



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Contaduría y Administración

**APLICACION DE LA INVESTIGACION DE
OPERACIONES EN EL SECTOR
EMPRESARIAL MEXICANO.**

XOAI

55

**SEMINARIO DE INVESTIGACION ADMINISTRATIVA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN ADMINISTRACION
P R E S E N T A :
OSCAR MARIO VASQUEZ PADILLA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

IN MEMORIAM.

SR. JUAN VAZQUEZ SANCHEZ.

A MI MADRE:

ANA MA. PADILLA VDA. DE VAZQUEZ
POR SU RESPALDO Y PACIENCIA.

A MIS HERMANOS:

JORGE, ARTURO, SERGIO
Y JUAN.

POR SU SINCERA Y FRANCA AMISTAD A:
DON CARPOFORO HERNANDEZ URIOSTEGUI.

CON SINCERO AGRADECIMIENTO A:
C.P. RAFAEL ALVA ESTEVES.
ASESOR DE ESTE TRABAJO.

CON ESPECIAL AGRADECIMIENTO
POR SU AYUDA PRESTADA A MI
HERMANO:
JORGE VAZQUEZ P.

I N D I C E

Pág.

I.-	Introducción.....	1
II.-	Antecedentes.....	2
III.-	Definición y Metodología de la Investigación de Operaciones.....	3
IV.-	Papel que juega la Investigación de Operaciones en las empresas.....	10
V.-	Breve explicación de algunas de las herramientas que utiliza la Investigación de Operaciones.	-12
	a) Teoría de las Probabilidades.....	
	b) Teoría del Muestreo.....	
	d) Simulación.....	
	e) Programación Lineal.....	
	f) Procesamiento Electrónico de Datos.....	
VI.-	Opinión de algunos ejecutivos tanto de empresas mexicanas como transnacionales acerca de la aplicación de Investigación de Operaciones en el Sector Empresarial Mexicano, y porcentajes.....	48
VII.-	Conclusiones.....	54
VIII.-	Bibliografía.....	55

I.- INTRODUCCION.

La investigación de operaciones o, como se ha llamado con frecuencia, "Análisis Operacional" o "Ciencia de la Administración", es una ciencia administrativa que se está aplicando con éxito en un número creciente de empresas. Aún cuando esta ciencia se encuentra en un proceso de maduración, hasta hace poco se le calificó de ciencia en surgimiento y como tal, fue blanco de los elogios exagerados que dan la bienvenida a todo nuevo sistema que no se comprende bien. Muchas de las alabanzas, concedían un futuro tan prometedor como el augurado a la automatización y al procesamiento electrónico de datos. Más aún, alguna de esta publicidad creó la ilusión de que la investigación de operaciones constituía un proceso administrativo rigurosamente nuevo y que el enfoque matemático llegaría a eliminar los requisitos de criterio y experiencia ejecutivos.

En el transcurso de esta investigación se pretende satisfacer dos objetivos fundamentales: el primero, hacer todo lo posible por colocar la investigación de operaciones en su justo lugar por medio del relato de su historia, su definición, relación con la empresa y explicación de algunas de las técnicas que utiliza; y el segundo, determinar en forma porcentual la aplicación de esta técnica en la toma de decisiones para solución de problemas surgidos en las empresas tanto mexicanas como transnacionales.

II.- ANTECEDENTES.

La investigación de operaciones tiene su origen en la planeación de actividades militares nacidas a raíz de la primera guerra mundial, reconociéndose y aplicándose más firmemente a partir de la segunda guerra mundial y constituyéndose en la actualidad como un instrumento esencial para la toma de decisiones dentro del mundo empresarial.

La investigación de operaciones es una continuación de la filosofía de la administración científica que por más de sesenta años ha propugnado una más amplia aplicación de métodos avanzados a los problemas de la dirección de empresas. A este respecto, puede decirse que la investigación de operaciones es la culminación actual de la búsqueda iniciada por Frederick W. Taylor y su enfoque cuantitativo.

En la actualidad además de aplicarse esta técnica dentro de la toma de decisiones empresarial, día a día, se usa cada vez más en áreas tan diversas como la lucha contra los incendios de los bosques, la conservación del agua, actividades agrícolas y mineras, servicios médicos y dentales, así como planeación, a escala nacional, estatal y regional.

III.- DEFINICION Y METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION DE OPERACIONES.

Con el fin de situarnos y tener un punto de partida más objetivo en el desarrollo del presente estudio, se hace necesario iniciar este trabajo con una definición de esta técnica, que si bien no es la única que existe, si resulta la más aceptable entre los especialistas de la materia y es la siguiente:

"La Investigación de Operaciones es la aplicación del método científico al estudio de alternativas en un determinado problema con vista a proveer una base cuantitativa para llegar a una solución óptima en términos de las metas perseguidas".

La metodología que utiliza la Investigación de Operaciones generalmente encierra los seis pasos siguientes:

1.- Planteamiento del problema.- Todo lo relacionado a cualquier problema de planeación, induce al investigador de operaciones a analizar las metas y el sistema en el cual deben operar las soluciones. Este sistema puede incluir la operación de toda una empresa o limitarse a la planeación de cualquiera de las áreas que la integran.

Ahora bien, se puede decir, que una persona o grupo tienen un problema, si se presentan los siguientes considerandos: 1) Tienen uno o más resultados deseados; 2) Se enfrentan con dos o más cursos de acción que tengan alguna, pero desigual eficiencia para lograr los objetivos deseados, y 3) Tienen duda con respecto a cuál curso de acción es el mejor.

De lo anterior, se desprenden los requerimientos necesarios para la solución de un problema, que son los siguientes:

a) Definir sus posibles cursos de acción de aquí-

se identifican las variables controlables.

b) Definir su medio ambiente—de aquí se identifican las variables no controlables; y

c) Definir un criterio de selección—de aquí se identifican sus objetivos y se determina su importancia relativa.

Con objeto de tener una visión más amplia en la formulación de los problemas, es necesario contar con la clasificación de los mismos, que es la siguiente:

Problemas en condiciones de certidumbre.— Este tipo de problemas ocurren cuando el encargado de tomar decisiones conoce el estado de la naturaleza que ocurrirá con absoluta certeza. En tales situaciones, la persona que lleva a cabo el planteamiento conoce el conjunto de sus estrategias posibles; también conoce los resultados correspondientes a cada una de las estrategias disponibles y conoce sus preferencias por los diversos resultados considerados. Unos ejemplos típicos son los siguientes:

a) Problemas de carga de máquinas; es decir, decidir cuantitativamente la asignación de diversas tareas a distintas máquinas, y programación de estas tareas en el taller;

b) Determinación de una mezcla óptima de productos en un presupuesto de producción, ventas, etc.

c) Determinación de las series óptimas de producción, es decir, determinación del número de unidades de los diversos productos que se pueden producir simultáneamente;

d) Determinación de un plan óptimo de transporte para los productos enviados por las fábricas a los diversos puntos de distribución;

e) Determinación de las diversas asignaturas a un cuerpo profesional docente, etc.

Problemas en condiciones de riesgo.- Este tipo de problemas se presenta cuando dos o más estados de la naturaleza sean relevantes, cuando se puedan identificar todos los estados naturales pertinentes y cuando se puedan asignar probabilidades de ocurrencia a esos estados naturales, existirá un planteamiento de decisiones en condiciones de riesgo. Unos — ejemplos típicos serían:

- a) Las descomposturas de las máquinas y las fallas en los procesos de fabricación;
- b) La frecuencia de artículos rechazados por cierto proceso de inspección de calidad;
- c) La distribución de los plazos de entrega a los clientes;
- d) La medición de la productividad en un cierto sector de la obra de mano;
- e) La demanda para ciertos bienes o servicios en cierta área geográfica de la república, etc.

Se hace la observación de que este tipo de problemas en condiciones de riesgo son los más frecuentes en la administración.

Problemas en condiciones de incertidumbre.- Esta última clase de problemas, trata del planteamiento de los mismos en condiciones de incertidumbre, lo cual significa que se desconocen las probabilidades de ocurrencia de los diversos estados de la naturaleza.

En otras palabras, el encargado de tomar decisiones se enfrenta a este tipo de planteamientos cuando se encuentra frente a situaciones que nunca han ocurrido y que tal vez no vuelvan a repetirse en el futuro y en esa misma forma. Cada curso de acción factible llevará a una respuesta específica extraída de un conjunto de respuestas posible; sin embargo,

no podremos saber cuál es la respuesta que obtendremos, ni tampoco podremos aplicar una ponderación de probabilidades a esos resultados posibles. Unos ejemplos típicos son los siguientes:

- a) La demanda a largo plazo de los consumidores de un nuevo producto o servicio;
- b) Las actividades inmobiliarias de carácter especulativo;
- c) La previsión de los cambios tecnológicos;
- d) La previsión del comportamiento de los valores bursátiles;
- e) La previsión del estado económico general a mediano y largo plazo, etc.

