecedentes

En 1900 H.L. Gantt introdujo el uso de gráficos o diagramas para Planeación y Control, constituyendo las bases de lo que llamó "Gerencia de Proyectos" (Project Management).

En 1915 F.W. Harris empleó la derivación de una fórmula matemática para definir la cantidad más económica de un ítem, a mantener para atender oportunamente la solicitud de un vendedor. Esto fue la base de la "Gerencia de Inventarios" (Inventory Management).

En 1917 A.K. Erlang logró la derivación de una fórmula matemática para analizar los problemas que encontraban quienes llamaban a un teléfono automático (análisis de "colas").

Durante la Segunda Guerra Mundial (en 1937) en la Gran Bretaña, se conformó un equipo de científicos, ingenieros, matemáticos y analistas militares, para solucionar problemas logísticos militares. A esto se le llamó "Investigación Operacional" o "Investigación de Operaciones".

En 1947 George Dantzing desarrolló un método para resolver un Programa Lineal, constituyéndose así en el pionero de la Ciencia Gerencial.

En 1950, se establecieron dos Sociedades Profesionales: la ORSA (Operations Research Society of América) y el TIMS (Institute of Management Science).

Antes de la invención y generalización del Computador, las aplicaciones de la ciencia gerencial fueron muy limitadas.

Hacia el final de los años 50's ya se habían desarrollado las herramientas fundamentales de la ciencia gerencial.

A principios de la década de 1960 se establecieron los primeros programas académicos formales de ciencia gerencial en las universidades americanas.

##### IV.2 El Enfoque de la Ciencia Gerencial

La ciencia gerencial emplea tres (3) fases:

###### A. La Fase de FORMULACION

En la cual se hace la transformación de la descripción verbal de un problema a un **MODELO MATEMATICO**.

(Un modelo matemático es una representación matemática de la solución o decisión de un problema, o de una aproximación aceptable a dicha solución).

En esta fase formulativa, el gerente científico enfrenta el siguiente dilema: "...se desea que el modelo matemático sea lo suficientemente complejo para que refleje de una manera apropiada el problema que se debe solucionar pero, al mismo tiempo, se desea que sea lo suficientemente simple para ser matemáticamente tratable".

###### B. La Fase de ANALISIS

El gerente científico emplea cálculos matemáticos (usualmente hechos en un computador, mediante un paquete de software) para convertir el modelo matemático en un resultado numérico en el cual basar la decisión.

###### C. La Fase de IMPLEMENTACION

En esta fase, ese resultado numérico se convierte en una recomendación acerca de una decisión real del problema.

Entre mayor sea el grado de precisión alcanzado en la representación del modelo matemático que identifique el problema a solucionar, más fácilmente será la fase de implementación.

Fig. 1 <sup>3</sup>

"Las 3 fases del enfoque de la Ciencia Gerencial"



##### IV. 3 Diferentes Clases de Modelo Matemáticos

###### a. Modelos Determinísticos

En este tipo de modelos no hay incertidumbre sobre la información, y tampoco hay incertidumbres sobre las consecuencias de una decisión.

<sup>2</sup> En lo correspondiente al "Management Science", este escrito corresponde a una traducción, adaptación y resumen de "Management Science" de Andrew W. Shogan. Prentice Hall Edit, hecha por Jaime Sicard.

<sup>3</sup> Los gráficos, son también tomados, adaptados y traducidos por J. Sicard, de "Management Science". Andrew W. Shogan.

**b. Modelo Estocástico (modelo probabilístico)**

El gerente científico deberá emplear este tipo de modelo, cuando el problema a solucionar incluya por lo menos un grupo de datos sobre los cuales haya considerable incertidumbre. Por ejemplo: la compra de una póliza de seguros, introducción de un nuevo producto en un sector del mercado, invertir en un nuevo diseño de modas, invertir en determinados bonos, dentro de un portafolio de inversiones.



Resumiendo: En un modelo Determinístico hay poca incertidumbre acerca de los datos o información, y -por consecuencia- acerca de las consecuencias de la decisión. En un modelo Estocástico hay considerable incertidumbre.

**IV.4 Aplicaciones de la Ciencia Gerencial**

Se pueden señalar, entre otros, estos ejemplos:

**A. Finanzas**

- Presupuestación de capital
- Administración de ingresos y egresos de caja
- Administración del portafolio de inversiones
- Comercialización de bonos
- Análisis de costo-beneficio en Finca Raíz
- Procedimiento para decisión de otorgación de créditos

**B. Marketing**

- Selección de medios publicitarios
- Consecución de espacios para exhibición de mercancías
- Selección y consecución de espacios para anunciar mercancías en un catálogo
- Diseño de distritos de ventas, y administración de personal de ventas
- Establecimiento y ubicación de bodegas regionales, y distribución de productos en esas bodegas

**C. Manufactura**

- Diseño de planta
- Consecución de materias primas
- Administración de inventarios
- Planeación y presupuestación de la producción
- Planeación de la mano de obra
- Determinación del número y localización de planta (Fab). y distribución de los productos desde esas plantas a bodegas regionales
- Selección de equipo controlador de polución

**D. Operaciones**

- Planeación de las operaciones de una aerolínea
- Cambios en las operaciones de un restaurante de comidas rápidas.
- Expansión de ferrovías para ferrocarril
- Determinación de las rutas de vehículos repartidores de pedidos.
- Administración de las reservas de habitaciones hoteleras o asientos de una aerolínea.

**IV.5 Limitaciones de la Ciencia Gerencial**

- La ciencia gerencial no toma las decisiones, ayuda a tomar decisiones.
- Para que exista una exitosa aplicación de la ciencia gerencial siempre se debe empezar con la existencia de un problema gerencial real.
- La ciencia gerencial no resuelve los problemas desde la oficina. Es necesario implementarlos en el sitio de trabajo operativo.

**V. QUE INCLUYE LA CIENCIA GERENCIAL**

**V.1 "Programación Lineal"**

Esta técnica, actualmente se conoce como "Optimización Lineal". El objetivo "lineal" se refiere al uso de ecuaciones lineales, y de "inecuaciones" en la formulación de los modelos matemáticos.

**Aplicaciones de la Programación Lineal**

- Planeación de la Producción
- Planeación de Inversiones
- Distribución de Productos
- Planeación de Personal

**Elementos comunes en todas las Programaciones Lineales**

- Decisiones
- Objetivos
- Limitaciones

**Qué es la Programación Lineal**

Es un método cuantitativo para tomar un conjunto de decisiones óptimas, que están inter-relacionadas por limitaciones en los recursos que las decisiones

conjuntamente consumen, y/o en los objetivos a cuyo alcance, las decisiones conjuntamente contribuyen.

En un Programa Lineal, tanto los objetivos como las limitaciones se expresan en forma de:

- A. Funciones Lineales
- B. Ecuaciones Lineales
- C. Inigualdades Lineales

Ejemplos:

**A. Función Lineal:**

$$5 X_1 - X_2 + 7 X_3 + 2 X_4$$

incluye 4 variables, exponente = 1

**B. Ecuación Lineal**

Es simplemente una función lineal hecha igual a una constante

Ecuación lineal con 4 variables:

$$5X_1 - X_2 + 7X_3 + 2X_4 = 60$$

La Función Lineal se puede graficar:

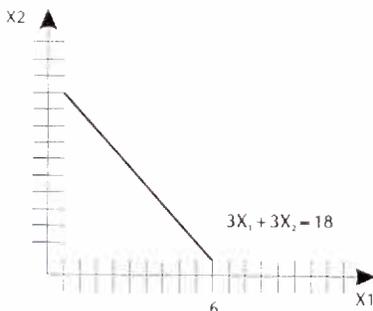
Ejemplo:

$$3X_1 + 2X_2 = 18$$

Si  $X_2 = 0 \rightarrow 3X_1 + 2(0) = 18$   
 $X_1 = \frac{18}{3} = 6$

Si  $X_1 = 0 \rightarrow 3(0) + 2X_2 = 18$   
 $X_2 = \frac{18}{2} = 9$

Fig 2



**C. Inigualdad Lineal**

Es simplemente una ecuación lineal con el signo = reemplazado por un signo > (mayor a, o igual a), o un signo < (menos que, o igual a)

**Graficación de una Igualdad Lineal**

Consideramos la igualdad:

$$3X_1 + 2X_2 < 18$$

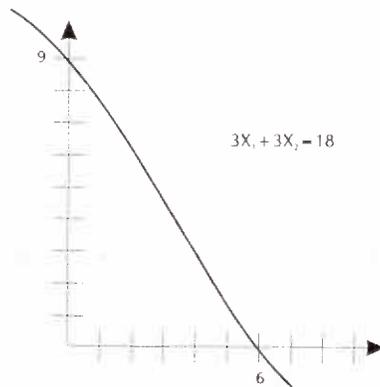
Procedimiento:

1. Convertir la igualdad en ecuación:

$$3X_1 + 2X_2 = 18$$

2. Graficar la ecuación frontera:

Fig 3



3. Determinar cual medio - plano satisface la igualdad

Si un programa lineal tiene una solución óptima, entonces puede ocurrir uno de los siguientes casos:

- a. Optimalidad Unica
- b. Optimalidad Múltiple

**Infactibilidad y Ilimitabilidad**

No todas las programaciones lineales tienen solución óptima.

