



APUNTES DEL
PROBLEMA DE INGENIERÍA

Norberto Domínguez Aguirre
Jorge Paniagua Ballinas
Sergio Rojas Ortiz
José Vega Jiménez

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE METODOLOGÍA Y LENGUAJES



1986



Co 4:520

Clase 153

#7805

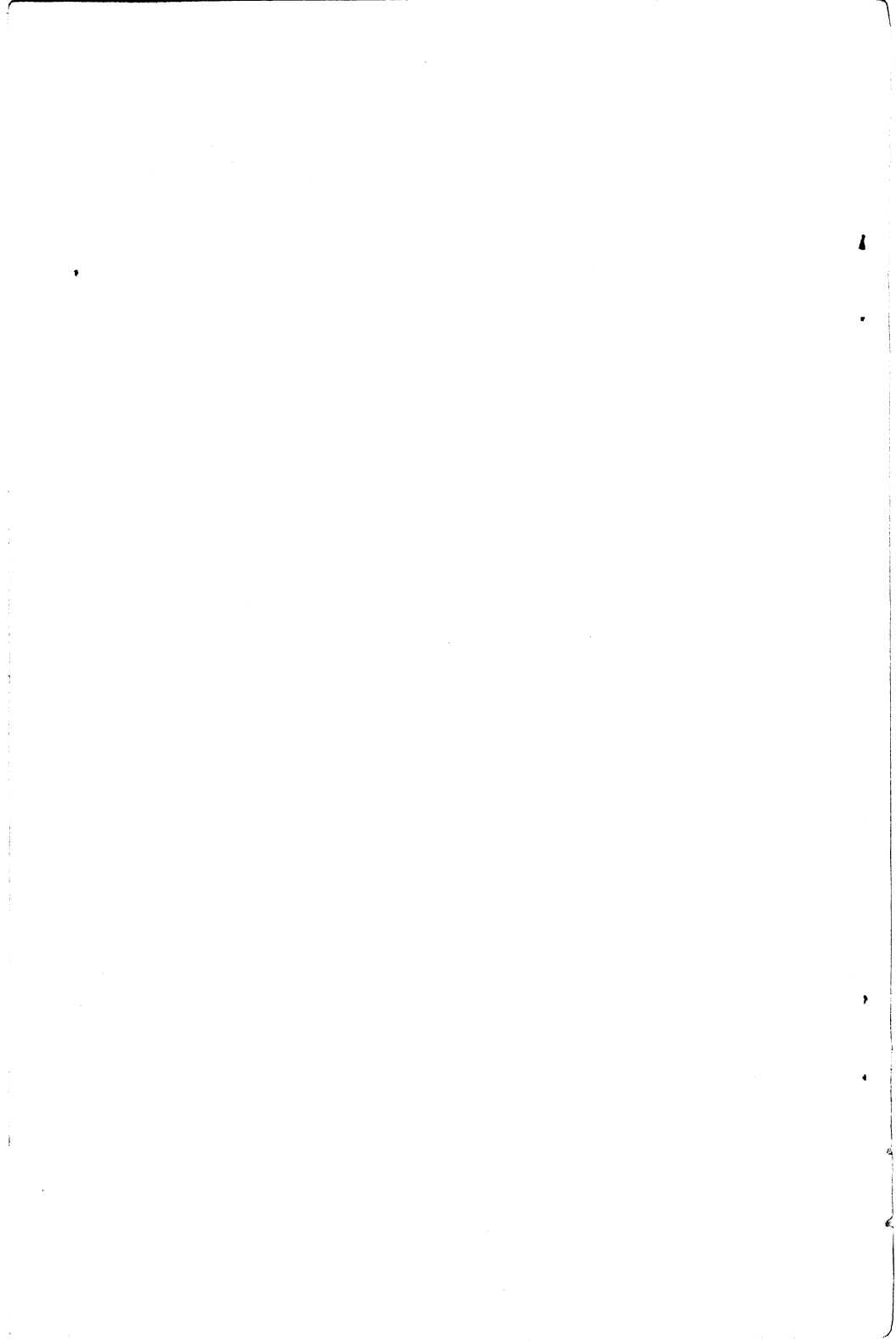
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA**