2) Construcción de un modelo matemático.- En esta etapa se realiza la formulación del problema como un sistema de relaciones en un modelo matemático. Para una meta simple, donde por lo menos algunas variables están sujetas a control, la forma general de un modelo de investigaciones operacionales puede plantearse como sigue:

$$U=f(X_i, Y_j)$$

donde:

U es la utilidad o valor de la ejecución del sistema.

X_i son las variables (o constantes) no controlables, pero que afectan a U.

f es la relación entre U y X_i y Y_j .

Y_j son las variables controlables.

El modelo anterior puede clasificarse como un modelo de optimización o de simulación. Cuando se utiliza como-

un modelo de optimización, los valores que se insertan para las variables no controlables y variables controlables se manipulan para optimizar la medida de efectividad. Por ejemplo, suponer que un gerente de mercadotecnia desea optimizar su venta total en pesos. Para que su modelo lo haga debe incluir variables no controlables tales como los precios de los competidores, el producto bruto interno, o los cambios en los niveles de precios; y sus variables controlables deben estar comprendidas entre variables tales como el número de vendedores, comisiones, precios de sus productos y gastos de propaganda.

Aunque todos los modelos se hacen con el propósito de simular la realidad, los que se denominan modelos de simulación son aquellos que dan al usuario del modelo un conjunto de valores para las variables controlables. A través del uso de uno o más conjuntos de valores para las variables no controlables (a causa de que a menudo no las puede conocer), puede calcular varios E (eventos) hasta que encuentra aquel que cree que es satisfactorio. En este caso, naturalmente, no existe un método de saber si se ha encontrado una solución óptima. Sin embargo, la visibilidad obtenida puede ser muy importante. A menudo un modelo de optimización no puede usarse a causa de la falta de insumo de datos conocidos, la dificultad de simular en forma precisa la realidad (por lo menos los elementos más importantes de la realidad), y el hecho de que puede ser muy complejo y difícil de construir.

3.- Deducción de una solución del modelo.- Para llegar a una solución, existen dos procedimientos básicos. En el procedimiento analítico, el investigador emplea la deducción matemática para llegar, tan cerca como sea posible, a una solución matemática antes de insertar cantidades para obtener una solución numérica. Esta puede ser una conclusión extraordinariamente importante en la toma de decisiones complejas. Las variables pueden reducirse o replantearse en términos de variables comunes. Ciertas variables (por ejemplo, --

ventas) pueden aparecer en un número de lugares en un modelo y pueden ser factorizadas o reducidas. En otros casos, una serie de ecuaciones matemáticas se pueden consolidar y simplificar. El resultado de este procedimiento analítico es reducir una serie compleja de relaciones a una forma matemática tan simple como sea posible. En adición este análisis puede descubrir matemáticamente que ciertas variables no tienen importancia para una solución razonable y pueden eliminarse del problema.

El segundo procedimiento es conocido como numérico. En este el analista simplemente prueba varios valores para las variables sujetas a control para observar cuáles serán los resultados y de aquí desarrollar un conjunto de valores que parezcan presentar la mejor solución.

4.- Prueba del modelo.- A causa de que un modelo, por su naturaleza, es sólo una representación de la realidad y es imposible incluir todas las variables, normalmente los modelos deben probarse. Esto puede hacerse a través del uso del modelo para solucionar un problema y comparar los resultados obtenidos con lo que realmente sucede. Estas pruebas pueden adelantarse usando cifras pasadas, o probando el modelo en la práctica para ver como se compara con la realidad.

5.- Proveer control para el modelo y la solución. A causa de que un modelo, que una vez fue preciso, puede cesar de representar la realidad, o que las variables que se cree están fuera de control pueden cambiar de valor, o que las relaciones entre las variables pueden cambiar, se debe anticipar el control del modelo y de la solución. Esto se hace en la misma forma en que se emprende cualquier control, proveyendo medios para retroalimentarlo de manera que las desviaciones significativas puedan detectarse y se hagan los cambios necesarios. En muchos modelos complejos, tales como los que se usan para planear la producción o la distribución, el efecto de las desviaciones debe pesarse contra el costo de --

alimentar la corrección o contra el costo usualmente mayor de revisar el programa completo. Como resultado, el investigador puede decidir no corregir el modelo.

6.- Llevar a efecto la solución.- El paso final es hacer que el modelo y los insumos (obra de mano, materia prima, información, etc.) operen. Excepto en los programas más simples, ello requiere revisión y aclaración de los procedimientos de manera que los insumos (incluyendo el control de la información de retroalimentación) se pueden obtener de una manera ordenada, y esto, a su turno, requiere a menudo la reorganización de la información asequible a la empresa. Lo que muchos usuarios de la investigación de operaciones han encontrado como obstáculo mayor es que nadie desea emprender el duro trabajo de revisar la naturaleza de la información básica. La contabilidad y otros datos que normalmente se obtienen en una compañía a menudo no son adecuados para los requisitos de una investigación de operaciones de éxito. Muchos administradores, intrigados con las posibilidades de la investigación de operaciones, desearían que algunos de los esfuerzos de investigación de los expertos, ahora ampliamente empleados en la construcción de modelos elegantes, se canalicen hacia la reorganización de la información.

Otros problemas para llevar a efecto las soluciones envuelven el hacer que las personas entiendan, aprecien, y usen las técnicas de la investigación de operaciones; decidir preguntas tales como qué equipo de cálculo se usa y cómo, el producto de la información obtenida debe hacerse útil y comprensible a aquellos responsables por la toma de decisiones. A este respecto, los investigadores de operaciones harían a los administradores un favor real admitiendo francamente el tipo y margen de incertidumbre en su solución.

IV.- PAPEL QUE JUEGA LA INVESTIGACION DE OPERACIONES EN LAS EMPRESAS.

Teóricamente, la Investigación de Operaciones debería constituir una parte del proceso para la toma de decisiones en una empresa. Todo administrador, cualquiera que sea su nivel, tiene que tomar decisiones, y se siente optimista respecto al resultado de las mismas, exigiendo "hechos claros", que quiere "cuantificarlos", e intenta utilizar cualesquier relaciones que le parezcan importantes, y quiere comprender la totalidad del proceso que dirige. Estos son los mismos tipos de objetivos que persigue la Investigación de Operaciones y, en consecuencia, ésta es ampliamente compatible con todas las áreas de la administración de la empresa.

Sin embargo, para llegar al estado en que el método de investigación se emplea dentro de una organización, no es posible "instalarlo" simultáneamente en todos los niveles; lo único que se puede hacer es instruir a la dirección en el procedimiento y dejar que se desenvuelva. Esto debido a que trabajamos con una nueva filosofía y metodología y no solamente con técnicas.

La ubicación de la Investigación de Operaciones dentro de la empresa es muy importante por varias razones. La primera, que el costo inicial de organizar al grupo y educar al personal administrativo es importante; la segunda, que la Investigación de Operaciones debe ser utilizada, y esta necesidad se satisface mejor mediante un patrocinio. Desde luego no habrá que rendir informes al mismo, pero si será indispensable que el investigador de operaciones se encuentre contiguo o cercano a él en la jerarquía administrativa. Por tanto, lo mejor será evitar que un presidente de empresa ordene la instalación de un grupo de investigación de operaciones en un departamento de fabricación varios escalones por debajo de él, sin referencia a los deseos del jefe de departamento. Por

otra parte, si el presidente quiere patrocinar un departamento de 10 (investigación de operaciones) y trabajando en colaboración con un director de fábrica, puede decirse que marcha por el camino debido.

Otra razón de que resulte importante el lugar que ocupa el grupo 10 es que éste debe contar con un acceso fácil a los datos que necesita para contemplar los problemas operativos en toda su integridad. Esta necesidad tiende a elevar la ubicación del grupo 10 en la escala administrativa, pero no lo coloca inevitablemente en la cúspide. Su sitio exacto dependerá de quien lo patrocine y del tipo de problemas a resolver. Pero cualquiera que sea el lugar que se le asigne dentro de la estructura administrativa, siempre será posible que el grupo pueda organizar equipos para la solución de problemas, que tengan libre movimiento dentro de las áreas operativas y administrativas.

V.- HERRAMIENTAS QUE UTILIZA LA INVESTIGACION DE OPERACIONES.

