

INTRODUCCION

Los cambios revolucionarios originaron gran aumento en la división de trabajo y la separación de las responsabilidades administrativas en las organizaciones. Sin embargo esta revolución creó nuevos problemas que ocurren hasta la fecha en muchas empresas. Uno de estos problemas es la tendencia de muchos de los componentes a convertirse en imperios relativamente autónomos, con sus propias metas y sistemas de valores. Este tipo de problemas, y la necesidad de encontrar la mejor forma de resolverlos, proporcionaron el surgimiento de la Investigación de Operaciones.

La Investigación de Operaciones aspira determinar la mejor solución (óptima) para un problema de decisión con la restricción de recursos limitados.

En la Investigación de Operaciones utilizaremos herramientas que nos permiten tomar una decisión a la hora de resolver un problema tal es el caso de los modelos e Investigación de Operaciones que se emplean según sea la necesidad.

Para llevar a cabo el estudio de Investigación de Operaciones es necesario cumplir con una serie de etapas o fases. Las principales etapas o fases de las que hablamos son las siguientes:

- Definición del problema.
- Construcción del modelo.
- Solución del modelo.
- Validación del modelo.
- Implantación de los resultados finales.

Orígenes de la Investigación de Operaciones.

El inicio de la Investigación de Operaciones se remonta a la época de la Segunda Guerra Mundial en donde surgió la necesidad urgente de asignar recursos escasos a las diferentes operaciones militares y a las actividades dentro de cada operación, en la forma más efectiva, es por esto, que las administraciones militares americana e inglesa hicieron un llamado a un gran número de científicos para que aplicaran el método científico a los problemas estratégicos y tácticos, a dichos científicos se les pidió que hicieran investigaciones sobre las operaciones militares. Todo el esfuerzo de este equipo de científicos (que fueron el primer equipo de Investigación de Operaciones) lograron el triunfo de muchas batallas.

Luego de terminar la guerra, el éxito de la Investigación de Operaciones en las actividades bélicas generó un gran interés en sus aplicaciones fuera del campo militar.

Desde la década de 1950, se había introducido el uso de la Investigación de Operaciones en la industria, los negocios y el gobierno, desde entonces, esta disciplina se ha desarrollado con rapidez.

Un factor importante de la implantación de la Investigación de Operaciones en este periodo es el mejoramiento de las técnicas disponibles en esta área. Muchos de los científicos que participaron en la guerra, se encontraron a buscar resultados sustanciales en este campo; un ejemplo sobresaliente es el método Simplex para resolución de problemas de Programación Lineal, desarrollado en 1947 por George Dantzing. Muchas de las herramientas utilizadas en la Investigación de Operaciones como la Programación Lineal, la Programación Dinámica, Líneas de Espera y Teoría de Inventarios fueron desarrollados al final de los años 50.

Un segundo factor importante para el desarrollo de este campo fue el advenimiento de la revolución de las computadoras. Para manejar los complejos problemas relacionados con esta disciplina, generalmente se

requiere un gran número de cálculos que llevarlos a cabo a mano es casi imposible. Por lo tanto el desarrollo de la computadora digital, fue una gran ayuda para la Investigación de Operaciones.

En la década de los 80 con la invención de computadoras personales cada vez más rápidas y acompañadas de buenos paquetes de Software para resolver problemas de Investigación de Operaciones esto puso la técnica al alcance de muchas personas. Hoy en día se usa toda una gama de computadoras, desde las computadoras de grandes escalas como las computadoras personales para la Investigación de Operaciones.

Definición y Significado de Investigación de Operaciones.

- La Investigación de Operaciones aspira a determinar el mejor curso de acción, o curso óptimo, de un problema de decisión con la restricción de recursos limitados.
- Como técnica para la resolución de problemas, investigación de operaciones debe visualizarse como una ciencia y como un arte.

Como Ciencia radica en ofrecer técnicas y algoritmos matemáticos para resolver problemas de decisión adecuada.

Como Arte debido al éxito que se alcanza en todas las fases anteriores y posteriores a la solución de un modelo matemático, depende de la forma apreciable de la creatividad y la habilidad personal de los analistas encargados de tomar las decisiones.

En un equipo de Investigación de Operaciones es importante la habilidad adecuada en los aspectos científicos y artísticos de Investigación de Operaciones. Si se destaca un aspecto y no el otro probablemente se impedirá la utilización efectiva de la Investigación de Operaciones en la práctica.

