

EL DISEÑO DE INVESTIGACION: ETAPA FUNDAMENTAL DEL PLANEAMIENTO DE UN TRABAJO DE GRADO EN INGENIERIA

*Alicia Torres Muñoz**

La Ingeniería moderna en contraste con la situación del pasado, ante el acelerado crecimiento de los conocimientos científicos comprende más ciencia y menos arte aunque éste siempre estará presente en la forma de creatividad y criterio personales.

Esta circunstancia obliga al profesional de hoy a fundamentar la elaboración de sus diseños en la disciplina de la investigación, ruta segura para el logro de objetivos que se propone.

El tema corresponde a la etapa más importante del planeamiento de un trabajo de investigación. Tal como la conciben autorizados expertos, un buen diseño equivale a la mitad del camino que ha de recorrerse en una investigación.

La fundamentación bibliográfica de este artículo se apoya esencialmente en las obras de Eduard V. Krick, 1973-1979-1987, referidas al proceso de diseño en Ingeniería, en la obra, El Ingeniero Civil Que Hace de Héctor Bolívar y otros 1982.

El objetivo es ofrecer a los estudiantes de Ingeniería por medio de un flujograma, una orientación metodológica para el normal desarrollo del proyecto de grado.

* Licenciada en Ciencias de la Educación, Magister en Investigación y Docencia Universitaria, Jefe del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería civil y Profesora titular de la Universidad Militar Nueva Granada.

QUE ES UN DISEÑO DE INVESTIGACION?

Un diseño de investigación es un instrumento metodológico para desarrollar el proceso investigativo y verificar la competencia académica y científica en la solución de problemas. Es un documento donde el investigador planea lo que desea hacer de acuerdo con normas metodológicas establecidas. Se puede definir como un conjunto de elementos interrelacionados de una estructura diseñada para lograr objetivos, ante necesidades detectadas.

Un diseño de investigación en Ingeniería es:

... la secuencia de actividades que principia al considerarse un problema y determina cuando se ha especificado o determinado por completo una solución funcional, económica y satisfactoria en cualquier otro sentido. Abarca el enunciado de dispositivos, la predicción del funcionamiento, el tomar la decisión de su ejecución, la optimización, las especificaciones y, de hecho la mayoría de las técnicas y habilidades que se consideran parte del método de la Ingeniería. Al describir el proceso de diseño se describirá la esencia de la Ingeniería (Krick, 1979, p. 3).

Los diseños de investigación se elaboran para facilitar la tarea del investigador a fin de responder a las preguntas que dieron origen a la indagación, con el máximo de exactitud y economía de esfuerzo.

La importancia del diseño se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- Determina con precisión el problema que se va a solucionar.

- Facilita la organización y solución de los aspectos teóricos y metodológicos que permitirán analizar el problema.
- Establece cada una de las etapas, pasos y actividades que se van a desarrollar.
- Permite determinar el alcance y limitaciones del proyecto.
- Racionaliza el trabajo por cuanto obliga a prever con anticipación los recursos materiales y financieros que demandará el proyecto.
- Evita pérdidas de tiempo y dinero en la realización del trabajo.

Se presentan a continuación las fases que comprende el diseño, etapa fundamental en el proceso solucionador de problemas en Ingeniería (Krick 1979) las cuales llevan implícitos los pasos que idealmente comprende el diseño clásico de investigación.

FASES DEL PROCESO DE DISEÑO EN INGENIERIA

1. *FORMULACION DEL PROBLEMA.* Identificación, definición y análisis del problema que se va a resolver.
2. *BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION.* Mediante la recopilación de información básica primaria y secundaria complementada con la inventiva.
3. *DECISION.* Todas las alternativas se evalúan, comparan y seleccionan hasta obtener la solución óptima.
4. *ESPECIFICACION.* Exposición detallada de la alternativa elegida.

5. **DISEÑO METODOLÓGICO.** Conjunto de actividades que se van a realizar para el desarrollo de la alternativa seleccionada. Se organizan en función de los objetivos específicos propuestos.

6. **DISEÑO ADMINISTRATIVO.** Comprende los recursos humanos institucionales, técnicos y económicos necesarios para el desarrollo del proyecto.

PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACION DEL DISEÑO

El siguiente diagrama de flujo ofrece al estudiante próximo a graduarse una visión esquemática de las fases mencionadas, conformada por una secuencia de pasos que permite ordenar las actividades necesarias para el logro del objetivo propuesto.

No debe olvidarse que sólo con fines didácticos y metodológicos, se intenta representar en forma lineal, espacial y estática algo que no es ni lineal ni espacial ni estático. En éste como en todo proceso hay cierta flexibilidad y la importancia de un momento fácilmente se mueve de una fase, a la siguiente. A veces al diseñador se le ocurrirán alternativas de soluciones mientras está tratando de formular el problema; o durante la búsqueda, tal vez decida reformularlo.

EXPLICACION DE ELEMENTOS IMPORTANTES QUE COMPRENDEN LAS DISTINTAS FASES DEL DISEÑO

1. FASE DE FORMULACION DEL PROBLEMA

El problema. "Un problema de Ingeniería surge cuando existe el deseo de transformar

un estado de condiciones en otro" (Krick, 1973, p. 73). Una característica de la mayoría de los problemas es a menudo el gran número de soluciones posibles; es decir de formas diferentes para lograr dicha transformación. Por ejemplo el problema puede consistir en cruzar un río; en trasladarse de un punto del planeta a otro, en transformar el agua de río en agua potable.

En cualquier problema existe un estado original de condiciones al que se denomina estado A equivalente a los insumos o datos de entrada.

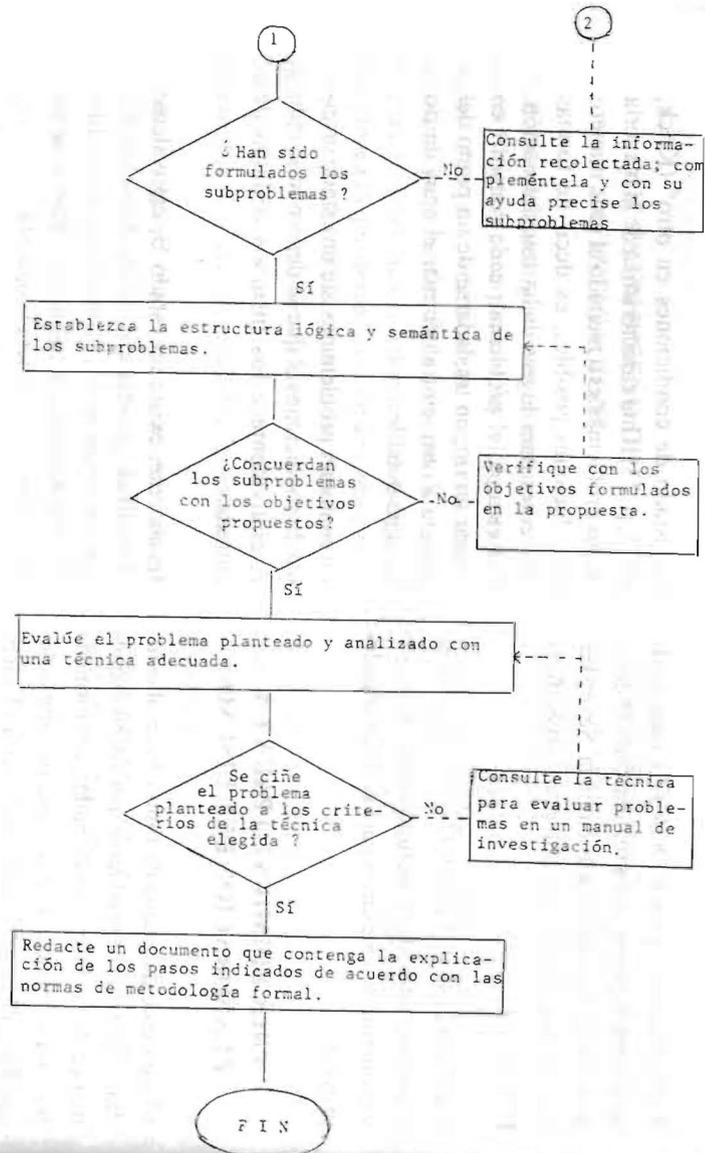
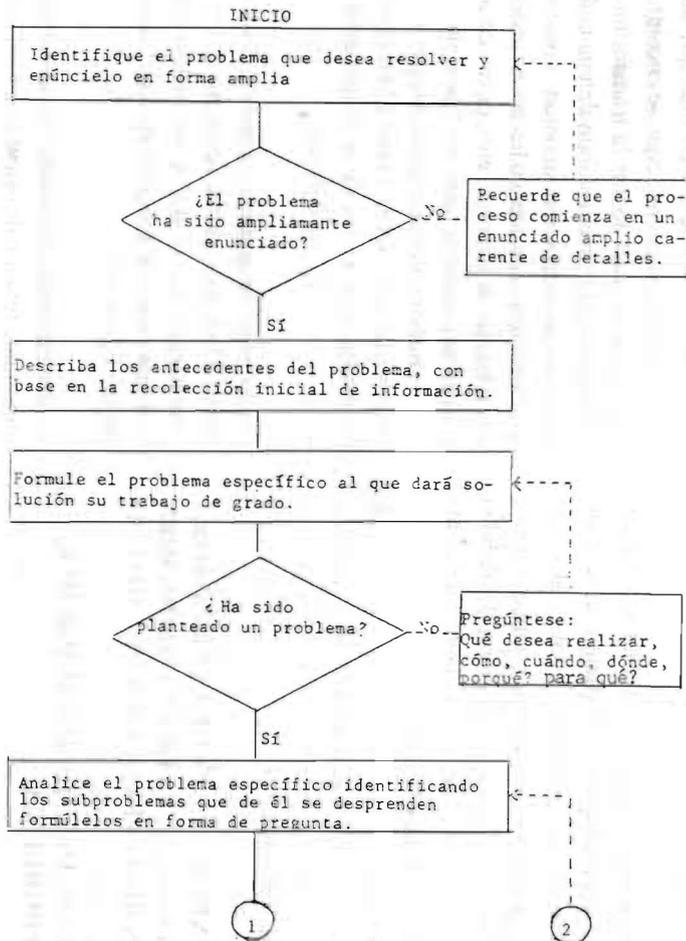
Igualmente, existe un estado B, equivalente al resultado, producto o, salida. Entre los dos estados se encuentra el proceso solucionador del problema que el ingeniero debe precisar de acuerdo con la meta propuesta.