**APUNTES DEL
PROBLEMA DE
INGENIERIA**

**NORBERTO DOMINGUEZ AGUIRRE
JORGE PANIAGUA BALLINAS
SERGIO ROJAS ORTIZ
JOSE VEGA JIMENEZ**

**DIVISION DE CIENCIAS BASICAS
DEPARTAMENTO DE METODOLOGIA Y LENGUAJES**

FI/DCB/87-084



INDICE

	PAGINA
Prólogo	1
Introducción	2
CAPITULO I PROBLEMA	
Caso de un especialista en medicina	5
Caso de un ingeniero consultor	6
Proceso para resolver problemas	7
CAPITULO II FORMULACION DEL PROBLEMA	
El transporte en la Ciudad de México	11
CAPITULO III ANALISIS DEL PROBLEMA	
El problema de la mano de obra en la construcción	17
Variables	23
Criterios	24
Restricción	24
Los siete puentes de Konigsberg	26
Situaciones que se presentan simultáneamente con el análisis de un problema	31
CAPITULO IV BUSQUEDA DE SOLUCIONES	
Creatividad	35
La conducta crítica	40
Lenguajes	44

CAPITULO V DECISION

Proceso general de toma de decisiones	51
Selección de una obra de riego agrícola	54
Aspectos generales y determinación de algunos criterios	58
Teoría Científica para la toma de decisiones	62
Técnica de ponderación para efectuar una decisión	64
Modelo exponencial de comparación	68
Arbol de decisiones	70
CAPITULO VI ESPECIFICACION DE LA SOLUCION Y PRESENTACION DE RESULTADOS	
Especificación de la solución	75
Presentación de resultados	79
Organización del reporte	84
Presentación oral	88
BIBLIOGRAFIA	93

PROLOGO

Este trabajo corresponde al tema V de la asignatura Introducción a la Ingeniería, denominado el Problema en Ingeniería, cuyo propósito es proporcionar a los alumnos una metodología para la resolución de problemas.

En la actualidad existe una gran diversidad de información y opiniones al respecto; esto llevó a que en el Departamento de Metodología y Lenguajes, con la colaboración de un grupo de profesores de la asignatura, se trabajara en la elaboración de una obra cuyo contenido contemplara los aspectos más relevantes de esta metodología, congruentes con el objetivo del programa y que además fuera accesible tanto para el profesorado como para el alumno.

Cabe mencionar que para la realización de esta obra se tomaron en cuenta diferentes opiniones por parte de los profesores que imparten la asignatura; sin embargo, su mejoramiento se podrá lograr con la ayuda de críticas y sugerencias de profesores y alumnos, por lo que se agradecerán todas las aportaciones que se hagan llegar a la Coordinación de Introducción a la Ingeniería.

Finalmente se desea expresar el reconocimiento a los señores profesores, ingenieros Norberto Domínguez Aguirre, - - Jorge Paniagua Ballinas, Sergio Rojas Ortiz y José Vega - Jiménez por su valiosa intervención en la elaboración de estos apuntes; a los ingenieros Rogelio Arce Macedo y - - Marco Antonio Gómez Ramírez su colaboración en la revisión final de los mismos; también se agradece a la Coordinación de Dibujo su colaboración en la realización de los dibujos y al Sr. Francisco Javier Alonso Núñez el diseño de imágenes para representar diferentes problemas.

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE CIENCIAS BASICAS
DEPARTAMENTO DE METODOLOGIA Y LENGUAJES

1986

INTRODUCCION.

La Ingeniería es una profesión que desde su esencia se conceptúa a través de una transformación creadora... La solución de problemas que afectan a la sociedad. El estudiante de ingeniería deberá por tanto considerar dentro de su formación académica la aplicación de técnicas y procedimientos orientados a la transformación y aprovechamiento de los recursos humanos y naturales en beneficio de la colectividad.