- La Investigación de Operaciones en la Ingeniería de Sistemas se emplea principalmente en los aspectos de coordinación de operaciones y actividades de la organización o sistema que se analice, mediante el empleo de modelos que describan las interacciones entre los componentes del sistema y de éste con este con su medio ambiente
- En la Investigación de Operaciones la parte de Investigación se refiere a que aquí se usa un enfoque similar a la manera en la que se lleva a cabo la investigación en los campos científicos establecidos. La parte de Operaciones es por que en ella se resuelven problemas que se refieren a la conducción de operaciones dentro de una organización.

Características de la Investigación de Operaciones.

- La Investigación de Operaciones usa el método científico para investigar el problema en cuestión. En particular, el proceso comienza por la observación cuidadosa y la formulación del problema incluyendo la recolección de datos pertinentes.
- La Investigación de Operaciones adopta un punto de vista organizacional. De esta manera intenta resolver los conflictos de interés entre los componentes de la organización de forma que el resultado sea el mejor para la organización completa.
- La Investigación de Operaciones intenta encontrar una mejor solución (llamada solución optima), para el problema bajo consideración. En lugar de contentarse con mejorar el estado de las cosas, la meta es identificar el mejor curso de acción posible.
- En la Investigación de Operaciones es necesario emplear el enfoque de equipo. Este equipo debe incluir personal con antecedentes firmes en matemáticas, estadísticas y teoría de probabilidades, economía, administración de empresas ciencias de la computación, ingeniería, etc. El equipo también necesita tener la experiencia y las habilidades para permitir la consideración adecuada de todas las

ramificaciones del problema.

- La Investigación de Operaciones ha desarrollado una serie de técnicas y modelos muy útiles a la Ingeniería de Sistemas. Entre ellos tenemos: la Programación No Lineal, Teoría de Colas, Programación Entera, Programación Dinámica, entre otras.
- La Investigación de Operaciones tiende a representar el problema cuantitativamente para poder analizarlo y evaluar un criterio común.

Definición de Modelos.

- Un modelo de decisión debe considerarse como un vehículo para resumir un problema de decisión en forma tal que haga posible la identificación y evaluación sistemática de todas las alternativas de decisión del problema. Después se llega a una decisión seleccionando la alternativa que se juzgue sea la mejor entre todas las opciones disponibles.
- Un modelo es una abstracción selectiva de la realidad.
- El modelo se define como una función objetivo y restricciones que se expresan en términos de las variables (alternativas) de decisión del problema.
- Una solución a un modelo, no obstante, de ser exacta, no será útil a menos que el modelo mismo ofrezca una representación adecuada de la situación de decisión verdadera.
- El modelo de decisión debe contener tres elementos:
 - Alternativas de decisión, de las cuales se hace una selección.
 - Restricciones, para excluir alternativas infactibles.
 - Criterios para evaluar y clasificar alternativas factibles.

Tipos de Modelos de Investigación de Operaciones.

- **(a) Modelo Matemático:** Se emplea cuando la función objetivo y las restricciones del modelo se pueden expresar en forma cuantitativa o matemática como funciones de las variables de decisión.

(b) Modelo de Simulación: Los modelos de simulación difieren de los matemáticos en que la relación entre la entrada y la salida no se indican en forma explícita. En cambio, un modelo de simulación divide el sistema representado en módulos básicos o elementales que después se enlazan entre sí vía relaciones lógicas bien definidas. Por lo tanto, las operaciones de cálculos pasaran de un módulo a otro hasta que se obtenga un resultado de salida.

Los modelos de simulación cuando se comparan con modelos matemáticos; ofrecen mayor flexibilidad al representar sistemas complejos, pero esta flexibilidad no está libre de inconvenientes. La elaboración de este modelo suele ser costoso en tiempo y recursos. Por otra parte, los modelos matemáticos óptimos suelen poder manejarse en términos de cálculos.

- **Modelos de Investigación de Operaciones de la ciencia de la administración:** Los científicos de la administración trabajan con modelos cuantitativos de decisiones.
- **Modelos Formales:** Se usan para resolver problemas cuantitativos de decisión en el mundo real. Algunos modelos en la ciencia de la administración son llamados modelos determinísticos. Esto significa que todos los datos relevantes (es decir, los datos que los modelos utilizarán o evaluarán) se dan por conocidos. En los modelos probabilísticos (o estocásticos), alguno de los datos importantes se consideran inciertos, aunque debe especificarse la probabilidad de tales datos.