Para el investigador de operaciones no es suficiente aplicar sólo en forma sistemática y estricta el enfoque científico con su énfasis en la búsqueda del hecho objetivo y cuantitativo. No, también deberá ser capaz de utilizar una variedad de técnicas matemáticas y computativas complejas. Con el fin de tener una visión o idea de las herramientas con que cuenta el especialista de IO, pasaremos a explicar algunas técnicas.

Teoría de las probabilidades.

Muchas situaciones de planeación requieren que se estime la posibilidad que ocurran variantes de la operación. Considérese, por ejemplo, el problema de dotar de personal a un Departamento de mantenimiento o reparación para manejar un nivel variable y desconocido de descomposturas en las maquinaria. Un modelo "probabilista" de una operación así, sería una formulación matemática que abarca todos los factores de importancia, con el reconocimiento explícito del elemento de incertidumbre en las descomposturas de maquinaria. Más aún, siempre que se cuente con los datos concernientes a la operación que reducirán al mínimo los costos de demoras en la maquinaria y su reparación.

La teoría o cálculo de probabilidades se ha venido aplicando en casi todos los tipos de operaciones industriales. Las áreas más frecuentes son:

- 1.- Administración de inventarios.
- 2.- Análisis de accidentes o descomposturas.
- 3.- Previsión a corto plazo.
- 4.- Planeación de inversiones.
- 5.- Ubicación del esfuerzo de mercado.

- 6.- Manejo de inversiones.
- 7.- Estudios de comportamiento.
- 8.- Previsión a largo plazo, etc.

El empleo de la teoría de probabilidades en la administración de inventarios está bien establecido. Por ejemplo, una empresa clasifica sus inventarios en dos categorías:

1.- Artículos de "probabilidad" que tienen poco movimiento y comprenden alrededor de un 25% del valor total en pesos y centavos que pasa de las existencias al trabajar en ejecución.

2.- Artículos "planeados" que representan alrededor de un 75% del valor total en pesos y centavos.

De esta manera, la empresa logra un control efectivo con el menor costo. Los artículos planeados (cerca de un 75% del total), son planeados cuidadosamente, con base en los requerimientos conocidos o previstos, en tanto que los artículos de probabilidad (aquellos que se mueven más despacio) son mantenidos sobre la base de movimientos anteriores. Esto se consigue por medio del uso de sistemas sencillos de control, más o menos mecánicos, basados en una reposición de existencias y consideración de los costos, así como de las probabilidades de quedarse sin existencias.

En las previsiones, el problema más claro es predecir ejecuciones futuras. Esto se ejecuta, muy a menudo, estableciendo relaciones matemáticas entre la operación sometida a estudio y otras actividades conocidas. Por ejemplo, las empresas de servicios públicos utilizan las correlaciones estadísticas en sus planeaciones para ampliarse a fin de afrontar un esperado aumento en la demanda de servicios. Predicen con bastante exactitud los requerimientos de ampliación basándose para ello en factores tales como el crecimiento futuro -

de las familias, los planes para construir, y el valor del producto nacional.

Al analizar sus métodos de promoción, una empresa desarrolló un modelo probabilista basándose en datos existentes. Este modelo se utilizó para desarrollar mediciones de la efectividad de su promoción y de las ganancias potenciales en ventas valiéndose de una mejor promoción. La misma empresa — midió también el efecto de la promoción sobre cada cuenta, y al proceder así, obtuvo una visión global de la operación y — una porción importante de una teoría general de sus operaciones.

Cada una de las aplicaciones anteriores se caracteriza por ciertos rasgos básicos. Por principio de cuentas, existe un elemento de incertidumbre en todo suceso futuro; — después, que es posible estimar la posibilidad que se presenten sucesos inciertos. En la mayoría de los casos, dichas pro babilidades se determinan con base en la experiencia; sin embargo, hay casos en que se derivan simplemente de apreciaciones de futuras actuaciones. Finalmente, en cada una de estas situaciones es posible plantear distintos cursos de acción para el porvenir. Si no se puede alterar el curso futuro de acción, entonces lo más factible es predecir las consecuencias de esa manera de operar. Sin embargo, cuando se dispone de va rias alternativas, se puede mejorar la posición futura escogiendo un curso de acción óptimo.

Teoría del muestreo.

Generalmente, siempre que ocurren las operaciones al azar, el análisis estadístico se convierte en una parte — esencial de la fase de observación en el estudio de la administración. Mediante el análisis de un número de sucesos así, utilizando métodos estadísticos, puede ganarse un conocimiento apreciable de las relaciones entre las variables y la ejecución total. Este análisis suministra la base para determi —

nar la ejecución esperada o promedio, y la probabilidad de -- que las futuras experiencias sean similares a la experiencia -- pasada. Por principio de cuentas, el muestreo es una forma -- económica y eficaz de determinar un cuadro representativo de -- un universo. Más aún, esa representación puede ser bastante -- exacta mientras el tamaño de la muestra sea el apropiado y -- las cosas se seleccionen al azar. Todo esto quiere decir que -- la teoría del muestreo es una herramienta muy poderosa en ca -- si todas las diversas situaciones de recopilación de datos.

Se pueden determinar muchas conclusiones signifi -- cativas partiendo de muestras al azar, aun cuando algunas o -- todas las características del "universo" (o grupo total del -- cual se tomaron las muestras), no sean conocidas. Para decir -- lo en forma muy sencilla, la teoría del muestreo permite defi -- nir medidas cuantitativas para un universo desconocido de co -- sas o eventos, basadas en los resultados de una o más mues -- tras al azar. Esto es precisamente lo que hizo Shewhart. Se -- encontró ante el problema de determinar la calidad (o nivel -- de artículos defectuosos) en lotes de compras hechas. En la -- mayor parte de los casos, una inspección al cien por ciento -- resultaba costosa o no era factible (como en el caso de prue -- bas destructoras), y fue necesario, por ello, emplear una téc -- nica de muestreo como base para hacer una apreciación adecua -- da.

En tanto que los conceptos fundamentales de la -- teoría del muestreo son relativamente simples, algunas de sus -- aplicaciones en las empresas han sido de lento desarrollo. El -- empleo más extendido de dicha técnica, se ha hecho en los pro -- gramas de control de calidad en la industria. Otro tipo de -- aplicación está apuntando, al utilizar el control de calidad -- en el trabajo de oficina.

En ambos casos, se derivan tres beneficios impor --

tantes de la aplicación de la teoría del muestreo. Primeramente, capacita a la dirección para establecer un control económico (sobre las operaciones industriales o comerciales) que proporciona una indicación precisa de cuándo una determinada operación no es satisfactoria. En seguida, permite determinar un modelo estadístico de la operación (que se está muestreando), el cual podrá usarse para predecir una ejecución o producción futura (siempre que la operación siga siendo controlada). Finalmente, el muestreo suministra una base para incluir retroalimentación en un sistema a fin de asegurar que se tome una acción correctiva cuando la operación esté saliendo o se haya salido del control. En otras palabras, los resultados de las muestras pueden ser utilizados para indicar con rapidez cuándo se está saliendo o se ha salido de control una operación, y cuándo deberá tomarse una acción correctiva para volver a colocar dicha operación bajo control.

Hasta ahora, el muestreo se había utilizado especialmente en las áreas de producción y control de inventarios. Además de la aplicación de esta técnica al control de calidad e inspección, también ha resultado útil en la recopilación de datos sobre la producción, para propósitos de control, y como base para preparar modelos matemáticos. Las técnicas de muestreo se han usado desde hace algún tiempo para desarrollar normas de trabajo y producción en operaciones de carácter irregular como el mantenimiento y control del almacenaje de herramientas, materias primas, etc. Muchos de estos mismos tipos de aplicaciones están abriéndose paso en las operaciones de oficina. Por ejemplo, en la actualidad esos mismos procedimientos se están usando para desarrollar normas de trabajo para el personal de ventas y sus supervisores.

... para el personal de ventas y para los ejecutivos.

Algunas empresas utilizan también el muestreo como una base para ciertos informes de fin de mes o reportes provisionales a la dirección. Esto ocurre sobre todo en las áreas de producción e informes de costos, en que los procedimientos contables son, con frecuencia, muy costosos y pesados y, como suele suceder, onerosos en cuanto al tiempo empleado en su preparación. A fin de reducir los costos y a la vez mantener una exactitud razonable, algunas empresas están empleando muestras periódicas como base para ubicar renglones tales como los costos de mantenimiento y fletes. En estas aplicaciones, se utiliza una muestra para que se determine el patrón de distribución de dichos cargos, simplificándose así la acumulación de costos y abreviando la ubicación de éstos.

El uso del muestreo en la auditoría y el análisis financiero, va en aumento también. Lo emplean los auditores para confirmar las cuentas por cobrar, verificación de inventarios, etc.