Observar, formular, diseñar, proponer y aplicar la utilización sistemática de alternativas que se proyecten mediante una personal e ineludible toma de decisiones... una facultad que ha de perfilarse poco a poco como el desarrollo armónico del conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que capaciten al futuro ingeniero en el desempeño de su especialidad.

Los profesores de la asignatura "Introducción a la Ingeniería" conscientes de la responsabilidad que implica el iniciar al alumno en el terreno apasionante de los hechos, en la reflexión profunda sobre los motivos y en la producción fecunda de las ideas, han incluido dentro del tema "El problema en Ingeniería" el aspecto de la creatividad, premisa fundamental para la solución de problemas.

El propósito de este documento es, por consiguiente dar, a conocer las técnicas más usuales para el desarrollo de la creatividad, encuadradas en el marco del proceso de solución de problemas. Los aspectos de innovación, creatividad, originalidad en la solución, identificación de barreras y lenguajes mentales, entre otros, se abordan a lo largo de la secuencia de exposición de las etapas convencionales del proceso: *Formulación del problema, análisis, búsqueda de soluciones, decisión y especificación de la solución*, que constituyen los cinco capítulos de la obra.

Es importante subrayar que no se proporcionan "normas", ni métodos determinísticos para la solución de problemas, ya que no hay métodos para ello; pero la aplicación sistemática y reiterada de las técnicas expuestas en las siguientes páginas, aunada al seguimiento de las etapas establecidas en el proceso para resolver problemas, a manera de método indicativo, permitirán al estudiante acercarse cada vez más a la solución de un problema.

Es posible tipificar dos grupos de técnicas en este trabajo, las de aplicación condicionada y las directas. Las primeras se abordan en los tres capítulos iniciales y sus principales requisitos son: amplitud de criterio, no introducción de restricciones ficticias y liberación de prejuicios; situaciones difíciles de conseguir, pero cuya identificación que se menciona en la obra, ayuda a superar dichos requisitos.

En los dos últimos capítulos se exponen las técnicas en donde se es válida la aplicación directa, aunque esto no es restrictivo.

Para la elaboración de la presente obra se conjugaron las opiniones escritas y verbales de un considerable número de autores de diversas disciplinas que han estudiado desde hace tiempo las operaciones y funciones intelectuales que inciden en el proceso de resolución de problemas, por lo que se recomienda acudir a las fuentes bibliográficas citadas, a fin de profundizar y ampliar los contenidos temáticos.

Ingeniería y creatividad, un binomio que a través de este documento hemos intentado traducir; transmisión de conocimientos y experiencias que introduzcan hoy al verdadero espíritu del futuro ejercicio profesional.

EL PROBLEMA.

El hombre siempre ha procurado hacer más agradable su habitat a través de modificaciones constantes sobre el mismo. Dichas modificaciones se llevan a cabo, la mayoría de las veces, con el afán de satisfacer necesidades personales, grupales o sociales.

Las necesidades que presenta la sociedad actual son tan intensas y complejas que se debe ser capaz de identificar perfectamente su origen; para ello es imprescindible definir y circunscribir los problemas que plantea. Esto, paradójicamente, resulta ser un verdadero problema.

A niveles personales, aunque los problemas no son aparentemente tan complejos como los de una sociedad, muchas veces su planteamiento y definición resultan más difíciles que su solución.

Entre grupos de personas -pequeños o numerosos- que se reúnen con un fin establecido, también surgen problemas: por mala comunicación, por irresponsabilidad, y por diferencias de objetivos y metas.

El afán del hombre de crear mejores condiciones de vida comunitaria; la necesidad de superación personal a niveles: económico, físico, intelectual o familiar; el interés y deseo de comunicarse adecuadamente con sus semejantes y un sinnúmero de situaciones similares han enfrentado al hombre con el reto de resolver problemas.

Todos tenemos un concepto personal de *problema*; esta palabra forma parte de nuestro lenguaje cotidiano, pero como suele ocurrir con los conceptos básicos de gran amplitud, si intentamos definirlo, concretizarlo, encontramos cierta dificultad.