Un problema involucra algo más que hallar una solución cualquiera; requiere encontrar el mejor método para lograr la transformación deseada. Es el primer eslabón de una cadena problema-investigación solución: constituye un objeto, una situación, un hecho, un proceso, una relación de factores, etc., cuyas características nos interesa conocer. Para ello centramos nuestra atención en él, empezamos a observarlo, a recoger toda la información disponible con el fin de ir delimitando un campo específico de estudio.

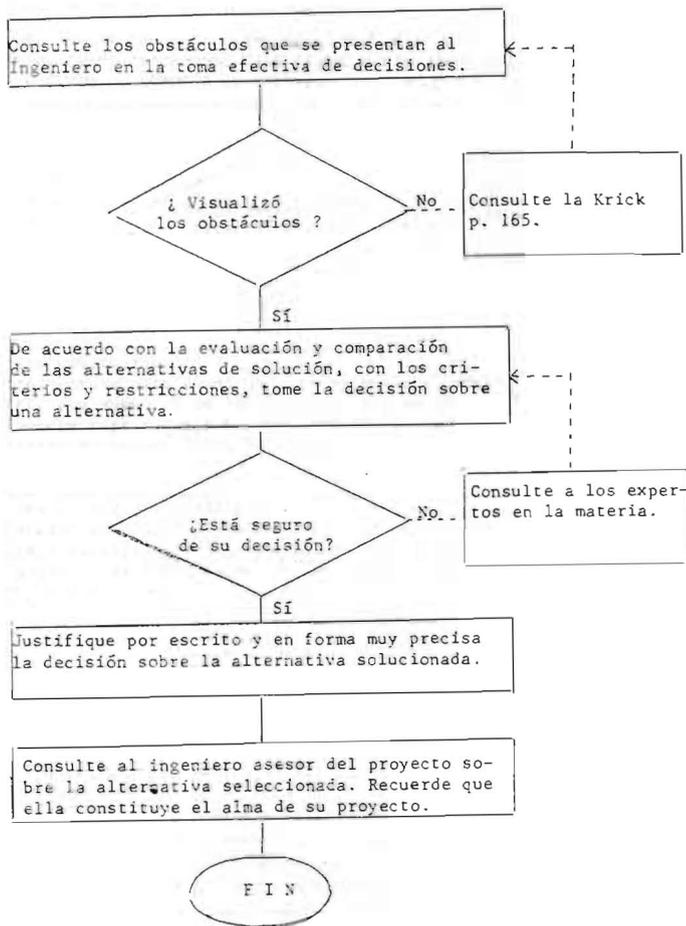
Por lo tanto, la primera respuesta al interrogante Qué deseamos realizar, conocer, investigar? es formular un problema en términos precisos concretando claramente el objeto de estudio.