**INFECTIBILIDAD E ILIMITABILIDAD**

**a. Infactibilidad**

Cuando no existe la región factible ocurre la **Infactibilidad**. La programación lineal no tiene solución óptima, porque no hay solución factible.

**b. Ilimitabilidad**

En este caso, la programación lineal no tiene solución óptima, porque el valor objetivo puede ser infinitamente positivo ( $\alpha$ ) si se maximiza, o infinitamente negativo ( $\alpha$ ), si se minimiza.

### Optimalidad Unica

Ocurre cuando la programación lineal tiene una óptima solución, y esta está en un "punto esquina" del gráfico.

### Optimalidad Múltiple

Ocurre cuando la programación lineal tiene un número infinito de soluciones óptimas, pero por lo menos dos son soluciones que están en "punto esquina" del gráfico.

### Limitaciones de la Programación Lineal

Son 3:

#### A. Linearidad

En un programa lineal la función - objetivo, y las limitaciones o restricciones del lado izquierdo del gráfico, son funciones lineales.

#### B. Divisibilidad

Un supuesto subyacente de la Programación Lineal, es que las decisiones variables representan actividades que son divisibles.

#### C. Data Determinística

El "producido" (output) de la Programación Lineal está compuesto por los valores óptimos de las decisiones variables.

La Programación Lineal, finalmente, incluye el Análisis de Sensibilidad Gráfico, y la interpretación de la información producida por el computador.

### Aplicaciones de la Programación Lineal

En la Administración, la Programación Lineal tiene múltiples aplicaciones, por ejemplo:

- En problema o dilema de "producir - o - comprar"
- En un problema de planeación de producción e inventarios
- En un problema de planeación financiera
- En un problema de distribución física
- En un problema de presupuestación de personal
- Para coordinar dos o más tipos de decisiones (Producción-Publicidad; y Capacidad de Expansión).

- Para decidir sobre un proceso de Producción compartido
- Para decidir sobre problemas de redes de costo mínimo
- Para decidir sobre "Leasing"
- Para distribuir la carga de un buque, un tren o un aeroplano
- Para minimizar las pérdidas de productos
- Para solucionar problemas de costos de tanqueo de aeroplanos

Inclusive ... para planear la Economía de un país.

### V.2 El Método Simplex

Dentro de la Programación Lineal, la Ciencia Gerencial, emplea el **METODO SIMPLEX**, que es un método algebraico para resolver programas lineales.

Para ser más específico: el Método Simplex es un método algebraico para moverse desde una solución básica factible, hasta una solución básica factible, adyacente.

El Método Simplex tiene 3 características :

a. Está constituido por 3 pasos básicos, que repiten una y otra vez, hasta que la solución óptima de la Programación Lineal es identificada

Esta repetición de esos 3 pasos básicos se conoce como la INTERACCION

b. Los cálculos numéricos que se requieren para cada interacción del Método Simplex, involucran no solamente las operaciones matemáticas básicas de adición, sustracción, multiplicación y división, sino la construcción de algoritmos externos y complejos.

c. Cuando la Programación Lineal envuelve solamente dos variables de decisión, los cálculos numéricos requeridos por la interacción del Método Simplex, pueden ilustrarse usando un gráfico de la región factible de Programación Lineal.

El Método Simplex ha sido diseñado para trabajar con restricciones estructurales que se expresan en ecuaciones, no en desigualdades (inecuaciones), para lo cual deberemos transformar un Programa Lineal con una igualdad, reemplazando una restricción estructural del tipo con dos restricciones.

1. Una igualdad obtenida de la restricción  $<$  mediante la adición de una variable débil a la restricción del lado izquierdo, y cambiando el signo a un signo  $=$ .
2. Una restricción no negativa en la variable débil.

**Como se resuelve un Programa Lineal por el Método Simplex?**

El Método Simplex es un método algebraico de movimiento desde una solución básica factible, hasta una solución adyacente básica factible.

Cada movimiento sucesivo se conoce como una INTERACCION del método simplex. Cada interacción hace progresos hacia la identificación de la solución óptima básica factible, porque el método simplex garantiza que el movimiento desde una solución básica factible, con un bajo valor objetivo, hasta una solución básica factible con un valor objetivo más alto.

Así, el método simplex nunca se puede mover hacia una solución básica factible, que haya sido previamente "visitada".

Como cada interacción visita una nueva solución básica factible, con un valor objetivo incrementado, y como hay solamente un número finito de soluciones básicas factibles, el método simplex terminará en un número finito de interacciones en la solución óptima básica factible.

**Construcción de un Tablero Simplex**

Los cálculos numéricos que serán necesarios efectuar para seleccionar la variable básica de entrada, y la variable básica de salida requieren de álgebra. Seremos capaces de emplear ésta álgebra más rápida y con menos errores, si organizamos la data en un formato tabular conocido como "Tablero Simplex".

**Degeneración**

Hay un fenómeno que puede causar dificultades en la ejecución del método simplex. Es la degeneración.

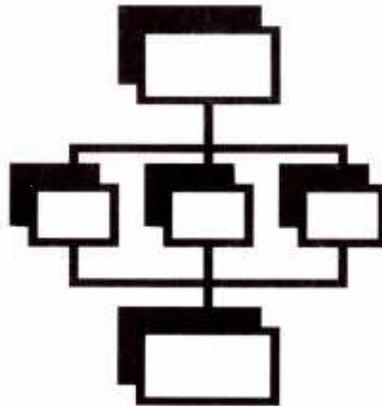
Una solución básica factible es una solución factible básica degenerada cuando una o más de las dos variables básicas tienen un valor de "0".

Una solución factible básica no esta degenerada, cuando todas las variables básicas tienen valores positivos.

Esta degeneración se puede ilustrar gráficamente en forma bidimensional, pero no necesariamente en forma tridimensional.

**Análisis de Sensibilidad del Coeficiente de una Función - Objetivo**

El Tablero Simplex óptimo, se puede usar para determinar el margen de optimalidad del coeficiente de la función-objetivo. Esto se llama "Análisis de Sensibilidad" de las restricciones estructurales.



**V.3 Problemas de Optimización de Redes**

La decisión para solucionar un problema, se puede representar gráficamente si es un "problema de flujo de un mínimo costo a través de una red" de módulos interconectados por "areas".

Esa representación gráfica de la red tiene las siguientes características:

A. Junto a cada módulo de la red, hay un suministro de un insumo .

Si hay un suministro negativo esto indica que hay una demanda.

Dependiendo si cada suministro en el módulo es positivo, negativo, o "0", el módulo se clasifica como "Módulo Fuente", "Módulo sumidero", o "Módulo Transembarcado".

B. Junto a cada arco hay tres números que representan el costo unitario del flujo en el arco, un límite superior para el flujo en el arco, y un límite inferior para flujo en el arco.

Para formular un tipo especial de programa lineal para solucionar un problema de una red de flujo de mínimo costo, se procede como sigue:

- Determinar la variable de adición para cada arco.
- Determinar la "ecuación de balance de flujo" en cada módulo ("flow out" of the nodus - "flow into" the nodus = nodes supply).
- Determinar las limitaciones estructurales, especificando simplemente los límites superior e inferior en las variables de decisión.

Los "arcos" pueden ser directos (indican la orientación del arco de su nódulo hacia el otro), y se representan con una "Flecha"; hay arcos indirectos, que indican que el flujo puede ser de un nódulo a otro, o viceversa. Se representa con una línea sin flechas, o con flechas reciprocas.