En la siguiente tabla se muestran los modelos de decisión según su clase de incertidumbre y su uso en las corporaciones. (D, determinista; P, probabilista; A, alto; B, bajo)

Tipo de Modelo	Clase de Incertidumbre	
----------------	------------------------	--

		Frecuencia de uso en corporaciones
Programación Lineal	D	A
Redes (Incluye PERT/CPM)	D,P	A
Inventarios, producción y programación	D,P	A
Econometría, pronóstico y simulación	D,P	A
Programación Entera	D	B
Programación Dinámica	D,P	B
Programación Estocástica	P	B
Programación No Lineal	D	B
Teoría de Juegos	P	B
Control Optimo	D,P	B
Líneas de Espera	P	B
Ecuaciones Diferenciales	D	B

- **Modelo de Hoja de Cálculo Electrónica:** La hoja de cálculo electrónica facilita hacer y contestar preguntas de que si en un problema real. Hasta ese grado la hoja de cálculo electrónica tiene una representación selectiva del problema y desde este punto de vista la hoja de cálculo electrónica es un modelo.

En realidad es una herramienta mas que un procedimiento de solución.

Etapas de la Investigación de Operaciones.

Las etapas de un estudio de Investigación de Operaciones son las siguientes:

- Definición del problema de interés y recolección de los datos relevantes.
- Formulación de un modelo matemático que represente el problema.
- Desarrollo de un procedimiento basado en computadora para derivar una solución al problema a partir del modelo.
- Prueba del modelo y mejoramiento según sea necesario.
- Preparación para la aplicación del modelo prescrito por la administración.
- Puesta en marcha.

Definición del problema y recolección de datos.

La primera actividad que se debe realizar es el estudio del sistema relevante y el desarrollo de un resumen bien definido del problema que se va a analizar. Esto incluye determinar los objetivos apropiados, las restricciones sobre lo que se puede hacer, las interrelaciones del área bajo estudio con otras áreas de la organización, los diferentes cursos de acción posibles, los límites de tiempo para tomar una decisión, etc. Este proceso de definir el problema es crucial ya que afectará en forma significativa la relevancia de las conclusiones del estudio.

Determinar los objetivos apropiados viene a ser un aspecto muy importante en la formulación del problema. Para hacerlo, es necesario primero identificar a la persona o personas de la administración que de hecho tomarán las decisiones concernientes al sistema bajo estudio, y después escudriñar los pensamientos de estos individuos respecto a los objetivos pertinentes. (Incluir al tomador de decisiones desde el principio es esencial para obtener su apoyo al realizar el estudio.)

Es común que los equipos de Investigación de Operaciones pasen mucho tiempo recolectando los datos relevantes sobre el problema. Se necesitan muchos datos como para lograr un entendimiento exacto del problema como para proporcionar el insumo adecuado para el modelo matemático que se formulará en la siguiente etapa del estudio.

Tomará un tiempo considerable al equipo de Investigación de Operaciones recabar la ayuda de otros de otros individuos clave de la organización para recolectar todos los datos importantes. Muchas veces, el equipo de Investigación de Operaciones pasará mucho tiempo intentando mejorar la precisión de los datos y al final tendrá que trabajar con lo que pudo obtener.

Aplicación: El Departamento de Salud de New Haven, Connecticut utilizó un equipo de Investigación de Operaciones para diseñar un programa efectivo de intercambio de agujas para combatir el contagio del virus que causa el SIDA (HIV), y tuvo éxito en la reducción del 33% de la tasa de infección entre los clientes del programa. La parte central de este estudio fue un innovador programa de recolección de datos para obtener los insumos necesarios para los modelos matemáticos de transmisión del SIDA. Este programa barco un rastreo completo de cada aguja (y cada jeringa), con la identificación, localización y fecha de cada persona que recibía una aguja y cada persona que la regresaba durante un intercambio, junto con la prueba de si la condición de la aguja era HIV – positivo o HIV – negativo.

Formulación de un modelo matemático.