El planteamiento del problema desempeña la importante función de orientar todo el trabajo siguiente. Por lo tanto el más pequeño error en este momento de la investigación trae

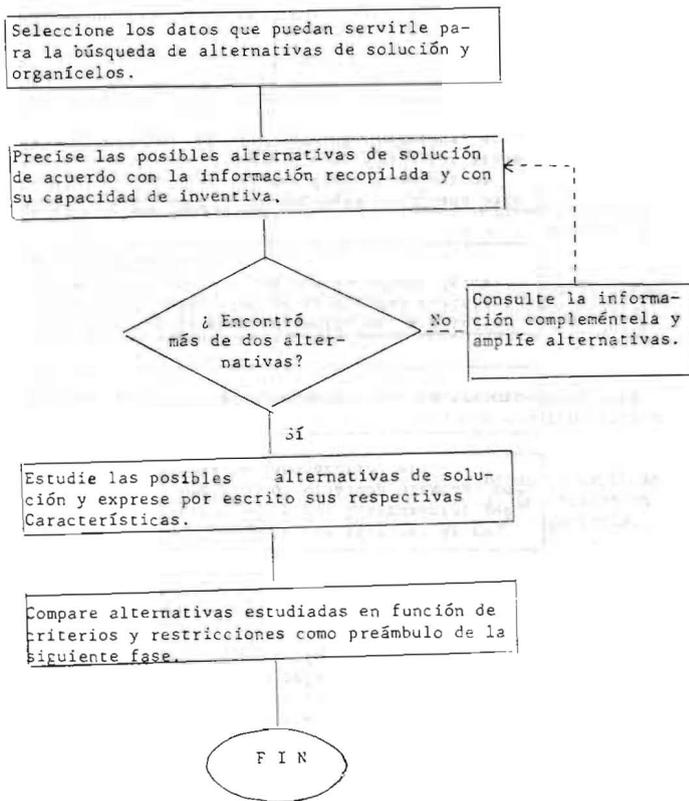
PRIMERA FASE: FORMULACION DEL PROBLEMA

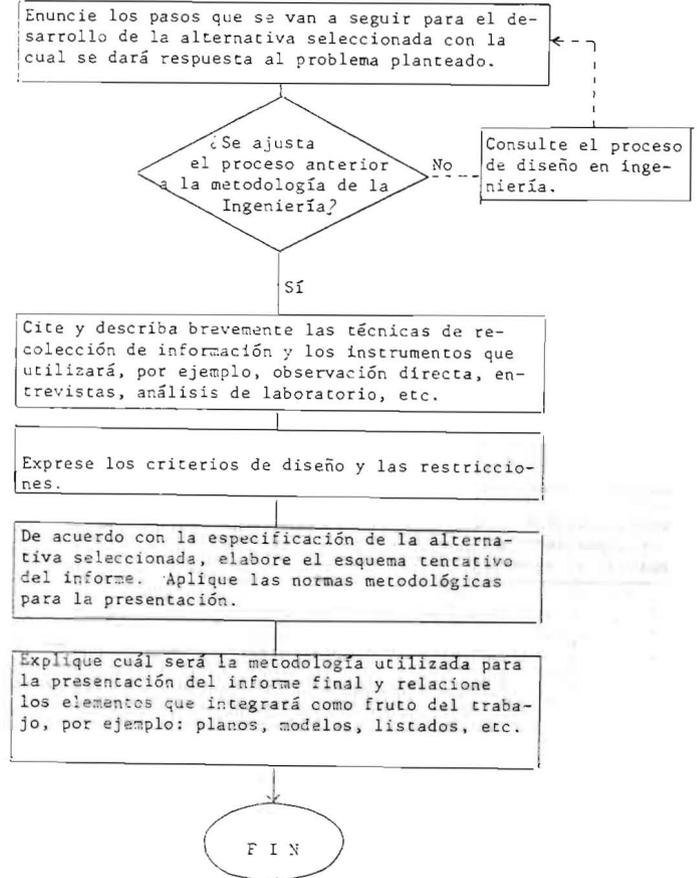
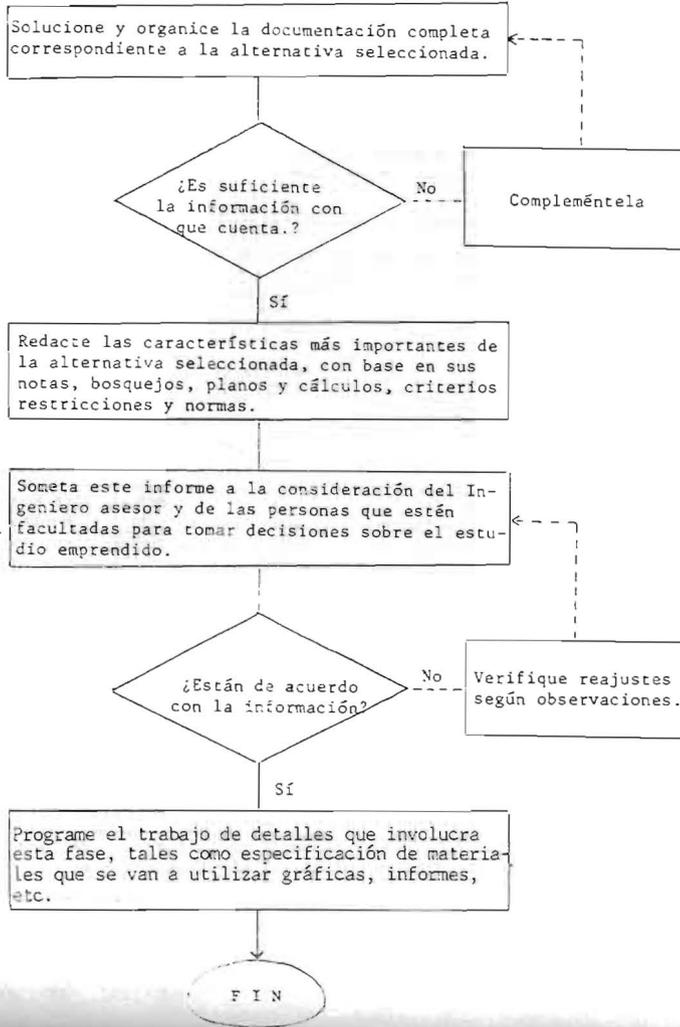