Por último, el muestreo se ha utilizado también en la investigación de mercados y predicción. El conocimiento de la opinión pública y los datos sobre el mercado pueden obtenerse no sólo más económicamente y con mayor rapidez mediante las técnicas de muestreo, sino que a menudo se logra una exactitud superior a la que se conseguiría efectuando una investigación del universo completo. Cuando las características de un universo de gran dimensión cambian con rapidez, una muestra viene a ser el único medio factible de obtener un cuadro oportuno de los hechos.

Simulación.

La simulación ha llegado a significar muchas cosas diferentes para mucha gente, dependiendo del uso a que la

apliquen. Se ha venido utilizando para la selección y adiestramiento de personal, control del tránsito, estrategia militar, distribución del inventario, sistemas logísticos, programación de órdenes de trabajo, y muchos otros tipos de tareas. Es mucho más fácil expresar la simulación en términos figurativos que literales. Por ejemplo, una característica esencial se manifiesta diciendo que un modelo representa un fenómeno, pero que la simulación lo imita. Este aspecto dinámico de la simulación se capta también mediante la observación figurativa de que los modelos son fotografías y las simulaciones cine. Estas figuras de dicción no pretenden implicar que los modelos y la simulación constituyen contrastes, ya que ésta última no es más que una forma de utilizar un modelo. Constituye, en efecto la experimentación sobre un modelo más bien que sobre el fenómeno mismo; esto es, se trata de una experimentación vicaria. En principio, todo lo que puede realizarse con simulación, podrá realizarse experimentando directamente sobre los fenómenos involucrados en el problema que se trate. Pero en la práctica, puede resultar imposible o impráctico experimentar de una manera directa en los fenómenos. Más aún, una de las principales ventajas y cualidades de la simulación sobre otras herramientas analíticas, es su capacidad para manejar varios elementos interactuantes en sistemas complejos.

Los procedimientos de simulación pueden clasificarse en muchas clases, dependiendo del tipo de modelo que se use. Estos tipos pueden ser icónicos, simbólicos y de juego. Del mismo modo que el modelo puede consistir en una mezcla de los mismos, la simulación también.

1.- El modelo icónico posee las mismas propiedades esenciales de lo que representa, pero con una transformación de escala. Esta clase de simulación se usa mucho en problemas relacionados con la construcción o producción de un objeto, así como en los problemas de diseño. Por ejemplo, la prueba de un pequeño modelo físico de nave aérea en un tunel-

Con el advenimiento de la computadora, la simulación ha pasado al primer plano tanto en el aspecto investigativo como en el administrativo. Una de las primeras aplicaciones de la simulación a tareas de administración, fue iniciada en 1957 por la American Management Association en su "ejercicio de simulación de decisiones de alta gerencia", el cual fue proyectado para introducir a la alta dirección en la idea de la simulación y proporcionar una experiencia sintética, o simulada, en la toma de decisiones requerida para operar una gran empresa. Las decisiones relativas a mercadotecnia, investigación y desarrollo, expansión de la fábrica, producción, fijación de precios y estrategia de ventas, fueron las principales. El desempeño se midió por las pérdidas y ganancias y la recuperación de la inversión lograda por el protagonista.

El éxito de este esfuerzo pionero puede clasificarse de estupendo. En 1963, más de stenta de las noventa principales escuelas de administración de empresas estaban ya empleando los ejercicios de simulación como una herramienta ordinaria. La administración moderna necesita conocer bien los puntos de control sensitivos en sus empresas y estar en condiciones de valorar con rapidez el posible efecto de diferentes alternativas. Los ejercicios de simulación proporcional al director una experiencia pronta y específica. Es probable que la simulación sea en la actualidad la herramienta más poderosa con que cuenta la dirección para resolver los complejos problemas que surgen a cada paso en las empresas.

El empleo de la simulación en el adiestramiento para la dirección, puede ser de particular utilidad para el investigador de operaciones que quiere desarrollar mayores esfuerzos dentro de la empresa. Cada organización puede tener sus motivos particulares para utilizar la simulación en el campo del adiestramiento, pero algunas de las razones generales principales de su empleo en esta área son las siguientes:

de viento es una simulación icónica. La prueba de modelos de barcos en tanques y la operación de plantas piloto en la industria química, constiuyen otra clase de simulación icónica.

2.- La simulación simbólica es un proceso mediante el cual se evalúan ecuaciones numericamente. Un ejemplo sería:

$$RI = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Ventas}} \times \frac{\text{Ventas}}{\text{Inversión.}}$$

o sea que rendimiento sobre la inversión es igual a las utilidades sobre ventas por la rotación de la inversión. Dicho de otra forma: Las ventas divididas por la inversión total dan la rotación de la inversión. Las utilidades divididas entre las ventas dan el margen de utilidad sobre las ventas. Cuando la razón de rotación del activo se multiplica por el margen de utilidad sobre las ventas, el producto es la utilidad de la inversión total de la empresa. Con el uso de esta ecuación buscamos como objetivo principal determinar la utilidad sobre la inversión total.

3.- Una simulación en que la toma de decisiones se verifica por parte de uno o más tomadores de decisiones, se llama juego. El juego se ha venido empleando cada vez más en los últimos diez años, particularmente para el estudio de operaciones militares e industriales complejas. Esta clase de simulación, sobre todo en el renglón militar, ha tenido una larga historia, pero su empleo como instrumento de investigación es bastante reciente.

Las aplicaciones de juegos en la investigación para resolver problemas, se dividen en tres grupos: 1) ayudar a desarrollar un modelo de decisión, 2) ayudar a encontrar la solución a ese modelo, y 3) ayudar a evaluar las soluciones propuestas.

- a) facilitar la observancia de los principios administrativos.
- b) aclarar conceptos administrativos abstractos.
- c) hacer que la administración se concentre en - las metas de utilidad y costo.
- d) hacer "generalistas" de los especialistas.
- e) Eliminar los bloqueos de actitud y aumentar - la conciencia de sí mismo.
- f) Entendérselas con problemas de metas y objetivos en conflicto.
- g) Enseñar a los individuos como utilizar herra- mientas analíticas avanzadas.
- h) Familiarizar a las gerentes con otras áreas - de operación y estimular la labor en equipo.
- i) demostrar nuevos sistemas y controles administrativos.

En general, puede decirse que el empleo de la simulación proporciona las siguientes ventajas:

a) Hace que se "sientan" las "causas" y los "efectos". Quien la utiliza puede valorar el efecto de sus accio - nes inmediatamente. También impulsa a los protagonistas a que se involucren más, a que trabajen con una mayor concentración, y a que experimenten un efecto más duradero.

b) La simulación plantea una situación realista - más bien que una académica que puede estar llena de excepcio - nes. Como tal, ayuda a juzgar qué información es verdaderamente importante en la toma de decisiones y para conseguir un - control administrativo.

c) Suministra un buen medio de comunicación. Además, resulta relativamente fácil de explicar a los superiores. En realidad, también es más fácil de tratar con gerentes (así como con personal de niveles inferiores) que por ejemplo los modelos matemáticos, y también familiariza un tanto con el procesamiento electrónico de datos.

d) Constituye un medio para estudiar la transición de un fenómeno particular de un estado a otro. Esta transición puede ser a veces estudiada en forma analítica, aunque por lo regular resulta difícil hacerlo.