Los programas lineales de "redes", son de los más usados en Programación Lineal y han salvado millones de dólares al año en costos de transporte, en las industrias de Estados Unidos.

Hoy en día los problemas de "redes de mínimo costo" pueden resolverse en Software de redes, tales como el NETSOLVE, NETOPT, etc. Por medio de estos software se pueden resolver problemas de mínimo costo, transporte, de asignación de tareas, minimización de costos, distancias o tiempo en un viaje de un nódulo a otro a través de redes; problemas de "máximo flujo" donde hay que maximizar el flujo por unidad de tiempo de un nódulo específico a otro.

#### V.4 Programación Lineal "Entera" PLE

Una, o más de las variables de decisión de una óptima solución de Programación Lineal, puede asumir valores "no enteros". ( Por ejemplo :

Una variable de decisión con un valor no entero, tiene plena interpretación en muchos casos (ejemplo, en una mezcla de insumos para un producto, en producción por hora etc)

Pero, en muchos otros contextos de variables de decisión, estas son unidades indivisibles (ejemplo: una aerolínea no puede solucionar su problema de expansión comprando 5 4/9 de un avión 727 o 1 1/2 de un avión 747.

Acá se requiere la "Programación Lineal Entera". La solución óptima de un Programa Lineal "entero", es mucho más difícil que la solución óptima de un Programa Lineal que tenga el mismo número de variables de decisión y restricciones estructurales.

Para solucionar una PLE, se requieren unos algoritmos específicos. PLE se clasifica en: Pura, Mixta, Binaria y General.

Esta PLE puede emplearse para solucionar:

- Problemas de presupuestación de capital
- Problemas que contienen "cargos o costos" fijos
- Problemas de bonificaciones a contratos
- Problemas de ubicación de plantas
- Análisis de posicionamiento en investigación de mercados

Los problemas de la PLE, también se pueden solucionar con un Software específico, y mediante una solución gráfica

#### V.5 Gerencia de Proyectos

Frecuentemente, un gerente debe planear y ejecutar un proyecto que enlace gran cantidad de actividades diversas, pero independiente. Esta actividad corresponde a la CIENCIA GERENCIAL, que hace y responde las siguientes preguntas:

- 1.Cuál es la duración estimada de un proyecto\_
2. Cuáles son las actividades "cuello de botella" del proyecto?
3. Cuál debe ser el programa de tiempo inicial y final de cada una de las actividades del proyecto?
4. Cuáles son las implicaciones de la programación de actividades?
5. Ya que un proyecto nunca se desarrolla exactamente según se planeó, cómo puede conocer el Gerente de Proyectos, de manera rápida y reaccionar ante las sorpresas que afectan desfavorablemente el proyecto?

La gerencia de proyectos abarca 3 fases:

1. Formulación de Proyecto (descomposición del proyecto, especificación de las relaciones precedentes, estimación de la duración de actividades, construcción de la red.
2. Planeación y Programación : cálculo de la prelación de cada actividad, en lo referente al tiempo de iniciar y de terminar; cálculos de los "cabos sueltos", y la ruta crítica. Programación de esas actividades.
3. Monitoreo y Re-planeación: monitoreo de las actividades del Proyecto; re-planeo de la parte del proyecto que no se realizó.

Las técnicas principales de la Gerencia de Proyectos son el PERT y el CPM, y sus variaciones con duraciones ESTOCASTICAS, y de TIEMPO (no como algo fijo, sino como función controlable del costo de oportunidad del dinero).

#### V.6 Análisis de Decisiones

Como si todo lo atrás escrito (y solo someramente) fuera poco para explicar lo que es la CIENCIA Gerencial), aún es más. Uno de los tópicos principales de la Ciencia Gerencial es el ANALISIS DE DECISIONES.

En la mayoría de las decisiones a los problemas de la vida real, las consecuencias de las decisiones que se tomen son inciertas.

El ascenso en la carrera de un gerente depende en gran medida de las decisiones que tome bajo esa incertidumbre.

Consecuentemente, dicho gerente se beneficiará aprendiendo un método lógico para analizar los problemas en los cuales las decisiones tengan consecuencias inciertas. Este método se llama Análisis de Decisiones.

Al contrario de lo que ocurre con la Programación Lineal, el Análisis de Decisiones no requiere de la eliminación de toda incertidumbre.

En vez de esto, dicho análisis de se relaciona con la incertidumbre en una forma lógica, que reduce el rol que juega "la suerte" en las consecuencias eventuales que produce una decisión.

Hay que advertir, sin embargo, que el Análisis de Decisiones no garantiza una consecuencia correcta de una decisión; solo produce una buena decisión y es necesario distinguir entre "una buena decisión" y "una buena consecuencia". El Análisis de Decisiones es un método lógico para obtener buenas decisiones. Aún después que se ha tomado una buena decisión, la suerte puede determinar cuando esa buena decisión resulta en una buena consecuencia. Sin embargo, si un gerente usa consistentemente el Análisis de Decisiones para tomar buenas decisiones y otro gerente no lo hace, el primero obtendrá buenas consecuencias más frecuentemente que el segundo.

#### Estructura del Análisis de Decisiones:

Se conoce como "Single-stage-decisión-analysis problem". Tiene estas características:

- El gerente relaciona una entre varias decisiones alternativas

- Después que el gerente toma su decisión, él sabe que pueden ocurrir uno de varios eventos alternativos. Sin embargo, el tiene incertidumbre acerca de cual evento va a ocurrir, porque este depende de las circunstancias y fuerzas fuera de su control.

- Las consecuencias precisas de una decisión, no serán conocidas hasta que ocurra el evento incierto.

Esos eventos inciertos alternativos se conocen como ESTADOS ALTERNATIVOS DE LA NATURALEZA.

Para evaluar un "Single-stage decision-problem" se emplea una MATRIZ DE PAYOFF, que es un arreglo rectangular de números que especifican las salidas de dinero (payoff) para cada posible combinación de decisiones, y estado de la naturaleza. Hay varios criterios para tomar decisiones basadas en la Matriz PAYOFF.

1. Criterio MAXIMAX, en el cual primero se identifica el máximo egreso necesario para cada decisión y luego se selecciona la decisión que maximice ese máximo egreso (pago). Este criterio está basado en el máximo optimismo.

2. Criterio MAXIMIN, este criterio está basado en el máximo pesimismo.

Este criterio, primero identifica el mínimo egreso (pago) para cada decisión y luego selecciona la decisión que maximice ese mínimo egreso (pago).

3. Criterio Regret MINIMAX

Cuando el gerente tiene una preocupación por la futura evaluación de su decisión, después que el estado de la Naturaleza sea conocido con certeza, puede entonces emplear éste criterio, entonces deberá transformar la Matriz Payoff, en una "Matriz Regret" (Regresiva), reemplazando cada pago (egreso) de una columna de la Matriz Payoff, por la diferencia obtenida mediante la sustitución del "Payoff" de la columna del máximo "Payoff".

Cuando se ha transformado la "Matriz Payoff" en una "Regret Matriz", el criterio Minimax (regresivo) se emplea de la misma forma pesimista del criterio Maximin. Obsérvese que, a la vez que el criterio Maximin y el Miximax regresivo son ambos pesimistas, sirven para seleccionar diferentes decisiones.

#### Criterio de toma de decisiones Probabilisitca

Se refiere al criterio de toma de decisiones que requieren probabilidades que deben ser asignadas a los estados alternativos de la naturaleza.

#### Como asignar probabilidades?

Esta acción se conoce como el fijación (assesing) de la probabilidad del evento.

Hay dos tipos de probabilidades:

#### Probabilidad Objetiva

Basada en la data historia, la experimentación estadística y el análisis científico.

Vg: La probabilidad que un restaurante de comida rápida venda un número específico de hamburguesas entre las 5 a 9 p.m., un sábado.

**Probabilidad Subjetiva**

Está basada en las creencias o experiencias personales.

Vg: La probabilidad de que una nueva empresa de negocios sea exitosa. Un gerente, al tomar decisiones, debe tener sumo cuidado, si emplea la probabilidad subjetiva. Las probabilidades son las bases para todo el análisis posterior. Consecuentemente, nuestro análisis solo puede ser tan confiable como sea el aseguramiento de las probabilidades.

**V.7 Criterio del Valor Monetario Esperado**

Es el criterio más frecuentemente usado. El VME selecciona la decisión cuyo "Payoff" tenga el valor más alto esperado.