TERCERA FASE: DECISION

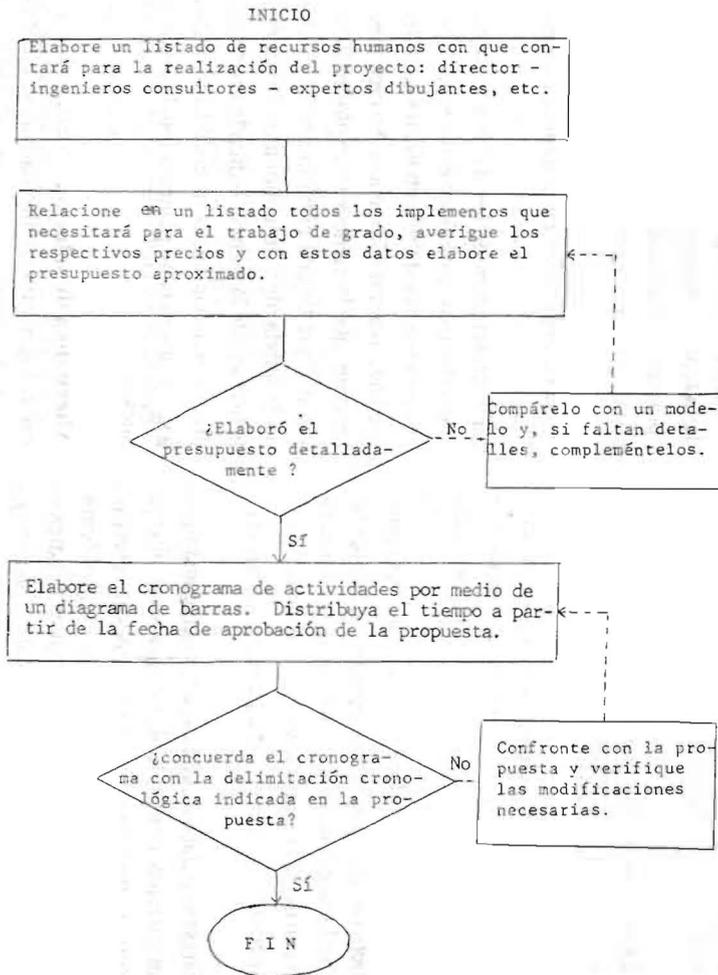


SEGUNDA FASE: INVESTIGACION O BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION





SEXTA FASE: DISEÑO ADMINISTRATIVO



ADVERTENCIAS IMPORTANTES

1. Cuando el estudiante de Ingeniería próximo a graduarse tenga resueltas las seis fases indicadas sepa que ya cuenta con la mitad del trabajo requerido para su proyecto.
2. Legajar cuidadosamente los documentos procedentes de la información, respaldados con los respectivos datos bibliográficos, como también las ideas producto de la capacidad creativa del proponente.
3. Se sugiere consultar permanentemente las obras citadas para ampliar y afianzar los conceptos que en forma muy sintética se presentan.
4. Para facilitar el desarrollo del anterior proceso se explican a continuación algunos componentes importantes implícitos en las distintas fases y específicos del diseño en Ingeniería.

consecuencias negativas para todo el trabajo posterior. No sólo es necesario visualizar el problema sino plantearlo correctamente.

Un problema se puede formular satisfactoriamente en forma verbal o diagramática por el método de la caja negra tal como se muestra en los ejemplos de la obra citada.

Las fases de formulación y análisis del problema tienen características especiales en un diseño de Ingeniería y deben ser consultadas en Krick (Fundamentos de Ingeniería, 1979, capítulo 4, p. 77 a 99).

2. FASE DE INVESTIGACION O BUSQUEDA

En ella se indaga acerca de las diversas alternativas de solución, empleando para ello el razonamiento creativo, las técnicas de documentación, etc. dará por resultado el marco teórico del proyecto.

El marco teórico consiste en precisar y organizar las ideas y los conceptos que son fundamentales para seleccionar e interpretar hechos relacionados con solución del problema planteado. Para la redacción del marco teórico se han de seleccionar las ideas fundamentales sobre el tema ya delimitado, resultantes de la revisión bibliográfica y se sintetiza haciendo mención de los autores respectivos. Se supone que la ampliación de estas ideas conformará la estructura de las bases teóricas de la investigación.

En otras palabras, el marco teórico constituye un sistema conceptual, integrado en forma lógica, que explica cómo operan ciertos fenómenos relacionados con el problema motivo de la investigación. En tales condiciones la teoría cumple las siguientes funciones:

- Delimita el área de la investigación por

- cuanto el investigador selecciona los datos y hechos que le interesan, dentro de los cuales encuentran vigencia sus objetivos;
- compendia los conocimientos existentes en el área respectiva;
- aglutina y resume los datos y sirve de fuente principal en la cual van a verse los resultados de la investigación;
- sugiere guías de investigación.

Sería imposible que el hombre aprendiera solamente aquello que ha experimentado en forma personal, porque las posibles combinaciones de fenómenos son prácticamente infinitas; tiene entonces que aprender a base de abstracciones conceptuales y generalizaciones. Esta oportunidad se la brinda la teoría (Arias Galicia, 1976, p. 193).