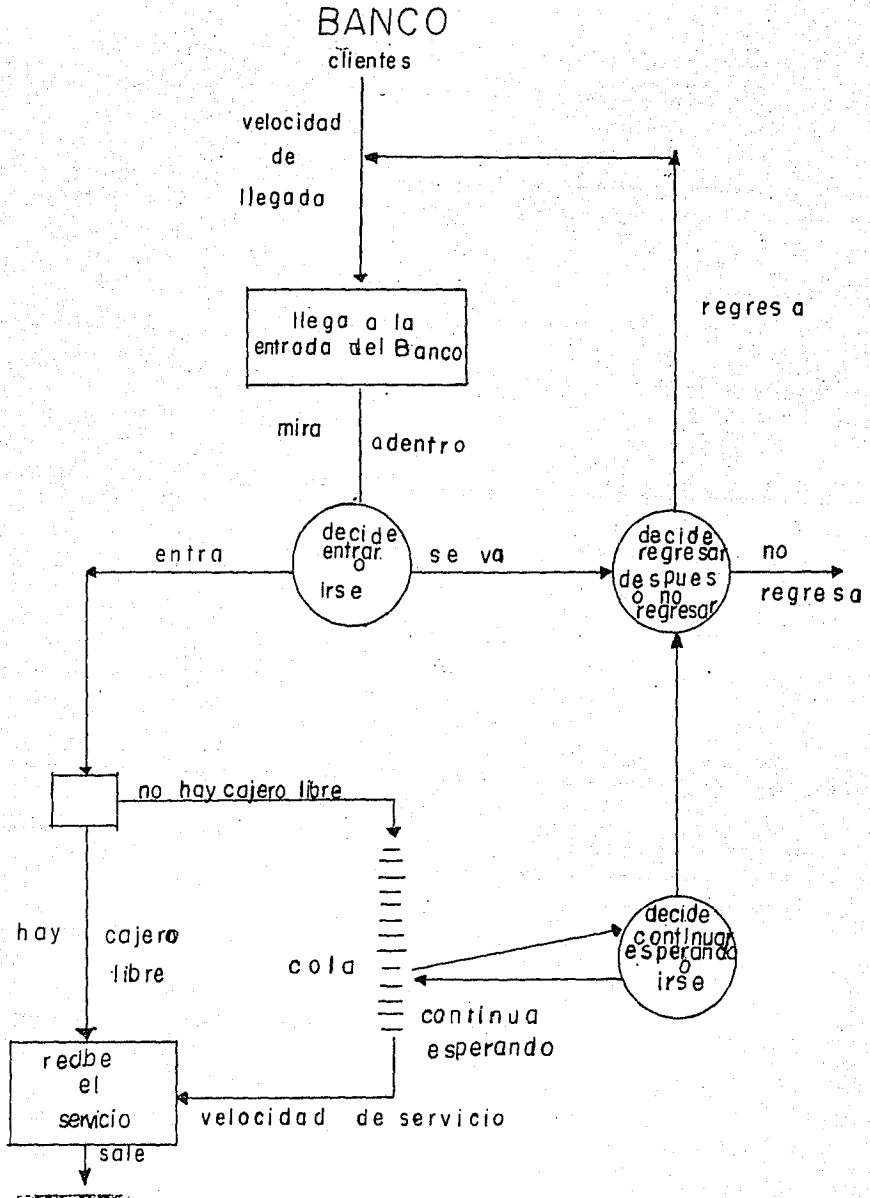
Cabe advertir, ~~empero,~~ que la simulación no deja de tener sus desventajas. Algunos de los problemas que conviene prevea el investigador de operaciones son los siguientes:

1.- El hecho de que las simulaciones despiertan la curiosidad de los participantes y que fácilmente se pueden comentar, pueden hacer caer en la trampa a quienes las emplean, de pensar en función de las mismas en lugar de otros instrumentos analíticos más útiles. Hasta cierto punto, la simulación debe reservarse sólo para casos que no pueden enfocarse con otros métodos de análisis, además siempre habrá el riesgo de que ciertas personas, no por entero familiarizadas con la simulación, esperen demasiado de la bondad de ésta.

2.- Como el juego tiene gran dosis de realismo, hace que quienes lo aplican tengan una gran confianza en sus resultados. Hay ocasiones en que una solución nada plausible es aceptada con especial regocijo precisamente por su implausibilidad. Por otra parte, una desventaja fundamental se da en la incapacidad del jugador para derivar fuertes inferencias del desarrollo del juego y vincularlas a la toma de decisiones en la situación del "mundo real" que el juego modela.

3.- Hay simulaciones que se complican más de lo debido. Dicese de una utilizada por uno de los planteles más importantes del país en materia de administración de empresas, que se hace necesario salir al mundo real para obtener suficiente experiencia para entender el modelo.

SIMULACION DE COLA EN UN BANCO



Teoría de colas o líneas de espera.

La teoría de colas o líneas de espera es una técnica especial de investigación de operaciones, que descansa grandemente en la teoría de las probabilidades, fue desarrollada para resolver ciertos problemas de espera en un sistema telefónico automático. A partir de entonces, se ha aplicado esta teoría a muchos tipos de espera en fila o problemas de "embotellamiento", tales como congestiones de tránsito, alineación de máquinas e interrupciones de éstas. Esta teoría es también aplicable a 1) flujo de trabajo o a renglones sobre los que se opera en una situación departamental, 2) a control de la producción, y 3) a la adecuada dotación de personal necesario para manejar el flujo de trabajo dentro de un departamento u organización.

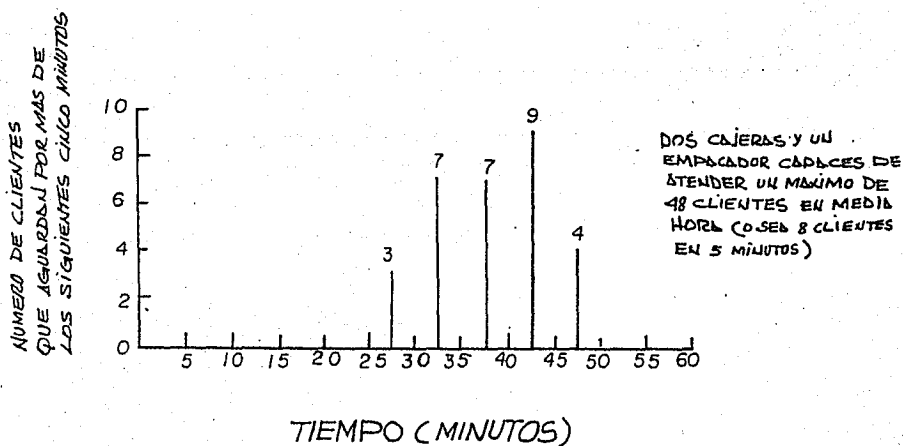
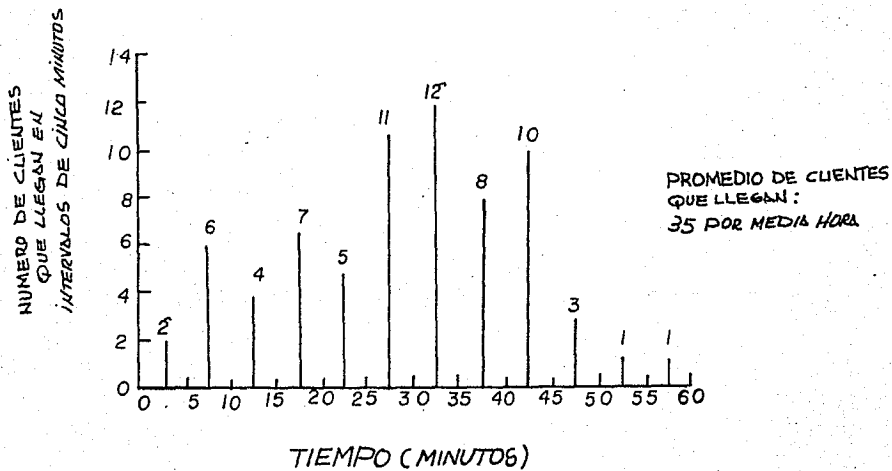
Las situaciones de espera en fila presentan las siguientes características: 1) clientes o renglones (de producción o de otra clase, 2) una puerta o punto de servicio, 3) un proceso de entrada, 4) una disciplina de línea de espera, y 5) un mecanismo de servicio. En otras palabras, los clientes desean servicio, y el moverse hacia el punto de servicio, hay un lapso de tiempo que es necesario para realizar las operaciones conducentes, tras de lo cual los clientes se despiden y se marchan. Cualquier cliente que llegue mientras otro aguarda que se le sirva, debe esperar que le llegue su turno. Dicho de otro modo, existe un embotellamiento, una cola, una espera en fila (la fila puede ser de gente, automóviles, productos, visitas, etc.) En casos así el problema principal consiste en reducir el tiempo de espera del cliente, el número de clientes en fila, y la proporción de tiempo de espera a tiempo de servicio.

La finalidad de utilizar la teoría de cola es disminuir al mínimo los costos de inversión y de operación al mismo tiempo que se da servicio oportuno a los clientes, la consecución de este objetivo exige. - - -

igualar la tasa de servicio a la tasa media de arribos. Esto, empero, no constituye siempre una respuesta satisfactoria. Tan

26-bis.

FILAS DE ESPERA EN DOS CAJAS REGISTRADORAS DE PAGO EN UNA TIENDA AL MENUDEO



pronto como el arribo de clientes principia a fluctuar de un modo incierto, se empieza a formar una "cola". Consideramos, por ejemplo, el problema de pago en las cajas de un comercio al detalle. La gráfica anterior ejemplifica una situación en que los clientes arriban al azar a dos cajas (las cuales tienen una capacidad máxima de servicio de cuarenta y ocho -- clientes por media hora) con un promedio de treinta y cinco -- por media hora. Aun cuando la operación de registro y pago -- de la compra tiene una capacidad mayor que la frecuencia de arribo de los clientes, salta claramente a la vista que se -- formará una cola.