Para emplear este criterio, se procede así:

A. Se emplea una "rueda" probabilística para asegurar la probabilidad de cada alternativa Estado de la Naturaleza.

B. Para cada decisión, se calcula su VME, sumando los productos obtenidos al multiplicar el egreso (payoff) necesario para cada Estado de la Naturaleza, por su probabilidad asociada.

C. Seleccionar la decisión que tenga el VME más alto.

El criterio VME es más apropiado cuando el gerente que toma decisión encuentra un idéntico problema muchas veces, y puede "jugar" a la ocurrencia de promedios de eventos. Pero el criterio VME es inapropiado cuando quien toma la decisión encuentra el problema solamente un pequeño número de veces, cuando una gran pérdida podría ser catastrófica, o cuando la varianza de los "payoff" potenciales es importante.

**V.8 El "Arbol de Decisiones"**

Para el análisis de Decisiones, el "Arbol de Decisiones" se presenta como una alternativa a la "Matriz Payoff" y que sirve para analizar un problema dentro de un campo de operaciones simple. El Arbol de Decisiones, en lugar de una representación tabular del problema a solucionar, provee una representación gráfica. Se llama "Arbol de Decisiones" porque, rotando a la izquierda 90 grados, produce una estructura que semeja un árbol. Se acostumbra orientar el árbol de izquierda a derecha.

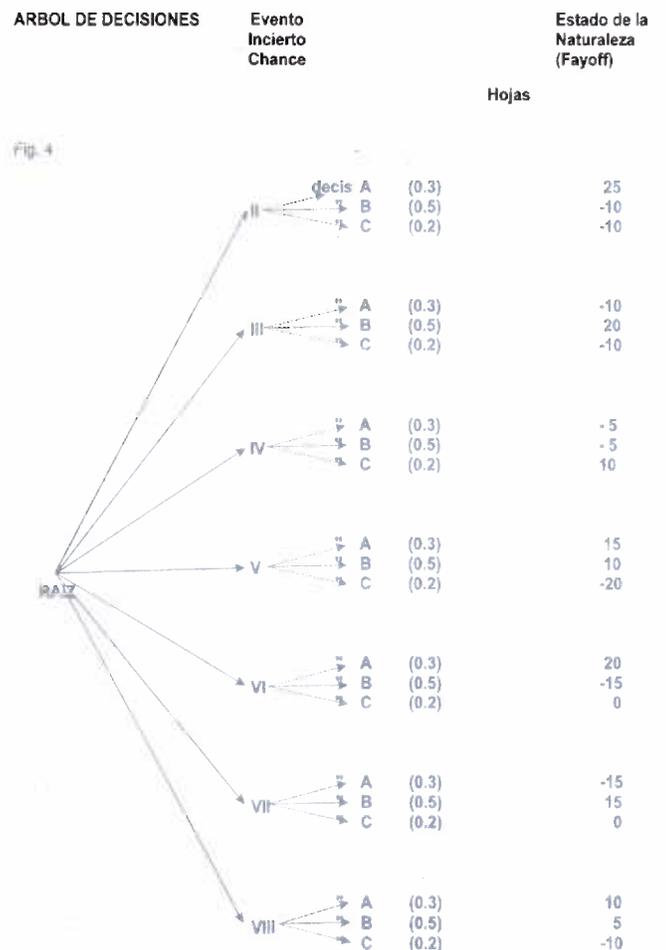
- Un árbol de decisiones consiste en NODULOS (nodos) (sean círculos o rectángulos) interconectados por RAMAS (brazos), representados por líneas.

- Una decisión se representa por un nódulo rectangular del cual emana una rama para cada decisión alternativa.

- El primer nódulo en un árbol de decisiones, se conoce como la RAIZ del árbol de decisiones.

- Un evento incierto se representa por un nódulo circular del cual emana una rama para cada alternativa estado de la naturaleza. Este nódulo circular se llama un "Nódulo Chance".

Se acostumbra acompañar a cada rama emanada de un "Nódulo Chance" con una breve descripción del estado de la naturaleza que representa, pero también con la probabilidad de que ocurra el estado de la naturaleza. Para facilitar la identificación, se acostumbra distinguir cada "Nódulo Chance" con un número romano. Al final de cada rama, en el extremo derecho del árbol de decisiones, hay pequeños puntos llamados "Hojas", cada hoja representa una de las posibles vías de terminar y decidir sobre un problema. Consecuentemente, identificamos cada hoja, con el "payoff" recibido para esa particular forma de terminación.



A la construcción de un árbol de decisiones se llama "Cultivo del Arbol de Decisiones".

Al "cultivar" un árbol de decisiones es importante que el árbol represente apropiadamente la cronología del proceso de toma de decisiones. De esta manera, una decisión entre las alternativas A,B,C, (por ejemplo) debe tomarse ANTES de que ocurra uno de los eventos inciertos del Estado de la Naturaleza A,B,C.

Cuando un árbol de decisiones "ha crecido", provee una representación del problema a decidir, que es más atractivo que la representación tabular de una "Payoff" Matriz.

Pero, su utilidad vá más allá de su representación gráfica. Es posible usar un árbol de decisiones para identificar la decisión óptima bajo el criterio VME, u otro criterio cualquiera.

**La "poda" del árbol de decisiones**

El proceso de identificar la decisión óptima entre las diferentes opciones que ofrece el árbol de decisiones se conoce como "La poda" (podar) el árbol de decisiones.

Esta "poda" se diferencia dependiendo de si se poda su nódulo chance, o un nódulo decisorio.

**V.9 Valor Esperado de la Información Perfecta**

En muchos problemas a solucionar, se le presenta al gerente la oportunidad que permitiría asegurarse más sobre las probabilidades para los Estados alternativos de la Naturaleza. Por ejemplo, cuando una empresa está considerando introducir un nuevo producto a un nivel nacional, y primero ensaya el mercado de dicho producto a nivel regional.

En este ejemplo la decisión sobre si se requiere información adicional. está basada en la comparación del costo de adquisición de la información, versus el "payoff" aumentado resultante de la mayor capacidad para tomar una mejor decisión.

Cálculo del Valor Esperado de la Información Perfecta (VEIP)

Se puede hacer mediante un enfoque tabular basado en una matriz de "payoff" o se puede emplear el método del árbol de decisiones.

Se puede calcular el VEIP, usando la siguiente fórmula:

$$VEIP = \begin{matrix} \text{Máximo} \\ \text{valor monetario} \\ \text{esperado (MVME)} \\ \text{con perfecta} \\ \text{información} \end{matrix} - \begin{matrix} \text{Máximo} \\ \text{valor monetario} \\ \text{esperado (MVME)} \\ \text{disponible, sin} \\ \text{información adicional} \end{matrix}$$

Es deseable tener un criterio para toma de decisiones que tenga en cuenta la actitud hacia el riesgo de quien toma la decisión. Las bases para desarrollar ese criterio se encuentran en la TEORIA DE LA UTILIDAD.

Esas actividades pueden ser:

- Aversión al riesgo
- Neutralidad ante el riesgo
- Buscar el riesgo

Ejemplo:

Aversión al riesgo = comprar póliza de seguros.

Buscar el riesgo = comprar un billete de lotería

**V.10 Concluyendo sobre el Análisis de Decisiones**

La Ciencia Gerencial nos enseña que :

Podemos tomar decisiones para resolver problemas, basándonos en un solo criterio. Pero este método es inapropiado en el mundo real de los negocios.

Cuando un gerente se enfrenta a la necesidad de tomar decisiones para resolver un problema, él puede emplear la técnica conocida como Análisis de Decisiones con Multi-criterios.

Pero, hay que considerar que en la vida de negocios, el asunto no es tomar decisiones por parte de un gerente. La incertidumbre surge no solamente de las consecuencias de las decisiones de ese gerente, sino de las consecuencias de las decisiones que tomen los competidores de ese gerente. Para eso, precisamente, existen la serie de conocimientos que la Ciencia Gerencial conoce con el nombre de ANALISIS DE DECISIONES COMPETITIVAS.

**VI. GERENCIA DE INVENTARIOS**

**Inventario** : Es una cantidad de items conservados en almacenaje, para ser empleados en una futura necesidad.

En la Gerencia de Inventarios se llama DEPLECION, la renovación de items del inventario para ser usados y REAPROVISIONAMIENTO a la adición de items al inventario.