Usualmente, se entiende a esas dificultades como "problemas a solucionar". El término problema es vastamente utilizado en el lenguaje cotidiano y, aunque tiene múltiples acepciones, una primera y amplia definición indicaría que - un problema es una dificultad que se debe resolver para alcanzar una determinada meta u objetivo.

Esa definición se adecúa al término, pero solamente en sus significados corrientes. En efecto, se suele emplear expresiones del tipo "problemas de trabajo", "problema familiar" "problemas económicos". Cada vez que hay dificultades en el desenvolvimiento en alguno de esos ámbitos.

Sin embargo, el término tiene también definiciones más explícitas cuando es utilizado en áreas específicas de actividad. Así, una connotación estrictamente matemática indica que un problema es "una proposición dirigida a averiguar el modo de obtener un resultado cuando ciertos datos son conocidos".

De la misma forma, prácticamente todas las disciplinas - tienen una definición propia del término, aunque, en muchos casos, todas ellas están íntimamente vinculadas y, en última instancia, son reducibles a la definición matemática.

Se tratará aquí de delimitar el significado del concepto de problemas en ingeniería como paso previo al estudio de los mecanismos que facilitan el cumplimiento satisfactorio de los objetivos planteados.

Aunque el concepto tiene una definición relativamente propia en cada disciplina, y en consecuencia también la resolución de los problemas tiene métodos propios, existen pautas que tienen validez general y que en consecuencia, pueden ser utilizadas tanto para problemas de ingeniería, como de medicina o física. Se expondrán a continuación dos situaciones problemáticas que se plantean a un médico y a un ingeniero, para luego detectar los puntos en común que existen en la resolución de la dificultad.

CASO DE UN ESPECIALISTA EN MEDICINA.

Un paciente recurre a un médico general. El motivo de la consulta es una llaga en la nariz, detectada tiempo atrás y que no cicatriza. El médico interroga al paciente, para averiguar, en principio, los datos generales: edad, actividades que desarrolla, antecedentes personales y familiares. Luego lo examina detenidamente y lo interroga respec-

to de la llaga. Finalmente, le explica que una úlcera de este tipo puede implicar la existencia de un cáncer de la piel y que, en consecuencia, no es él quien debe atenderlo sino un especialista.

El paciente acude entonces al oncólogo, quien lo interroga nuevamente, pero haciendo hincapié en aquellas preguntas - que pueden ayudarlo a dilucidar si efectivamente se trata de un cáncer. Lo examina detenidamente con instrumental - adecuado y observa que la llaga tiene características comunes con los cánceres de piel: sitio en que el que se localiza, ulceración en la parte media, umbilicación ligera, color, pequeñas manchas. Al terminar la observación le informa al paciente que, aparentemente, se trataría de un cáncer, pero es necesario practicar una biopsia para poder ratificar el diagnóstico.

CASO DEL INGENIERO CONSULTOR

El gerente de una fábrica desea diseñar la ampliación de las instalaciones. Por no contar con la capacidad técnica para hacerlo en forma correcta, contrata a un ingeniero consultor especializado en la materia. La función del consultor será, en este caso, determinar que tipo de construcción, qué instalaciones, qué maquinaria será la más adecuada en función de los intereses de la empresa. En consecuencia, debe recibir del gerente la información adecuada. El éxito de la consulta dependerá, así, de los tres factores fundamentales:

- que los directivos de la empresa hayan evaluado correctamente sus necesidades.
- que hayan sabido comunicar al consultor sus necesidades en la forma adecuada.
- que hayan sabido estimar con precisión la capacidad y experiencia del consultor para proporcionar los servicios requeridos.

Una vez obtenida la información el consultor, para reducir el margen de error de sus apreciaciones, replantea el problema conjuntamente con los directivos de la fábrica, ya que

éste puede haber estado mal definido, Repasa cuidadosamente las necesidades y posibilidades de la empresa y complementa su información recurriendo a diversas fuentes.