Una vez definido el problema del tomador de decisiones, la siguiente etapa consiste en reformularlo de manera conveniente para su análisis. La forma convencional en que la investigación de operaciones realiza esto es construyendo un modelo matemático que represente la esencia del problema. El modelo matemático puede expresarse entonces como el problema de elegir los valores de las variables de decisión de manera que se maximice la función objetivo, sujeta a las restricciones dadas. Un modelo de este tipo, y algunas variaciones menores sobre él, tipifican los modelos analizados en investigación de operaciones.

Un paso crucial en la formulación de un modelo de Investigación de Operaciones es la construcción de la función objetivo. Esto requiere desarrollar una medida cuantitativa de la efectividad relativa a cada objetivo del tomador de decisiones identificado cuando se estaba definiendo el problema. Si en el estudio se contemplan mas de un objetivo, es necesario transformar y combinar las medidas respectivas en una medida compuesta de efectividad llamada **medida global de efectividad**. A veces esta medida compuesta puede ser algo tangible (por ejemplo, ganancias) y corresponder a una meta mas alta de la organización, o puede ser abstracta (como utilidad). En este último caso la tarea para desarrollar esta medida puede ser compleja y requerir una comparación cuidadosa de los objetivos y su importancia relativa.

Aplicación: La Oficina responsable del control del agua y los servicios públicos del Gobierno de Holanda, el Rijkswaterstatt, concesionó un importante estudio de Investigación de Operaciones para guiarlo en el desarrollo de una importante política de administración del agua. La nueva política ahorro cientos de millones de dólares en gastos de inversión y redujo el daño agrícola en alrededor de 15 millones de dólares anuales, al mismo tiempo que disminuyo la contaminación térmica y debida a las algas. En lugar de formular un modelo matemático, este estudio de Investigación de Operaciones desarrolló un sistema integrado y comprensible de ¡50 modelos! Mas aún, para alguno de los modelos, se desarrollan versiones sencillas y complejas. La versión sencilla se usó para adquirir una visión básica incluyendo el análisis de trueques. La versión compleja se usó después en las corridas finales del análisis o cuando se deseaba mayor exactitud o más detalles en los resultados. El estudio completo de Investigación de Operaciones involucró directamente a mas de 125 personas – año de esfuerzo (mas de un tercio de ellas en la recolección de datos), creó varias docenas de programas de computación y estructuró una enorme cantidad de datos.

Obtención de una solución a partir del modelo.

Una vez formulado el modelo matemático para el problema bajo estudio, la siguiente etapa para un estudio de Investigación de Operaciones consiste en desarrollar un procedimiento (por lo general basado en computadora) para derivar una solución al problema a partir de este modelo. Esta es una etapa relativamente sencilla, en la que se aplican uno de los algoritmos de investigación de operaciones en una computadora.

Un tema común en Investigación de Operaciones es la búsqueda de una solución óptima, es decir, la mejor. Se han desarrollado muchos procedimientos para encontrarla en cierto tipo de problemas, pero es necesario reconocer que estas soluciones son óptimas sólo respecto al modelo que se está utilizando.

La meta de un estudio de Investigación de Operaciones debe ser llevada a cabo el estudio de manera óptima, independientemente de si implica o no encontrar una solución óptima para el modelo. Al reconocer este concepto, los equipos de Investigación de Operaciones en ocasiones utilizan sólo procedimientos heurísticos (es decir, procedimientos de diseño intuitivo que no garantizan una solución óptima) para encontrar una buena solución subóptima. Esto ocurre con mas frecuencia en los casos en que el tiempo o el costo que se requiere para encontrar una solución óptima para un modelo adecuado del problema son muy grandes.

Si la solución se implanta sobre la marcha, cualquier cambio en el valor de un parámetro sensible advierte de inmediato la necesidad de cambiar la solución.

El análisis posóptimo también incluye la obtención de un conjunto de soluciones que comprende una serie de aproximaciones, cada vez mejores, al curso de acción ideal. Así, las debilidades aparentes de la solución inicial se usan para sugerir mejoras al modelo, a sus datos de entrada y quizá al procedimiento de solución. Se obtiene entonces una nueva solución, y el ciclo se repite. Este proceso sigue hasta que las mejoras a soluciones sucesivas sean demasiado pequeñas para justificar su solución.