Mediante modelos matemáticos se puede ayudar a gerenciar la Depleción y el Reaprovisionamiento de un inventario. Esta acción se llama Gerencia de Inventarios.

#### Alto Nivel de Inventarios

Este "tipo" de inventarios tiene varios argumentos en contra:

- Es equivalente a tener capital "ocioso".
- Un inventario, requiere espacio. Un alto inventario, requiere más espacio, y esto cuesta.
- Los costos de mantenimiento del inventarios (seguros, alarmas, vigilancia, etc) aumentan a medida que aumenta el nivel de inventarios.
- El inventario puede ser saqueado, o volverse obsoleto.

Pero a favor también hay varios aspectos:

- Protege contra un aumento inesperado de la demanda.
- Las compras en gran cantidad (que favorecen altos inventarios) pueden significar grandes descuentos en precios.
- Protege contra una escasez de materias primas, que se prevea.

La gerencia de inventarios puede ser simple o compleja, según el número de items que constituyan el inventario.

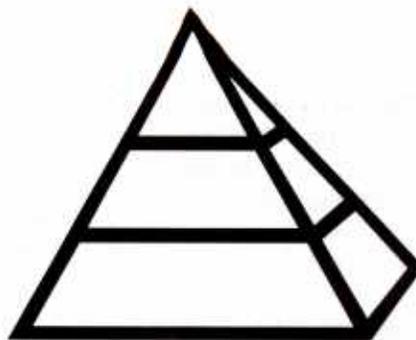
El dilema fundamental de la gerencia de inventarios es la presencia simultánea de argumentos en pro y contra de tener un alto nivel de inventarios.

Por una parte, una organización debería tener un bajo nivel de inventarios, para evitar el costo de oportunidad del inventario. Por otro lado, la Organización debería mantener un alto nivel de inventarios, primordialmente para dar buen servicio a sus clientes. Un apropiado balance entre estos "contras" y "pros" de los inventarios puede lograrse usando modelos matemáticos.

#### Características del Sistema de Inventarios

##### A. Items perecederos vs. Items no perecederos

Perecedero es el que se puede deteriorar o volverse obsoleto.



##### B. Ordenes vs. Producción

Estas son las dos maneras de re-suplir un inventario, solicitar items a un proveedor o producirlos internamente.

##### C. Ubicación simple vs. Ubicación múltiple

En el inventario de ubicación simple los items son tomados de allí, directamente para satisfacer la demanda.

En la ubicación múltiple, los inventarios están almacenados en varias localidades, cuando un item sale del inventario, no siempre va a satisfacer la demanda, sino simplemente va de una localidad a otra.

##### D. Horizonte de Planeación

Es el número de períodos de tiempo (por ejemplo, semanas) en el cual se deben tomar las decisiones de inventarios.

##### E. Demanda Determinística vs. Demanda Estocástica

- Un item tienen demanda determinística, cuando se conoce con certeza la demanda para cada período en el horizonte de planeación.

- Un item tiene demanda estocástica, cuando esta demanda no es determinística, sino gobernada por una probabilidad de distribución específica.

##### F. Demanda Dependiente vs. Demanda Independiente

Un item tiene demanda dependiente, cuando se puede calcular de manera segura, su demanda mediante planes y programas conocidos. La demanda dependiente es típica cuando un item es un componente de un bien determinado. Una vez que se conoce la programación del bien terminado, se puede calcular la demanda para el componente.

Un item tiene una demanda independiente, cuando su demanda surge de planes o programas que son desconocidos para nosotros.

##### La Política de "Orden" (o Producción)

Hay dos (2) políticas, más usadas:

- Política de revisión periódica
- Política de revisión continua

Tiempo de Primacía Determinística vs. Tiempo de Primacía Estocástica

Tiempo de primacia, es el transcurrido entre la iniciación de una actividad que re-suplirá el inventario y el recibo de los items. Este tiempo puede ser ya determinístico o estocástico.

El "Stockout"

El "Stockout" ocurre cuando la demanda por un item no puede ser satisfecha porque el nivel de inventarios ha llegado a cero.

El gerente de inventarios debe asegurarse que la probabilidad de un "Stockout" sea cero.

Nivel Negativo de Inventarios

Ocurre cuando no hay inventario, y la demanda por un item se vá acumulando y satisfaciendo más tarde, cuando haya inventario. Esto naturalmente tiene costos, incluyendo el deterioro del "good-will".

Pérdida de Ventas

Ocurre cuando no es posible para una empresa tener un nivel negativo de inventarios, porque los clientes no esperan.

Costos

Para decidir sobre las diferentes políticas alternativas de inventarios, el criterio más común es el de COSTO, y este costo tiene dos componentes:

- Componente variable del costo de "ordenamiento"
- Componente fijo del costo de "ordenamiento".

Además, cuando se adiciona un item al inventario, existe un costo asociado con su permanencia allí. Este costo, calculado anualmente, es el Costo anual de Almacenamiento.

Finalmente, hay que considerar el costo del "Stockout", y este varía según resulte un inventario negativo o una pérdida de ventas.

El Modelo Cuantitativo de la Orden Económica (MCOE)

En 1915 F.W. Harris desarrolló lo que se ha conocido como el Modelo Cuantitativo del Orden Económico (MCOE) que fue el primer modelo para la Gerencia de Inventarios, y- también - el primer modelo en todo el campo de la Ciencia Gerencial.

Este modelo, parte de los siguientes supuestos básicos, que se deben especificar para descubrir un sistema de inventarios:

1. El sistema de inventarios incluye un solo item, o items multiples.
2. Los items son perecederos, o nó perecederos.
3. Los items son surtidos por un proveedor, o producidos internamente.
4. El sistema de inventarios es de ubicación simple, o de ubicación múltiple.
5. Cual es el Horizonte de Planeación apropiado.
6. Si la demanda es determinística o estocástica.
7. Si la demanda es independiente o dependiente.
8. Si la política de inventarios que se usara, es una política de revisión periódica o de revisión continua.

Definiendo :

Rata de demanda diaria	= d
Demanda Anual	= D
Costo fijo de "ordenar"	= C <sub>o</sub>
Costo Unitario del Item	= C <sub>i</sub>
Costo "holding" del item por año	= C <sub>h</sub>
Tiempo "muerto" (en días)	= t
Cantidad de la Orden	= Q

Se puede calcular así :

Total Costo Anual =  $TC(Q) = \frac{C_o D}{Q} + C_i D + \frac{C_h Q}{2}$

Cantidad Optima de la Orden =  $Q' = \sqrt{\frac{2 C_o D}{C_h}}$

Número Optimo de Ordenes por año =  $N' = \frac{D}{Q'}$

Tiempo del Ciclo Optimo =  $T' = \frac{Q'}{D}$  años =  $\frac{Q'}{D}$  días

Costo total Optimo Anual =  $TC(Q') = C_i D + \sqrt{2 C_o D C_h}$

Relación del Costo Total anual para una Q nó óptima con el costo total anual para Q' (excluyendo el costo total anual de los costos variables de "ordenar" tanto en numerador como en denominador. =  $R(Q) = \frac{1}{2} \left( \frac{Q'}{Q} + \frac{Q}{Q'} \right)$

Nivel de reordenamiento para una cantidad Q =  $RL = dt$  modulo Q

**EL MODELO DE LA CANTIDAD ECONOMICA DE PRODUCCION MCEP**

Hay dos formas de re-llenar un inventario: ordenar items a un proveedor, o producir los items internamente. El modelo MCOE es apropiado para solicitar a proveedores. Para producir items se requiere del modelo de la Cantidad Económica de Producción (MCEP).

En este caso, los items son producidos internamente. La política de producción es una política de revisión continua, que produce la misma cantidad fija Q, cada vez que se inicia un lote de producción. El costo de la producción de una cantidad de Q items es  $C_o + C_i Q$ , donde  $C_o$  es el costo fijo conocido de un lote de producción y  $C_i$  es el costo unitario conocido de producción de un item.

Durante el lote de producción, los items se producen y agregan al inventario, a una rata constante de "p" items por día, esa rata es equivalente a una capacidad anual de producción de P items.