La integración de la teoría y su confrontación con los datos reales es una de las fuentes ricas en temas de investigación. Los puntos débiles de la teoría constituyen lagunas que abren la oportunidad de diseñar investigaciones que la fortalezcan o modifiquen.

Arias Galicia, 1976 en la página 194 indica:

La interpretación de los datos a través de un marco teórico, enriquece estos y plantea nuevos problemas estableciendo un marco teórico que hace avanzar a la ciencia. Se cree, frecuentemente, que la ciencia va explorando el universo y que llegará el momento en el cual ya no le queda algo desconocido. Sin embargo, la historia de la ciencia indica lo contrario, en efecto, muchas veces al encontrar respuesta a sus problemas, se plantean muchísimos otros nuevos.

Alternativa de solución. Como en los trabajos de Ingeniería las alternativas se identifican con la hipótesis es importante aclarar este

concepto tan esencial en todo el trabajo de investigación.

La palabra "hipótesis" deriva de HIPO bajo THESIS posición o situación. Etimológicamente significa una explicación supuesta que se encuentra bajo ciertos hechos a los cuales sirve de soporte.

Es una solución tentativa al problema formulado o a una respuesta probable y que ha de ser verificada.

También se define como la relación causal entre dos o más variables. Estos son factores o aspectos que intervienen o hacen variar la situación del problema y que contribuyen a la estructura básica de la hipótesis.

Para un mayor entendimiento del papel de la hipótesis en el trabajo científico, debemos decir que no toda suposición es una hipótesis, sino aquella formulación que se hace dentro de un contexto teórico y que, por lo mismo, se relaciona con todo un sistema anterior de conocimientos organizados y sistemáticos. La hipótesis, como lo dice Kopin:

... es una forma de desarrollo del conocimiento científico pero no por ser un juicio - suposición. La suposición, por sí sola, tomada aisladamente, no desarrolla el conocimiento acerca del objeto. Cumple su función sólo si está relacionada con el conocimiento anterior, de veracidad admitida y con las conclusiones que de él se infieren. De hecho impulsa el proceso de nuestro conocimiento, ya que la suposición permite construir un sistema de conocimiento que conduce a nuevos resultados.

Importancia de las hipótesis en la investigación científica.

Su importancia en la tarea científica es decisiva porque:

1. Constituyen valores guías para la formulación de teorías científicas.
2. Establecen relaciones entre los hechos y permiten explicar por qué se producen.
3. Dentro del método científico, representan la anticipación de los hechos que condicionan el progreso de la indagación experimental. En tal sentido, dirigen la investigación.
4. Aún en el caso de que se consideren falsas, son útiles al investigador y sirven como instrumento para hacer avanzar el conocimiento científico.

Condiciones para formular correctamente las hipótesis.

1. Capacidad creativa del investigador enmarcada dentro de la experiencia y preparación adquirida durante toda la vida.
2. La hipótesis no debe hallarse en contradicción con ningún dato de la ciencia.
3. Ha de ser suficientemente eficaz para poder explicar todos los hechos que motivan su formulación.
4. Ha de explicar mejor que ninguna otra suposición los fenómenos y hechos a que se refiere.
5. Ha de ser objetiva y no quimérica.
6. Debe ser conducente el hecho que pretende explicar, esto es, el hecho en cuestión debe ser deducible de la hipótesis propuesta.
7. Debe ser susceptible de ser sometida a prueba.

8. Debe ser compatible con las hipótesis confirmadas sobre el mismo tema.

9. Debe tener poder predictivo y explicativo.

10. Debe caracterizarse por la simplicidad que es todo lo contrario de la complejidad.

3. FASE DE DECISION

En ésta, se evalúan, comparan y discriminan las posibles alternativas de solución hasta determinar cuál es la mejor de ellas (consultar Op. cit. cap. 6).

4. FASE DE ESPECIFICACION

La fase constituye la esencia y el alma del proyecto. Consiste en una completa descripción de las características y funcionamiento de la solución propuesta; de manera que las personas designadas para aprobarla encuentren total claridad en todos los aspectos relacionados con la Ingeniería del proyecto; es decir qué, el cómo, el cuándo, el dónde, el con quién, el por qué y el para qué.