Entre otras razones para la formación de filas -- de espera, se encuentra la de que hay veces en que el número de clientes que llega en un determinado tiempo, es menor que el que pueden ser atendido en ese mismo período, en consecuencia, existen ocasiones en que hay más clientes esperando que los que pueden ser atendidos, y otras en que no hay un -- solo cliente a quien proporcionarle servicio. Este tiempo -- perdido reduce la capacidad efectiva de un medio que suministra servicio, por debajo de su capacidad máxima y termina en la formación de filas de espera. De ahí que generalmente, -- cuando los clientes que llegan se acercan al promedio máximo de servicio, tanto la longitud de la fila como el tiempo de -- espera, aumentan de una manera drástica.

Por último con respecto a las gráficas anteriores, se pueden observar que el problema de línea de espera -- se presenta en el minuto 28 cuando llegan 11 personas a recibir servicio y unicamente se puede proporcionar éste a 8 -- quedando en espera de servicio por los siguientes cinco minutos 3 personas que se ven incrementadas por el arribo de las siguientes y así sucesivamente hasta desaparecer la línea -- de espera.

pronto como el arribo de clientes principia a fluctuar de un modo incierto, se empieza a formar una "cola". Consideramos, por ejemplo, el problema de pago en las cajas de un comercio al detalle. La gráfica anterior ejemplifica una situación en que los clientes arriban al azar a dos cajas (las cuales tienen una capacidad máxima de servicio de cuarenta y ocho -- clientes por media hora) con un promedio de treinta y cinco -- por media hora. Aun cuando la operación de registro y pago -- de la compra tiene una capacidad mayor que la frecuencia de -- arribo de los clientes, salta claramente a la vista que se -- formará una cola.

Entre otras razones para la formación de filas -- de espera, se encuentra la de que hay veces en que el número de clientes que llega en un determinado tiempo, es menor que el que pueden ser atendido en ese mismo período, en conse -- cuencia, existen ocasiones en que hay más clientes esperando que los que pueden ser atendidos, y otras en que no hay un -- solo cliente a quien proporcionarle servicio. Este tiempo -- perdido reduce la capacidad efectiva de un medio que suminis -- tre servicio, por debajo de su capacidad máxima y termina en la formación de filas de espera. De ahí que generalmente, -- cuando los clientes que llegan se acercan al promedio máximo de servicio, tanto la longitud de la fila como el tiempo de -- espera, aumentan de una manera drástica.

Por último con respecto a las gráficas anterior -- res, se pueden observar que el problema de línea de espera -- se presenta en el minuto 28 cuando llegan 11 personas a re -- cibir servicio y unicamente se puede proporcionar éste a 8 -- quedando en espera de servicio por los siguientes cinco minu -- tos 3 personas que se ven incrementadas por el arribo de las siguientes y así sucesivamente hasta desaparecer la línea -- de espera.

Programación lineal.

Una técnica para determinar la combinación óptima de recursos limitados para obtener una meta deseada lo constituye la programación lineal, que es una de las aplicaciones de mayor éxito en la investigación de operaciones. Se basa en la suposición de que existe una relación lineal o de línea — recta entre las variables y que los límites de variación se pueden determinar. Por ejemplo, en una fábrica, las variables pueden ser unidades producidas por máquinas en un tiempo dado, obra de mano directa o costo de materiales por unidad de producto, número de operaciones por unidad, y así sucesivamente. Muchas o todas ellas pueden tener relaciones lineales, dentro de ciertos límites, y a través de la solución de ecuaciones — lineales se puede establecer el óptimo en términos de costo, tiempo, utilización de máquinas, u otros objetivos. Por tanto, esta técnica es especialmente útil donde los datos de insumos (sean estos de tipo financiero, técnico, humano, material, — etc.) pueden cuantificarse y los objetivos pueden sujetarse a medidas definidas. Como se podría esperar, la técnica ha tenido su uso más promisorio en áreas problemáticas tales como — planeación de la producción, asignación de tareas, costos y rutas para el transporte, y la utilización de facilidades de — locales para producción y almacenamiento para obtener los menores sobrecostos, incluyendo el costo del transporte. A continuación se citan algunos modelos que utiliza la programación lineal para la solución de problemas.

Modelo de asignación.

Este modelo trata del problema que surge cuando se desea asignar cada uno de los medios, de un número determinado de medios, a un número igual de requerimientos sobre una base de uno-por-uno. A este caso especial del problema general de la programación lineal se le conoce como el modelo de asignación.

Ejemplo:

Cuatro trabajos de Oficina deben procesarse y cuatro máquinas distintas pueden realizar esa tarea; cualquiera de las máquinas puede procesar cualquiera de los trabajos, y los beneficios que resultarán son los siguientes:

Matriz de efectividad para los trabajos
(Beneficios en cientos de pesos)

TRABAJOS	- M A Q U I N A S -			
	A	B	C	D
1	32	38	40	28
2	40	24	28	21
3	41	27	33	30
4	22	38	41	36

Nos interesa calcular el beneficio máximo total si se realiza un esquema de asignaciones óptimas.

Procedimiento:

Primero, reemplazamos cada elemento de la matriz de efectividad con su negativo y obtenemos esta matriz.

TRABAJOS	- MAQUINAS -			
	A	B	C	D
1	-32	-38	-40	-28
2	-40	-24	-28	-21
3	-41	-27	-33	-30
4	-22	-38	-41	-36

Segundo, sustraemos el elemento más negativo de cada fila de todos los demás elementos de la misma, y el elemento no más negativo sino menor de cada columna de todos los demás elementos de la misma. El resultado es el siguiente.

$$\begin{bmatrix} 8 & 2 & 0 & 12 \\ 0 & 16 & 12 & 19 \\ 0 & 14 & 8 & 11 \\ 19 & 3 & 0 & 5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 8 & 0 & 0 & 7 \\ 0 & 14 & 12 & 14 \\ 0 & 12 & 8 & 6 \\ 19 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Tercero, dibujamos el número mínimo de líneas que deben pasar a través de todos los ceros de la matriz anterior, y si este conjunto de líneas no corresponde al orden de la matriz que - este caso es de 4 X 4, no se podrá hacer una asignación óptima.

8	0	0	7
0	14	12	14
0	12	8	6
19	1	0	0

Cuarto, seleccionamos el elemento más pequeño de la matriz anterior que no está travesado por una línea, o sea el número seis, y lo agregamos a todos los elementos que ocurren en la intersección de dos líneas y los sustraemos de todos los elementos que no están atravesados por una línea. Los demás elementos que están cruzados por una sola línea permanecen inalterables. El resultado que obtenemos es el siguiente:

14	0	0	7
0	8	6	8
0	6	2	0
25	1	0	0

Quinto, al dibujar el conjunto de líneas mínimas a través de los ceros de la matriz anterior, nos damos cuenta de que necesitamos cuatro líneas y de que el orden de esa matriz es de 4×4 , Por lo tanto, hemos encontrado una solución óptima. La asignación se realiza por donde haya el menor número de ceros ya sea por fila o columna, encerrando dicho cero con un cuadro que indica asignación, como se muestra enseguida.

14	0	0	7
0	8	6	8
0	6	2	0
25	1	0	0

Finalmente, nuestra solución óptima está dada por el siguiente esquema de asignaciones:

Matriz - de asignaciones optimas.

TRABAJOS	- MAQUINAS -			
	A	B	C	D
1	0	1	0	0
2	1	0	0	0
3	0	0	0	1
4	0	0	1	0

Asignación Óptima:

Trabajo 1 - Máquina B - \$ 3,800.00

Trabajo 2 - Máquina A - \$ 4,000.00

Trabajo 3 - Máquina D.- \$ 3,000.00

Trabajo 4 - Máquina C - \$ 4,100.00

De esta forma, estas asignaciones reeditarán las cifras siguientes como un beneficio máximo total:

$$\$ 3,800 + 4,000 + 3,000 + 4,100 = \$ 14,900$$

MODELO DE TRANSPORTE.

Este modelo define la existencia de varios puntos de origen (tales como plantas) y puntos de destino (tales como almacenes), el costo unitario del embarque desde todos los puntos de origen a todos los puntos de destino. Además, aparece especificada la cantidad de mercancía disponibles para embarque en cada una de las plantas y la cantidad de mercancías que pide cada uno de los almacens. El problema consiste en encontrar, dentro de las limitaciones dadas, cuáles serán las plantas que deberán enviar sus mercancías y a qué almacenes, para minimizar así los costos totales de trasporte.

El modelo de transporte cuenta con varios métodos para llevar a cabo la asignación, de los cuales se expondrán a través de un ejemplo unicamente tres, que son los siguientes:

- 1.- Método de la esquina noroeste.
- 2.- Método de inspección.
- 3.- Método por multas.