Finalmente, luego de un detallado estudio de todos los factores que intervienen, elabora su propuesta.

Hay, evidentemente, ciertas analogías entre el proceder del médico y el del ingeniero consultor. Ambos, en primera instancia, recaban la información que les permita diagnosticar; para ello, se apoyan en diversos recursos: interrogatorios -al paciente de un caso-, -a los responsables de la empresa- en el otro-, estudios complementarios -microcelulares para el diagnóstico del cáncer, de mercado para determinar las posibilidades reales de expansión de la empresa.-, etc.

Estos puntos en común entre ambos procederes, aunque aparentemente insignificativos, serán de fundamental importancia en el desarrollo analítico de las metodologías para la resolución de los problemas.

Por supuesto, no en todos los casos se pueden plantear analogías de este tipo puesto que, como se indicó previamente, en diferentes áreas las metodologías son con frecuencia distintas.

PROCESOS PARA RESOLVER PROBLEMAS

Del ejemplo anterior se desprenden las principales fases de los procesos. Esas fases se pueden definir, de la siguiente manera.

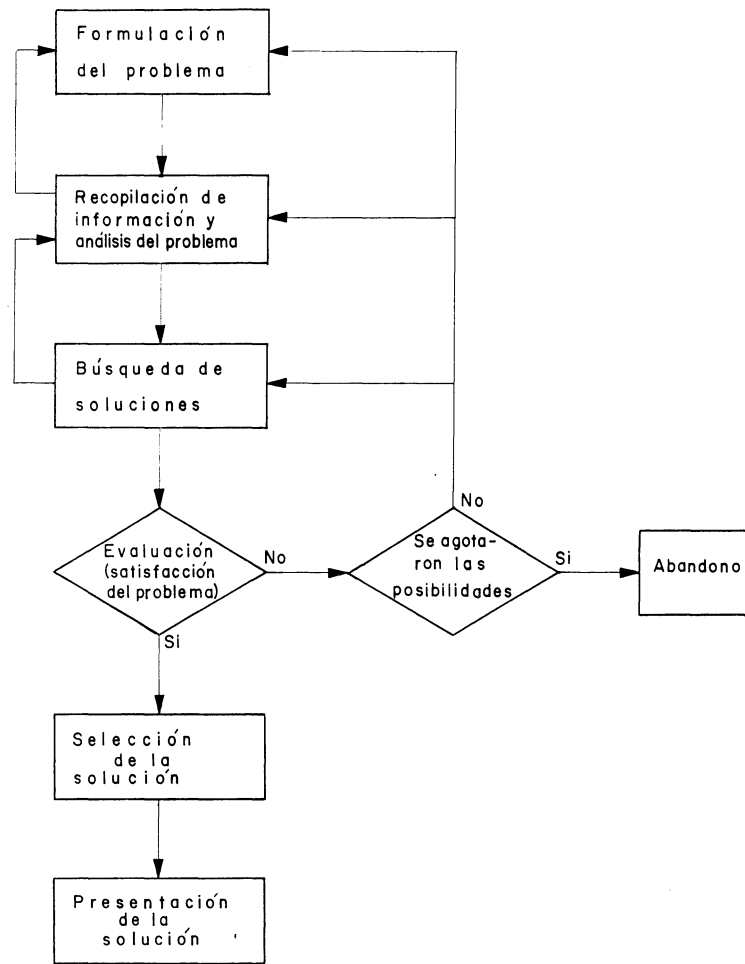


Figura I.1

FORMULACION

Consiste en precisar el objeto de estudio, señalar los objetivos a alcanzar y determinar las limitaciones existentes.

ANALISIS

En esta fase se pretende disociar cada uno de los elementos que constituyen el problema en su conjunto, para así examinarlos y determinar las relaciones que entre ellos mantienen.

BUSQUEDA DE SOLUCIONES

Se tiende a obtener un conjunto de soluciones posibles que satisfagan las necesidades formuladas. La fase de búsqueda de soluciones se diferencia de las anteriores en que, si bien puede recurrir a soluciones preexistentes (es decir, recurrir a información, a soluciones ya elaboradas), frecuentemente pone en juego la creatividad del especialista al plantear situaciones nuevas, para las cuales no existen soluciones tipo.