Aplicación: Considere el nuevo estudio de Investigación de Operaciones para el Rijkswaterstatt sobre la política de administración de agua en Holanda, que se introdujo en el concepto anterior. Este estudio no concluyó con la recomendación de una sola solución. Mas bien, se identificaron, analizaron y compararon varias alternativas atractivas. La elección final se dejo al proceso político de gobierno de Holanda que culmino con la aprobación del Parlamento. El análisis de sensibilidad jugó un papel importante en este estudio. Por ejemplo, ciertos parámetros de los modelos representaron estándares ecológicos. El análisis de sensibilidad incluyó la evaluación del impacto en los problemas de agua si los valores de estos parámetros se cambiaran de los estándares ecológicos a otros valores razonables. Se usó también para evaluar el impacto de cambios en las suposiciones de los modelos, por ejemplo, la suposición sobre el efecto de tratados internacionales futuros sobre la contaminación que pudiera llegar. También se analizaron varios escenarios (como años secos o húmedos extremos), asignando las probabilidades adecuadas.

Prueba del modelo.

El desarrollo de un modelo matemático grande es análogo en algunos aspectos al desarrollo de un programa de computadora grande. Cuando se completa la primera versión, es inevitable que contenga muchas fallas. El programa debe probarse de manera exhaustiva para tratar de encontrar y corregir tantos problemas como sea posible.

Este proceso de prueba y mejoramiento de un modelo para incrementar su validez se conoce como validación del modelo.

Un enfoque mas sistemático para la prueba del modelo es emplear una prueba retrospectiva. Cuando es apacible, esta prueba utiliza datos históricos y reconstruye el pasado para determinar si el modelo y la solución resultante hubieran tenido un buen desempeño, de haberse usado. Al emplear alternativas de solución y estimar sus desempeños históricos hipotéticos, se pueden reunir evidencias en cuanto a lo bien que el modelo predice los efectos relativos de los diferentes cursos de acción.

Aplicación: En un estudio de Investigación de Operaciones para IBM se realizó con el fin de integrar su red nacional de inventarios de refacciones para mejorar el servicio a los clientes, al mismo tiempo que reducir el valor de los inventarios de IBM en más de 250 millones de dólares y ahorrar otros 20 millones de dólares anuales a través del mejoramiento de la eficiencia operacional. Un aspecto en particular interesante de la etapa de validación del modelo en este estudio fue la manera en que se incorporaron al proceso de prueba los usuarios futuros del sistema de inventarios. Debido a que estos usuarios futuros (los administradores de IBM en las áreas funcionales responsables de la implantación del sistema de inventarios) dudaban del sistema que se estaba desarrollando, se asignaron representantes a un equipo de usuarios que tendría la función de asesorar al equipo de Investigación de Operaciones. Una vez desarrollada la versión preliminar del nuevo sistema (basada en el sistema de inventarios de multiniveles) se lleva a cabo una prueba preliminar de implantación. La extensa retroalimentación por parte del equipo de usuarios llevó a mejoras importantes en el sistema propuesto.

Preparación para la aplicación del modelo.

El siguiente paso es instalar un sistema bien documentado para aplicar el modelo según lo establecido por la administración.

Este sistema casi siempre está diseñado para computadora. De hecho, con frecuencia se necesita un número considerable de programas integrados. La base de datos y los sistemas de información administrativos pueden proporcionar entrada actualizada para el modelo cada vez que se use, en cuyo caso se necesitan programas de interfaz (de interacción con el usuario). Después de aplicar un procedimiento de solución (otro programa) al modelo, puede ser que los programas adicionales manejen la implantación de los resultados de manera automática. En otros casos se instala un sistema interactivo de computadora llamado sistema de soporte de decisiones, para ayudar a la gerencia a usar datos y modelos para apoyar (no para sustituir) su toma de decisiones cuando lo necesiten. Otro programa puede generar informes gerenciales (en el lenguaje administrativo) que interpretan la salida del modelo y sus implicaciones en la práctica.