Ejemplo, una empresa que tiene tres plantas, requiere satisfacer la demanda de cuatro almacenes regionales. Cada mes se dispone de una lista que contiene tanto las capacidades de producción de cada una de las plantas, así como los requerimientos de cada uno de los almacenes. Además de conocerse también el costo unitario de transporte de cada planta a cada almacén.

Matriz de costos unitarios de Transporte

FABRICAS	ALMACENES			
	A	B	C	D
1	19	30	50	10
2	70	30	40	60
3	40	8	70	20

Matriz de transporte que ofrece toda la información pertinente de nuestra situación de decisiones.

FABRICAS	ALMACENES				CAPACIDAD
	A	B	C	D	
1	19	30	50	10	7
2	70	30	40	60	9
3	40	8	70	20	18
REQUERIMIENTOS	5	8	7	14	34

El número de unidades de las cuales pueden disponer las respectivas plantas o fábricas se leen en la última columna, y el número de unidades que pide cada almacén puede leerse en la última fila.

1.- Método de la esquina noroeste.

Este método consiste en asignarle unidades a la celda noroeste en la matriz de transporte; esas unidades tienen que ser de una magnitud tal que la capacidad de origen — quede exhausta, que el requerimiento de destinación quede satisfecho o que ambos requerimientos queden satisfechos.

Con este procedimiento, si la capacidad de origen queda exhausta primero, se le hará una asignación a la columna 1, tomando unidades del segundo origen; esto agotará la capacidad de origen de la fila 2 ó satisfará los requerimientos restantes de la columna 1. Si la primera asignación satisface el requerimiento de la columna 1, se hará una asignación en la columna 2; esto agotará la capacidad de la fila 1, satisfará el requerimiento de la columna 2, ó cumplirá con ambos requerimientos.

Si continuamos en esta forma, obtendremos un movimiento hacia el ángulo sureste de la tabla que satisfará, durante ese proceso, todos los requerimientos de las filas y de las columnas.

Así, si aplicamos este procedimiento a nuestro problema de transporte, obtendremos la siguiente matriz de asignaciones:

Matriz de Asignaciones

Utilizando el método de la esquina noroeste

FABRICAS	ALMACENES				CAPACIDAD
	A	B	C	D	
1	19	30	50	10	7
	5	2			
2	70	30	40	60	9
		6	3		
3	40	8	70	20	18
			4	14	
REQUERIMIENTOS	5	8	7	14	34

Nótese que la solución obtenida contiene seis (6) asignaciones. El costo total de transporte es el siguiente:

$$5(19) + 2(30) + 6(30) + 3(40) + 4(70) + 14(20) = 95 + 60 + 180 + 120 + 280 + 280 = \$ 1,015.00$$

Costo total de enviar 34 mercancías de nuestras 3 plantas a los 4 almacenes.

Se hace la observación que este método no toma en cuenta los costos unitarios de transporte al hacer las asignaciones.

2.- Método de Inspección.

Con este método, se le asigna hasta el máximo permitido por el origen y la destinación involucrados a la celda que posee el costo unitario de transporte menor; luego, se le asigna a la celda cuyo costo unitario de transporte se aproxima más a aquella de menor costo, tomando en consideración las disponibilidades restantes y los requerimientos. Se prosigue en esta forma hasta que todos los orígenes se vacíen y se llenen todas las destinaciones.

Si ocurre un empate entre las celdas de costo menor, las asignaciones se llevarán a cabo según un juicio personal.

Al aplicar este procedimiento a nuestro problema de transporte, obtenemos la siguiente matriz de asignaciones:

Matriz de Asignaciones
Utilizando el método de inspección.

FABRICAS	ALMACENES				CAPACIDAD
	A	B	C	D	
1	19	30	50	10	7
				7	
2	70	30	40	60	9
	2			7	
3	40	8	70	20	18
	3	8		7	
REQUERIMIENTOS	5	8	7	14	34

La solución obtenida contiene seis (6) asignaciones y su costo total de transporte es:

$$7(10) + 2(70) + 7(40) + 3(40) + 8(8) + 7(20) =$$

$$70 + 140 + 280 + 120 + 64 + 140 = \$ 814.00$$

De este esquema de asignaciones obtenido por el método de inspección, se obtuvo un resultado muy importante de una mejora de \$ 201.00 sobre el resultado obtenido por el método de la esquina noroeste.

30.- Método por multas.

Este método consiste en examinar las multas asociadas con la no utilización del menor costo en cada renglón y columna. Las multas son las diferencias entre el menor costo en un renglón o columna y el segundo costo menor. La asignación se realiza por el renglón o columna que tenga mayor multa y así sucesivamente hasta agotar la capacidad y requerimiento tanto de fabricas como almacenes.

Ejemplo:

Matriz original de transporte.

FABRICAS	ALMACENES				REQUERIMIENTOS
	A	B	C	D	
1	17	30	50	10	7
2	70	30	40	60	9
3	40	8	70	20	18
REQUERIMIENTOS	5	8	7	14	34

Matriz de asignaciones optimas utilizando el método por multas.

FABRICA	ALMACENES				CIRCUITO	MULTAS
	A	B	C	D		
1	19	30	50	10	7	9
	5			2		
2	70	30	40	60	9	10
			7	2		
3	40	8	70	20	18	12
		8		10		
REQUERIMIENTOS	21	22	10	10		
REQUERIMIENTOS	5	8	7	14	34	

La solución obtenida contiene seis (6) asignaciones y su costo total de transporte es:

$$5(19) + 2(10) + 7(40) + 2(60) + 8(8) + 10(20) =$$

$$95 + 20 + 280 + 120 + 64 + 200 = \$ 779.00$$

De este esquema de asignaciones obtenido por el método por multas, se obtuvo un resultado muy importante de una mejora de \$ 35.00 sobre el resultado obtenido por el método de inspección.

Ejemplo de un problema de alternativas de inversión.

La Empresa Calentadores Mexicanos, S.A., está considerando dos tipos mutuamente excluyentes de válvulas para calentador. Una válvula está diseñada, específicamente para calentadores propios de la empresa y no puede usarse con los de otros fabricantes, mientras que la otra es adaptable a una variedad de calentadores, tanto a los propios como a los de las compañías competidoras. El desembolso esperado por inversión para diseño, ingeniería, producción, etc., es de -- \$ 100,000.00 por cada alternativa. Las entradas esperadas de efectivo son de \$ 20,000.00 al año durante 8 años si las válvulas son usables sólo con calentadores propios (proyecto A), y \$ 22,000.00 al año durante 8 años si las válvulas pueden -- usarse con una amplia variedad de calentadores (proyecto B). Sin embargo, a causa de su "mercado cautivo" la desviación -- estándar de utilidades anuales esperadas del proyecto A es -- solo \$3,000.00, mientras que la del proyecto B es \$ 20,000.00. En vista de esta diferencia en el riesgo, la gerencia decide -- que el proyecto A deba evaluarse con un costo de capital de -- 10%, en tanto que el costo apropiado del capital para el proyecto B es de 14%. ¿Qué proyecto debe escogerse?.

Podemos calcular el valor actual neto (VAN) ajustado al riesgo para cada proyecto como sigue:

$$\begin{aligned} \text{VAN} &= \$20,000 (\text{FI durante ocho años, anualidad al } 10\%) - \$100,000 \\ &= \$20,000 (5.335) - \$100,000 \\ &= \$6,700 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{VAN} &= \$22,000 (\text{FI durante ocho años, anualidad al } 14\%) \$100,000 \\ &= \$22,000 (4.639) - \$100,000 \\ &= \$2,058\end{aligned}$$

Resumiendo, se puede decir, que el proyecto B tendría que tener el VAN más alto si ambos productos hubiesen sido evaluados al mismo costo de capital, pero cuando se usan distintas tasas de descuento para explicar las diferencias en el riesgo, el análisis indica que la empresa calentadores - mexicanos, S.A., debe escoger la alternativa menos arriesgada de fabricar válvulas para sus calentadores.

Procesamiento electrónico de datos.

La investigación de operaciones y el procesamiento electrónico de datos se relacionan entre sí de tres maneras. La primera, que la investigación de operaciones a menudo utiliza información selecta que ha sido acumulada, refinada y almacenada en el sistema de información del procesamiento de datos. La segunda, que la investigación de operaciones depende de cada vez más de la capacidad de alta velocidad de las computadoras para procesar el gran número de cálculos complejos requeridos para convertir una información en bruto o ideas no comprobadas, en una base refinada y útil para la toma de decisiones. La tercera, que el procesamiento electrónico de datos suele utilizar la metodología de investigación de operaciones para diseñar y elaborar nuevos sistemas de información a procesarse.