Definiendo:

- Rata de producción diaria = P
- Capacidad de producción anual = P
- Rata de demanda diaria = d
- Demanda anual = D
- Costo fijo de producción =  $C_o$
- Costo unitario de producción de 1 item =  $C_i$
- Costo "holding" anual de 1 item =  $C_h$
- Tamaño del lote de producción = Q

Se puede calcular:

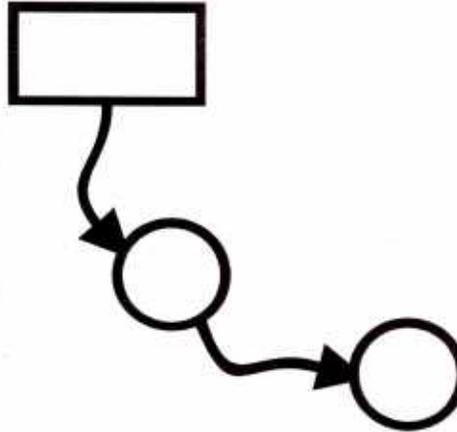
$$\text{Costo anual total} = TC(Q) = \frac{C_o D}{Q} + C_i D + \frac{C_h (1 - \frac{D}{P}) Q}{2}$$

$$\text{Optimo tamaño del lote de producción} = Q^* = \sqrt{\frac{2 C_o D}{C_h \frac{(1 - D)}{P}}}$$

$$\text{Optimo número de lotes por año} = N^* = \frac{D}{Q^*}$$

$$\text{Tiempo del ciclo óptimo} = T^* = \frac{Q^*}{D} \text{ años} \quad \frac{Q^*}{d} \text{ días}$$

$$\text{Optima costo total anual} = TC(Q^*) = C_i D + \sqrt{2 C_o D C_h \frac{(1 - D)}{P}}$$



Los modelos MCOE y MCEP son apropiados para la Gerencia de Inventarios de items con demanda INDEPENDIENTES. La gerencia de inventarios de items con demanda DEPENDIENTE, requiere una técnica conocida como PLANEACION DE REQUISICIONES DE MATERIALES (PRM).

Para los cálculos de PRM se utilizan solamente cálculos aritméticos, pero en una cantidad enorme. Hoy en día, mediante la tecnología de los computadores (aún los PC) esos cálculos son se realizan rápida y eficazmente.

**VII. ANALISIS DE "COLAS" (Línea de espera)**

Una línea de espera, o "cola" se forma cuando la demanda por algún tipo de servicios, excede la capacidad de proveer ese servicio. Ejemplo: la espera en un banco para retirar o consignar.

La "cola" no necesariamente es humana, puede ser de buques esperando descargue, de máquinas esperando reparaciones, etc.

No significa, tampoco, necesariamente una formación física al frente de la estructura física que provee el servicio, puede ser -por ejemplo- una "cola" electrónica que registra el orden en el cual se reciben las llamadas telefónicas.

El estudio matemático de las colas, se conoce como Análisis de Colas o Teorías de Colas.

Los orígenes de esta teoría, se remontan a 1917 cuando el ingeniero telefónico A.K. Erlang (Dinamarca), investigó los problemas de llamadas en un conmutador telefónico. Desde entonces, el Análisis de Colas ha llegado a ser uno de los campos más estudiados de la ciencia gerencial.

El análisis de colas ha recibido tanta atención, porque las "colas" son algo común en una gran variedad de organizaciones con y sin ánimo de lucro. Ejemplo:

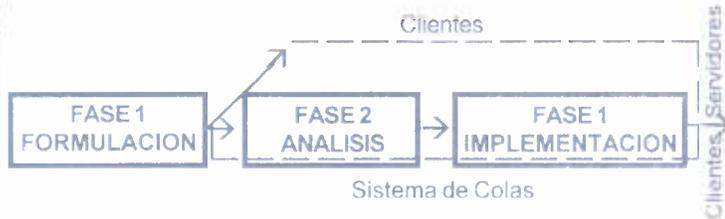
- Memos esperando ser mecanografiados por un "pool" secretarial.
- Aeroplanos esperando aterrizar o despegar en un aeropuerto.
- Pacientes esperando tratamiento en una sala de urgencias de un hospital.

- Casos criminales esperando juicio en un Tribunal.

El análisis de colas en una área altamente matemática. Para entenderla se requiere tener conceptos avanzados en probabilidad y cálculo.

**Estructura fundamental de un Sistema de Colas**

Fig. 5



Para describir un sistema de colas, se deben especificar las siguientes características :

1. Si la "población solicitante" tiene tamaño infinito o finito
2. La distribución probabilística que gobierna el tiempo de inter-arribo, es decir el tiempo entre el arribo de los clientes consecutivos.
3. Si la cola tiene capacidad infinita o finita.
4. Cualquier comportamiento inusual del cliente
5. La disciplina de servicio usada para escoger el cliente en la cola para empezar el próximo servicio.
6. La configuración de las instalaciones para el servicio, que limiten el mecanismo de servicio.
7. El número de servidores en cada instalación de servicio.
8. La distribución probabilística que gobierne el tiempo de servicio de cada servidor esto es, el tiempo requerido para completar el servicio requerido por un cliente.
9. Cualquier comportamiento inusual del servidor.

En un análisis de un sistema de colas, se deberán computar las siguientes características:

- La probabilidad (o porcentaje de tiempo) en la cual un número específico de clientes está presente en el sistema de colas. (Esto incluye la espera de los clientes en la cola y en el propio servicio).

- El promedio de número de clientes en el sistema de colas. (Esto incluye la espera de los clientes en la cola y en el propio servicio).
- El tiempo promedio que cada cliente gasta en el sistema de cola (Esto incluye el tiempo gastado esperando y en el propio servicio).
- El número promedio de clientes en la cola. (Esto excluye el propio servicio al cliente).
- El tiempo promedio que cada cliente gasta en la cola. (Este excluye el tiempo gastado en el propio servicio).

De un sistema recientemente abierto (iniciado) se dice que está en condición transitoria. Después que ha transcurrido suficiente tiempo, las características operacionales del sistema pueden llegar a independizarse de las condiciones iniciales y del tiempo durante el cual el sistema haya funcionado. Cuando esto ocurre, se dice que el sistema de colas está en condición segura o sostenida.

Se requiere ser experto en análisis de colas para estimar la extensión de tiempo necesario para alcanzar la condición sostenida, si es lo que alcanza. Para el análisis de colas necesario en la Administración, se estima que el sistema de colas a analizar, ha venido funcionando hace bastante tiempo, alcanzando notables resultados en algunos campos.

Cálculo e características de operación de un Sistema de Colas

**L** =  $\Sigma$  Promedio (en situación estable) del número de clientes en un sistema de colas.

$$L = \frac{\text{Número de clientes por cada 1000 observaciones}}{1000}$$

**W** = Cantidad (en situación estable) promedio de tiempo que un cliente gasta en el sistema de colas.

$$W = \frac{\text{Tiempo gastado en el Sistema de Colas por 1000 clientes que arriban en tiempos espaciados.}}{1000}$$

**Pn** = Probabilidad (en situación estable) que "n" clientes estén presentes en un sistema de colas.

Conociendo Po, P1, P2,...etc, podemos calcular otras importantes características de operación :

**Po** = Probabilidad que el sistema no tenga clientes presente, o probabilidad que todos los servidores estén ociosos.

En un sistema de multiservidores; si "S" representa el número de servidores, entonces

$$P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_{S-1}$$

Igual a la probabilidad que por lo menos uno de los servidores esté ocioso. Por consiguiente:

$$1 - (P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_{S-1})$$

Igual a la probabilidad que ningún servidor esté ocioso, o, equivalentemente, la probabilidad que llegue un cliente que se una a la cola.

Teoría de las Probabilidades

Para describir un sistema de colas se requiere la especificación de dos probabilidades de distribución :

- La que gobierna los tiempos de "inter-arribo" (llegada)
- La que gobierna los tiempos de servicio

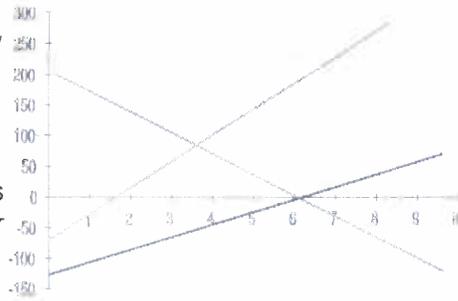
Al escoger una distribución probabilística, se presentan dos objetivos en conflicto:

- Se desea que la distribución probabilística sea suficientemente **complicada**, que refleje en forma segura el arribo de clientes al servicio de los servidores.
- Se desea que sea lo suficientemente **simple** para que el sistema de colas sea matemáticamente tratable, es decir que se puedan deducir fórmulas matemáticas para las características de operación del sistema.