Aplicación: Un sistema de cómputo grande para aplicar un modelo a las operaciones de control de una red nacional. Este sistema, llamado SYSNET, fue desarrollado como resultado de un estudio de Investigación de Operaciones realizado para la Yellow Freight System, Inc. Esta compañía maneja anualmente más de 15 millones de envíos de mensajería a través de una red de 630 terminales en todo Estados Unidos. SYSNET se usa tanto para optimizar tanto para optimizar las rutas de los envíos como el diseño de la red. Debido a que el sistema requiere mucha información sobre los flujos y pronósticos de carga, los costos de transporte y manejo, etc.; una parte importante del estudio de Investigación de Operaciones está dedicada a la integración de SYSNET al sistema de información administrativo de la corporación. Esta integración permitió la integración periódica de la entrada al modelo. La implantación de SYSNET dio como resultado el ahorro anual de alrededor de 17.3 millones de dólares además de un mejor servicio a los clientes.

Implantación.

Una vez desarrollado un sistema para aplicar un modelo, la última etapa de un estudio de Investigación de Operaciones es implementarlo siguiendo lo establecido por la administración.

La etapa de implantación incluye varios pasos. Primero, el equipo de Investigación de Operaciones da una cuidadosa explicación a la gerencia operativa sobre el nuevo sistema que se va a adoptar y su relación con la realidad operativa. Enseguida, estos dos grupos comparten la responsabilidad de desarrollar los procedimientos requeridos para poner este sistema en operación. La gerencia operativa se encarga después de dar una capacitación detallada al personal que participa, y se inicia entonces el nuevo curso de acción. Si tiene éxito, el nuevo sistema se podrá emplear durante algunos años. Con esto en mente, el equipo de Investigación de Operaciones supervisa la experiencia inicial con la acción tomada para identificar cualquier modificación que tenga que hacerse en el futuro.

Aplicación: Este ultimo punto sobre la documentación de un estudio Investigación de Operaciones se ilustra con el caso de la política nacional de administración del agua de Rijkswaterstatt en Holanda. La administración deseaba documentación mas extensa que lo normal, tanto para apoyar la nueva política como para utilizarla en la capacitación de nuevos analistas o al realizar nuevos estudios. Completar esta documentación requirió varios años y ¡quedo contenida en 4000 páginas a espacio sencillo encuadernadas en 21 volúmenes!

Definición de Sistemas de Producción.

La producción es el acto intencional de producir algo útil. La definición de producción se modifica para incluir el concepto de sistema, diciendo que u sistema de producción es el proceso específico por medio del cual los elementos se transforman en productos útiles. Un proceso es un procedimiento organizado para lograr la conversión de insumos en resultados.

Cualquier sistema es una colección de componentes interactuantes. Cada componente podría ser un sistema en si mismo en un orden descendente de sencillez. Los sistemas se distinguen por sus objetivos; el objetivo de un sistema podría ser producir un componente que se va a ensamblar con otros componentes para alcanzar el objetivo que es un sistema mayor. Se requieren técnicas mas elaboradas para tratar con sistemas más complejos. Es una carrera de relevos entre el desarrollo de sistemas cada vez más complejos y el desarrollo de métodos mas eficientes de dirección para controlarlos.

Tipos de Modelos de los Sistemas de Producción.

El modelo físico: Los modelos, por semejanza, derivan su utilidad de un cambio en la escala. Los patrones microscópicos pueden amplificarse para su investigación, y las enormes estructuras pueden hacerse a una escala más pequeña, hasta una magnitud que sea manipulable. Necesariamente, algunos detalles se pierden en los modelos. En las replicas físicas, esta pérdida puede ser una ventaja, cuando la consideración clave, es un factor, tal como la distancia, pero puede ser inútil un estudio si la influencia predominante se desvirtúa en la construcción del modelo.

El modelo esquemático: Los modelos de dos dimensiones son la delicia de quienes disfrutan de las gráficas. Los aspectos gráficos son útiles para propósitos de demostración. Algunos ejemplos que se encuentran comúnmente incluyen los diagramas de la organización, diagramas de flujo del proceso y gráficas de barras. Los símbolos sobre tales diagramas pueden arreglarse fácilmente para investigar el efecto de la reorganización.

El modelo matemático: Las expresiones cuantitativas, es decir, los modelos más abstractos, generalmente son los mas útiles. Cuando un modelo matemático puede construirse para representar en forma exacta la situación de un problema, suministra una poderosa arma para el estudio; es fácil de manipular, el efecto de las variables interactuantes se aprecia claramente y, sobre todo, es un modelo preciso. Por lo general, cualquier definición debida al empleo de los modelos matemáticos se origina por algún error cometido en las suposiciones básicas y en las premisas sobre las cuales están basados.