Las computadoras se emplean en la formulación de problemas y en la creación de modelos que usan instrumentos tales como la programación, la teoría de colas, y los modelos de simulación. Una vez que se completa la preparación de un determinado modelo, se recurre de nuevo a la computadora, en esta ocasión para manejar la información de conformidad con el modelo.

Hasta hace algunos años, la utilización de ciertas técnicas de investigación de operaciones, estaba sumamente circunscrita al tiempo y capacidad requeridas para aplicarlas a algunos de los problemas de administración más complicados. Con el advenimiento de la computación electrónica a altas velocidades, esta grave limitación ha quedado superada en gran parte, la rapidez con que trabajan estas máquinas permite obtener soluciones a problemas matemáticos sumamente complejos y contar con la información necesaria para la dirección en el momento oportuno para ser utilizada como base de alguna acción administrativa.

Algo que conviene tener presente es el bajo costo del proceso computador, porque permite resolver problemas cuya solución resultaría muy costosa empleando otros medios. Por tanto, las computadoras electrónicas no sólo constituyen una liberación de los aspectos fatigosos de las matemáticas, sino también hacen factible la formulación matemática de problemas que hasta ahora se atacaban en forma cualitativa, o apenas mediante una aproximación muy poco cercana al razonamiento cuantitativo.

VI.- Porcentaje de la aplicación de Investigación de Operaciones tanto en las empresas mexicanas como extranjeras.

Con objeto de conocer el grado de aplicación de la investigación de operaciones en el sector empresarial mexicano, se eligieron 25 empresas de distinto giro tanto mexicanas como extranjeras, en las cuales se llevó a cabo la investigación, obteniendo como resultado los datos que se muestran en las siguientes tablas:

EMPRESA	GIRO	TIPO DE EMPRESA	UTILIZAN		OBSERVACIONES
			SI	NO	
1.- Colgate Palmolive	Fca. de Jabones	Transnacional	X		Se utiliza en procesos de Producción e Investigación de mercados.
2.- Aceites y Jabones S.A.	Fca. de Jabones	Nacional		X	No se utiliza por ser muy costosa
3.- Abex Industrial S.A.	Fca. de Balatas	Nacional	X		Se utiliza en el control de calidad.
4.- Citla, S.A.	Fca. Bandas y Mangueras	Nacional		X	Resulta muy costosa.
5.- Camfi, Junior S.A.	Fca. de Ropa - p/ dama.	Nacional		X	No se utiliza por ser pequeña la fábrica.
6.- Zinc Industrial - S.A.	Fca. de Ligas de Zinc, Alumi-Puro.	Nacional		X	Desconocen la Investigación de operaciones
7.- Industrias Polidura S.A.	Fca de botes - de Hojalata.	Nacional		X	No se utiliza por escasez de recursos Financieros.
8.- Sandoz de México, S.A. de C.V.	Laboratorios - Medicinales	Transnacional	X		Se utiliza en sistemas de producción, lanzamientos de nuevos productos, e Investigación de mercados
9.- Sealed Power de - México, S.A.	Fca. de Partes automotrices	Transnacional	X		Está incluida en la tecnología -- que mandan de U.S.A.
10.-Carnival Creations de México, S.A.	Fca. de ropa - Intima de Mujer	Nacional		X	Desconocen la Investigación de - operaciones.
11.-Joseph Dixon Crucible Co. de México, S.A.	Fca. de Lápices y Pinturas	Transnacional	X		Se utiliza en producción y mercadotecnia.
12.-Champion de México S.A. de C.V.	Fca. de Bujías	Transnacional	X		Se utiliza en mercadotecnia, finanzas y producción.

EMPRESA	GIRO	TIPO DE EMPRESA	UTILIZAN		OBSERVACIONES
			SI	NO	
13.- Sandvik de México, S.A. de C.V.	Acero Inoxidable.	Sueca		X	La Dirección no lo autoriza
14.- Jabones Finos - S.A.	Fca. de Jabones	Nacional		X	La fábrica es pequeña, no es necesario.
15.- Industrias Pandco S.A. de C.V.	Empacadora de conservas y mariscos	Nacional	X		Se utiliza en el cálculo de costos de transporte.
16.- Leroy, S.A.	Fca. de Gasas y Vendas geringas	Nacional	X		Se utiliza en producción. Especificación particularmente el camino crítico.
17.- Tebo, S.A.	Fca. de Mangueras y auto-partes industriales	Nacional	X		Se utiliza en finanzas, especialmente para cálculos de costos, referentes a reparación o sustitución de equipo.
18.- Productos Pellikan, S.A.	Fca. de Materiales para Oficina	Transnacional	X		No especificaron en que áreas se utiliza.
19.- Aceites y Jabones	Fca. de Jabones y Aceites	Nacional		X	No se utiliza por contar con escasos recursos financieros.
20.- Transformación de Papel Hirabía S.A.		Nacional		X	No se utiliza por ser pequeña la empresa.
21.- Tubo Alambre y Lámina S.A.	Fca. de Alambre y Lámina	Nacional	X		Se utiliza en producción y alternativas de inversión.
22.- Fca. de papel San Juan? S.A.	Fca. de Papel	Nacional		X	No se utiliza por falta de recursos financieros.
23.- Fabricas de Papel Loreto y Peña Pobre, S.A.	Fca. de Papel	Nacional	X		Se utiliza en producción, finanzas y Mercadotecnia.

EMPRESA	GIRO	TIPO DE EMPRESA	UTILIZAN		OBSERVACIONES
			SI	NO	
24.- Cartonera Guadalupe S.A.	Fca. de Carton cillo	Nacional		X	No se utiliza por ser pequeña la empresa.
25.- Herdez, S.A.	Fca. de Alimen tos.	Transnacional	X		Se utiliza en todas las áreas

T A B L A D E P O R C E N T A J E S

	NACIONALES	%	TRANSNACIONALES	%	TOTAL	%
UTILIZAN	6	35.3	7	87.5	13	52
NO	<u>11</u>	<u>64.7</u>	<u>1</u>	<u>12.5</u>	<u>12</u>	<u>48</u>
	17	100.0	8	100.0	25	100

Interpretando los datos de las tablas anteriores, se puede observar claramente que la aplicación de investigación de operaciones en las actividades de empresas transnacionales es demasiado elevada y esto debido principalmente a la capacidad de recursos financieros, técnicos y humanos con que cuentan dichas empresas. Por el contrario, el porcentaje de aplicación de dicha técnica en las actividades de empresas mexicanas es bastante bajo como consecuencia de los escasos recursos ya citados.

VII.- Conclusiones.

Los primeros cinco capítulos de este estudio han tratado todos ellos de la Investigación de Operaciones, explicando las principales técnicas que se tienen disponibles acerca de esta materia y exponiendo varias aplicaciones de las mismas escogidas a manera de ejemplo. Pero conviene dejar claro que lo expuesto, de ninguna manera constituye la totalidad de las técnicas utilizables. La metodología de la materia y su aplicación está en pleno desenvolvimiento y es razonable esperar muchos perfeccionamientos en el futuro. Por la misma razón se recomienda estar al tanto de las novedades que a este respecto surjan, ya que corresponde al administrador mantener sus conocimientos al día y hallarse siempre preparado para los desafíos que se presenten en el marco de su vida profesional.

En cuanto al empleo de la Investigación de Operaciones en el sector empresarial mexicano, la parte medular de esta investigación (desarrollada en el capítulo VI) se puede concluir diciendo que la aplicación de esta técnica, es sumamente elevada en las operaciones de las distintas empresas extranjeras lo cual trae consigo innumerables beneficios en la planeación, implementación y control de actividades. En tanto las empresas mexicanas, en su mayoría se ven limitadas para utilizar esta técnica debido a sus escasos recursos financieros, técnicos y humanos, resultando como consecuencia la regular o deficiente dirección de la organización.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Fundamentos de Investigación de operaciones.
Ackoff-Saieni.
México, Edit, Limusa.
- 2.- Sistemas y Procedimientos
Lazzaro, Victor
México, Edit. Diana.
- 3.- Curso de Administración Moderna
Koontz y O'donnell
México, Edit. Mc. Graw Hill.
- 4.- Introducción a la teoría de las decisiones.
Rheault, Jean Paul
México, Edit. Limusa.
- 5.- Toma de decisiones por medio de investigación de opera -
ciones.
Thierauf, R.J. y Grosse. R.A.
México, Edit. Limusa.
- 6.- Guía para la Investigación de Operaciones
Duckworth Eric,
México, Edit. C.E.C.S.A.