La distribución probabilística que presenta el compromiso más aceptable entre una representación segura y una tratabilidad matemática es la DISTRIBUCION PROBABILISTICA EXPONENCIAL.

De las propiedades de una Distribución Exponencial, podemos asumir que el tiempo de "inter-arribo" tiene una distribución exponencial con parámetro  $\lambda$ , y esto significa que:

- Los clientes arriban a un sistema de colas a una rata dada de  $\lambda$  clientes por unidad de tiempo, y el tiempo entre arribos es  $1/\lambda$  unidades de tiempo.
- El tiempo entre el arribo de clientes será usualmente corto, solamente en ocasiones con un gran intervalo sin llegar un cliente.



- El tiempo hasta que ocurra el próximo arribo, no depende de cuanto tiempo haya transcurrido desde el más reciente arribo.

- Se completa un servicio a una rata de " $\lambda$ " por unidades de tiempo, lo que quiere decir que el tiempo entre cada servicio completo es de  $1/\lambda$  unidades de tiempo.

- El tiempo entre cada servicio completo, será usualmente pequeño, solo de forma ocasional habrá un gran intervalo entre cada servicio completo.

- El tiempo hasta que se presente el próximo servicio no depende de cuanto ha transcurrido desde que se completó el más reciente servicio.

De lo anterior se deduce que una distribución probabilística exponencial es ideal para el cálculo de tiempo de arribo entre cada cliente, pero es a menudo inapropiada para calcular el tiempo de servicio.

Un Sistema Básico de Colas

Es aquel cuyo conjunto de suposiciones es el más elemental posible, y son estas:

1. La población que llega o solicita el servicio tiene tamaño infinito.
2. El tiempo de "inter-arribo" (entre clientes y clientes) tiene una probabilidad de distribución exponencial, o sea, con una rata de arribo de  $\lambda$  clientes por unidad de tiempo (un tiempo de "inter-arribo" de  $1/\lambda$ ).
3. Los clientes esperan en una cola simple que tiene una infinita capacidad.
4. No hay un comportamiento no usual del usuario.
5. La disciplina de servicio es FIFO
6. El mecanismo de servicio consiste en una instalación de servicio única.
7. La instalación única de servicio tiene S" servidores idénticos, cada uno capaz de servir a cualquier cliente.
8. Para cada servidor, el tiempo de servicio tiene una distribución probabilística exponencial con una rata de servicio dada de " $\mu$ " servicios completados por unidad de tiempo (o equivalentemente a un tiempo de servicio dado de  $1/\mu$ ).

9. No hay un comportamiento inusual del servidor.

**Fórmulas para hallar las características de operación de un Sistema Básico de Colas:**

a) Para un Sistema con "Servidor Simple"

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$$

$$P_n = \left[ \frac{\lambda}{\mu} \right]^n \left[ \frac{1 - \lambda}{\mu} \right]$$

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

$$L = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

b) Para un Sistema de "Servidor Múltiple"

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{(\lambda)^2}{2\mu^2} + \dots + \frac{(\lambda)^{n-1}}{(S-1)! \mu^{n-1}} + \frac{(\lambda)^n}{S! \mu^n (1 - \frac{\lambda}{S\mu})}}$$

$$P_n = \begin{cases} \frac{\left[ \frac{\lambda}{\mu} \right]^n}{N!} & \text{Po para } N = 1, 2, \dots, S \\ \frac{\left[ \frac{\lambda}{\mu} \right]^n}{S! S^{n-s}} & \text{Po para } N = S+1, S+2, S+3, \dots \end{cases}$$

$$L_q = \frac{\left[ \frac{\lambda}{\mu} \right]^{n-1}}{(S-1)! \left[ S - \frac{\lambda}{\mu} \right]^2} P_0$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

Los anteriores fórmulas, son válidas para un sistema de capacidad infinita de colas.

Pero, se debe considerar una variación en la cual la cola tiene una capacidad finita, esto es, que la longitud de la cola no puede exceder a un valor finito específico de "m".

Si la longitud de la cola es igual a "m" cualquier cliente que arribe está "bloqueado" al entrar al sistema. Obsérvese que si el sistema de colas tiene "S" servidores, establecer que la cola tiene una capacidad de "m" clientes es equivalente a establecer que todo el sistema de colas tiene una capacidad de s+m clientes.

El sistema de colas copa su capacidad cuando todos los "S" servidores están ocupados y la longitud de la cola está en su máximo valor de "m".

Fórmula para Pn, en un Sistema Básico de Colas con una capacidad de colas Finita:

$$P_n = \begin{cases} \frac{\left[ \frac{\lambda}{\mu} \right]^n}{n!} & \text{Po para } N = 1, 2, \dots, S \\ \frac{\left[ \frac{\lambda}{\mu} \right]^n}{S! S^{n-s}} & \text{Po para } N = S+1, +2, \dots, S+m \end{cases}$$

Taxonomía para los Sistemas de Colas

Las variedades de los sistemas de Colas son virtualmente infinitas. Para contar con medios de especificar un sistema dado, existe una taxonomía basada en la siguiente anotación:

A/B/S

donde A = Código que designa la distribución probabilística que gobierna el tiempo entre llegada de cada cliente (inter-arribo).

B= Código que designa la distribución probabilística que gobierna el tiempo de servicio.

C= Número de servidores

Hay algunos otros códigos, como por ejemplo:

M= Significa que el tiempo de "inter-arribo" o de "servicio" está gobernado por una distribución probabilística exponencial.

D= Significa que, en lugar de ser gobernado por una distribución probabilística exponencial, el tiempo de "inter-arribo" o de "servicio" es una constante conocida (vgr: siempre igual a 5 min).

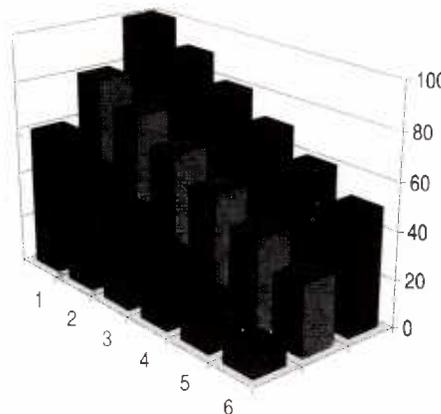
G1 o G representa el tiempo de "inter-arribo" o de "servicio". Está gobernado por una distribución probabilística no especificada, con un significado y varianza conocidos.

Ejemplo :

Un sistema de cola M/G/3 es aquel en el cual el tiempo de inter-arribo tiene una distribución probabilística exponencial, el tiempo de servicio tiene una probabilística no especificada y tiene 3 servidores.

Lo que aquí se ha extractado sobre la teoría de Colas y tomado del capítulo pertinente del gran libro "Management Science" de Andrew W. Shogan (1988), solo es una pequeña parte de todo lo que abarca el Análisis de Colas Contemporáneo.

Desde luego, como tampoco lo hace el libro, no se explica el Análisis Matemático para deducir las fórmulas para las características de operación. Ello se hará posteriormente en el Proyecto de Investigación E.A.N. junto a aplicaciones de Casos de la Gerencia en Colombia.



El objetivo aquí, solo es describir la utilidad que tiene para la gerencia, el Análisis de Colas, ya que dicha gerencia es responsable por el funcionamiento de un sistema de colas. El análisis de colas puede ser tan complejo, que los mismos matemáticos pueden estar imposibilitados para deducir fórmulas para las características de operación. Por eso, esas características se pueden determinar mediante Simulación.

**VIII. SIMULACION**

Una simulación (parte bien importante de la Ciencia Gerencial) es un experimento mediante el cual se intenta comprender como se comportará algo en la realidad, imitando su comportamiento en un entorno artificial lo más aproximado posible a la realidad.

Simulación de un Evento Estocástico mediante un generador numérico al azar :

Un evento estocástico ,es un evento cuyo resultado es incierto.

Para describir un evento estocástico hay que especificar sus resultados alternativos y la distribución probabilística que gobierna la ocurrencia de esos resultados. Si se emplea esta distribución probabilística, se puede simular el evento estocástico sin necesidad de esperar hasta que ocurra realmente.