Los datos de salida de esta fase usualmente incluyen planos, diagramas, croquis que se presentan en un informe técnico cuidadosamente elaborado por medio del cual la aptitud de expresarse se manifiesta al lector interesado en el asunto. A veces se complementan los datos con el modelo físico se sugiere consultar Op. cit. capítulo 6.

Variables, criterios y restricciones. Como en el desarrollo de las fases anteriores están implícitos los elementos variables, criterios y restricciones, es importante precisar estos conceptos.

Se denomina **variable** un aspecto o dimensión de un fenómeno que tiene como características

la capacidad de asumir distintos valores ya sea cuantitativa o cualitativamente. Es la relación causa-efecto que se da entre uno o más fenómenos estudiados.

Son elementos integrantes de las hipótesis o alternativas de solución y particularmente importantes en el proceso de investigación.

En otras palabras, una variable es un concepto que puede tomar distintos valores cuantitativos o cualitativos y en la investigación sirven a un determinado propósito. El concepto de fuerza, tiene distintos valores, por lo tanto la fuerza puede considerarse una variable.

Tomadas separadamente presentan dos características fundamentales: primero, ser características observables de algo, y segundo ser susceptibles de cambio o variación con relación al mismo o diferentes objetos. Pero si se consideran no aisladamente, ofrecen además la particularidad de presentarse a la observación vinculadas en su variación unas a otras, según muy diversos tipos de relaciones (Sierra Bravo, 1976, p. 47).

Su importancia en el método científico es evidente puesto que la investigación científica gira alrededor de ellas, por cuanto su finalidad no es otra que describir la existencia de variables, su magnitud y probar las relaciones que las unen entre sí. Además constituyen su objeto en cuanto se opera con ellas en todas las fases de la investigación, análisis y explicación de las que constituyen los elementos clave y los términos operativos.

En un proyecto de Ingeniería es muy común el manejo de variables de entrada y variables

de solución; estas últimas constituyen el punto central de las tareas de resolución de problemas del Ingeniero.

Criterios. Se conoce como criterios (Krick, p. 89) a las bases que permiten dar preferencia a una solución entre las que se estudien. Durante el análisis del problema se deben identificar los criterios usuales para seleccionar la mejor solución. Ejemplos: el costo de la construcción, la seguridad, la confiabilidad, la apariencia, la facilidad de empleo y costo de mantenimiento. Estos son criterios comunes de casi todos los casos; pero el peso relativo con que se aplican puede cambiar

significativamente. Por lo tanto la tarea principal del Ingeniero es entender la importancia relativa que dan a los distintos criterios los representantes del gobierno, empresarios, consumidores, ciudadanos, etc.

Restricciones. Una restricción es una característica de una solución previamente fijada por una decisión, por requisitos legales, por exigencia del cliente interesado en el proyecto o por cualquier otra disposición que tenga que cumplir el ingeniero solucionador del problema. Por ejemplo las características que deben reunir las estructuras indicadas en el código de la construcción.

BIBLIOGRAFIA

BOLIVAR, V. Héctor., ZURUTUZA V. Ernesto y Otros. El Ingeniero Civil qué hace? México: Alhambra Mexicana, 1982, 127 p.

KRICK, Edward. Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la Ingeniería. México: Limusa 1973. Décima tercera reimpresión 1989, 240 p.

_____. Fundamentos de Ingeniería. Métodos, conceptos y resultados; México: Lumusa 1979, segunda reimpresión, 1987, 418 p.

MUNCH, Lourdes y ANGEL Ernesto. Métodos y técnicas de investigación para Administración e Ingeniería. México: Trillas, 1988, 158 p

TORRES MUÑOZ, Alicia. Manual de Metodología de la Investigación. Bogotá, Plaza & Janés. Biblioteca Policial, V. 1 1986, 176 p.

_____. Metodología del Trabajo Científico aplicada a la Ingeniería Civil. Inédito. Santa Fé de Bogotá, Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingeniería Civil 1993, 225 p.