**Generalizaciones sobre la SIMULACION**

- La simulación crea un entorno artificial que se aproxima a la realidad.
- Dentro de este entorno artificial, la simulación conduce experimentos que serían muy costosos y muy demorados en la realidad.
- Como la simulación involucra la generación de números al azar, la data que estos generan es también al azar.
- Como la simulación genera datos al azar, para obtener resultados seguros se requiere que la simulación consista en gran cantidad de repeticiones.
- A causa de la necesidad de esa gran cantidad de repeticiones, la simulación se maneja mejor en un computador.

- Cuando, mediante una simulación, se intenta escoger entre varias políticas, se recomienda emplear un método de "dos etapas".

La primera etapa consiste en la simulación de cada política para un número específico de repeticiones; la segunda etapa consiste en llevar a cabo repeticiones adicionales, solamente para aquellas políticas que en la primera etapa parezcan tener más posibilidades de ser óptimas.

La política que será escogida, es aquella que, en ambas etapas, tenga el mejor promedio de desempeño.

- Debido a que la simulación genera una data de azar, no existe garantía que la política que se escoja sea actualmente la óptima.

**Recomendaciones para Simulación**

- Saber cuando simular : Como la simulación dá solo valores estimados, se debería emplear solamente cuando no haya manera de calcular los valores exactos.

- Seleccionar un lenguaje para el programa de computador: Siempre puede ser escrito en un lenguaje de propósito general como el BASIC o el FORTRAN. Simulaciones a pequeña escala pueden hacerse en Software LOTUS, 1, 2, 3. Las simulaciones a larga escala se escriben mejor en lenguajes de propósito especial como el GPSS, el SIMSCRIPT o el SLAM.

- Mejorar la simulación de los estimados de simulación: Una forma de mejorar la seguridad de un estimativo obtenido de una simulación, es hacer más largas las repeticiones. Se ha investigado mucho sobre el aumento de la seguridad. Los resultados de estas investigaciones se conocen como TECNICAS DE REDUCCION DE VARIANZA.

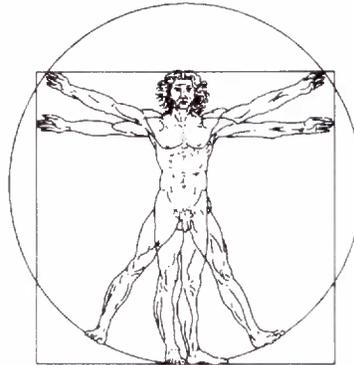
- Validar la Simulación: Es el proceso de verificar si la simulación representa en forma segura el entorno que se trata de imitar.

Hay dos medios de validación:

1. Comparaciones del entorno simulado con el real.
2. Preguntar a aquellos que tienen amplios y personales conocimientos del entorno real, sobre los ejemplos del entorno simulado.

**IX. CONCLUSIONES**

Con esta superficial (y seguramente algo desordenada) descripción sobre los diferentes tópicos que abarcan el amplio conocimiento de lo que hoy se conoce como CIENCIA GERENCIAL (Management Science), y que de nuevo debo advertir ha sido lograda mediante el estudio y transcripción de la Obra "**MANAGEMENT SCIENCE**" de Andrew W. Shogan, escrita en idioma inglés (1988 Prentice-Hall International Editions), creo que se puede concluir :



1. Sí existe un conjunto de conocimientos CIENTIFICOS, sobre la Administración. Este conocimiento, tiene claramente definido un SUJETO Hay personas (científico-gerenciales) que han elaborado el conocimiento a través de un buen número de años, y hay personas para quienes es útil y necesario este conocimiento: los gerentes o administradores.

También hay un algo, un ente-abstracto ideal que constituye lo conocido, es decir el OBJETO de ese conocimiento. Este "algo" los llamamos "**Ciencia Gerencial**".

2. El conocimiento de la Ciencia Gerencial es una reproducción conceptual de la realidad, que se ha producido en el cerebro de los hombres. Todo este conocimiento constituye la TEORIA, propia.

3. Pero, esta TEORIA (y este es el mejor valor para un Administrador o Gerente Profesional) no es una simple contemplación de la realidad, pues poseemos un instrumento teórico, poseemos unos conceptos capaces de aprehender esa realidad; las matemáticas y, mediante ese instrumento teórico podemos llegar a la obtención de finés concretos, solución de problemas, que permitan tomar decisiones acertadas para obtener resultados, también concretos.

4. La Ciencia Gerencial, es ciencia también, porque tiene un método científico. Método que es un modelo general de acercamiento a la realidad, dentro del cual caben las técnicas, los procedimientos que se emplean en las investigaciones científicas.

5. La Ciencia Gerencial, es ciencia, porque requiere de una gran rigurosidad en la conceptualización y además porque es VERIFICABLE. Sus resultados pueden ser comprobables o rechazados mediante la prueba de la práctica.

6. La Ciencia Gerencial es ciencia, porque emplea el RAZONAMIENTO \*DEDUCTIVO, es decir saca consecuencias de principios o supuestos, de tal forma que esas consecuencias pueden ser dadas como válidas, si los principios lo son.

7. La Ciencia Gerencial, no es excluyente, pues no descarta otros conocimientos necesarios, pero que son instrumentales, como los de las Ciencias Sociales o Contables por ejemplo. Pero constituye un cuerpo propio, susceptible de ser enseñado y aprendido.

8. La Ciencia Gerencial, (si se conoce, comprende y aplica) ofrece la posibilidad para dignificar la profesión del Administrador o Gerente, terminando aquello según lo cual el "Administrador es alguien que sabe de todo un poco; pero de nada profundamente".

9. Muchos de los tópicos que se pueden enseñar o aprender sobre la ciencia gerencial, se han enseñado en algunas (al menos) Facultades o Escuelas de Administración en Colombia, pero de una forma dispersa, eventual y concebida como algo de otras "areas" (diferentes a la Administración) especialmente dentro de la enseñanza de las matemáticas, divorciada de los problemas concretos de la Administración y de los Administradores.

10. Y -finalmente- En Colombia estamos en mora de empezar, o hacer énfasis en la Ciencia Gerencial. Nuestro país - en muchas de sus actividades - está lleno de problemas que los gerentes de las organizaciones específicas, no saben resolver. No saben tomar decisiones sobre esos problemas - y, el resultado es una sociedad, una población que sufre las consecuencias de esa ignorancia. Ejemplos, sobran y bastan. Obsérvese - para el caso los problemas de congestión de tráfico, en los Bancos, en las entidades públicas, que podrían resolverse con el Análisis de Colas. O, problemas de Suministros, Costos, etc., que son susceptibles de resolver con la Administración de Inventarios. O, imagínense como podría facilitarse la enseñanza y aprendizaje de la Administración mediante las Simulaciones, por demás aplicables a mil problemas de las Empresas.

## X. BIBLIOGRAFIA

- TAYLOR, Frederick W., "Principles and Methods of Scientific Management" (Harper & Bros) 1911.
- TAYLOR, Frederick W., "Shop Management" 1903.
- FAYOL, Enri, "Administration Industrielle et générale: Prévoyance, Organisation commandement Coordiantion, Contrôle" (1916) Reeditada en 1925 por Dunod, Paris.
- WEBER, May, "The Theory of Social and Economic Organization"... "The Ideal Bureaucracy" traducida al inglés por Talcott Parsons 1947 de The Free Press.
- MC.GREGOR, Douglas, "The Human Side of Enterprise", Copyright, 1960, Mc.Graw-Hill Book Company Inc. Printed in USA.
- URWICK, Lyndall, "The Elements of Administration", Newyork: Harper & Row, 1944.
- MINTZBERG, Henry, "The Nature of Managerial Work", New York: Harper & Row, 1973.
- DRUCKER, Peter F., "Management, Tasks, Responsibilities, Practices", 1973, Curtis Brown Ltd. London, "La Administración como Disciplina".
- SHOGAN, Andrew W., "Management Science", Prentice Hall Edit. 1988, Englewood Cliffs, New Jersey.

### PUBLICACIONES E.A.N.

#### Monografías Multimedia

Autores: Jorge Enrique Espíndola  
Pablo Alberto Ramírez Rocha  
Néstor Raúl Rubiano Castiblanco

#### Gerenciar Juego de Simulación Gerencial 2da. Edición

Autor: Walter Rodríguez Herrera

#### English for Business Administrators

Autor: Myriam Salcedo Muñoz

#### Ensayos de Administración

Autores: Orlando Salinas Gómez  
Yesid Soler  
Johnny Alvarez Jaramillo  
Marco Elías Contreras  
Edison Ospina