DECISION

Es la fase en la que se debe seleccionar, de entre todas las soluciones posibles, aquellas que mejor se adecúan a las exigencias del caso.

ESPECIFICACION

Consiste en presentar la solución elegida, proporcionando al interesado la información precisa para que pueda tomar adecuadamente las medidas que el especialista recomienda en vista a la resolución satisfactoria del problema

FORMULACION DEL PROBLEMA

Por lo general los problemas que enfrenta el ingeniero son de muy diversa índole y puede afirmarse que nunca se le presentan claramente planteados en un inicio y que ni siquiera se sabe con certeza si se trata de uno o varios problemas y mucho menos en qué consisten. En la mayoría de los casos, se reciben o se perciben situaciones y efectos propios del problema en formas complicadas, incompletas y oscuras.

En este medio de conjeturas e incertidumbres el ingeniero deberá aplicar su habilidad para detectar y esclarecer las causas y situaciones relevantes que le permitan sentir en toda su intensidad la esencia y magnitud del problema; a esto se le conoce como *estado inicial* del problema o *estado A*.

Aunado a lo anterior, en la correcta formulación de un problema deberá determinarse, también el deseo de transformar el estado de condiciones inicial (estado A), en otro que tendrá una forma preferible que permita mejorar dichas condiciones; a este *estado final* de condiciones que se pretende alcanzar se le denomina *estado B*.

La formulación de un problema parece ser un primer paso de masiado obvio y por lo tanto suele omitirse. Esto hace que con frecuencia se presenten los fracasos en las soluciones.

Es importante notar que en esta fase no se pretende plantear soluciones al problema, sino que únicamente se intenta adquirir una idea clara sobre el mismo, describir en términos generales en qué consiste y si vale la pena resolverlo.

La formulación de un problema consiste en establecer o describir el estado inicial en que se encuentran los elementos más significativos del problema, y el estado final que se pretende alcanzar con la transformación de los mismos. En la formulación no interviene el proceso para llevar a cabo el cambio.

De esta manera, un problema puede llegar a formularse a través de una breve exposición oral, una somera redacción y un esquema, o mediante la combinación de estas formas.

Con el propósito de ejemplificar lo anterior, a continuación se presentan algunas de las maneras de formular un problema tan complejo como es el del transporte en la Ciudad de México.

EL TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MEXICO

El transporte en la Ciudad de México representa una constante preocupación para todas las personas que desarrollan sus actividades en el área metropolitana.

Sin duda alguna, los habitantes de la Ciudad de México tenemos una idea, tal vez muy particular del problema del transporte en la Ciudad.

Si utilizamos el servicio de trolebuses o autobuses de manera cotidiana, nos desesperamos por el prolongado tiempo que lleva el recorrido. Sufrimos, además la asfixiante experiencia de la aglomeración.

Si hacemos uso del Sistema de Transporte Colectivo (metro) bien conocemos los tumultos y congestiones que se originan prácticamente en todas las escasas rutas que existen, así como los accidentes, que ocurren cada vez con mayor frecuencia.

Los automovilistas se desesperan por los embotellamientos, la saturación de tráfico y los cada vez más elevados costos del combustible y el mantenimiento.

Hemos observado en calles y avenidas principales, por cierto, no pocas veces, los efectos que produce en la intensidad del tráfico un camión de productos agrícolas circulando a baja velocidad, un pesado trailer repartiendo refrescos en diversas misceláneas, etc.

Estos breves comentarios, aunados a las vivencias propias que el lector haya sufrido dentro del tránsito cotidiano en esta ciudad, podrán ayudarle a concebir el problema del transporte en la Ciudad de México de manera tal que si se hiciera un primer intento de formulación de este problema, se acudiría a la información cercana con el objeto de proponer mejoras, cambios o modificaciones a las desviaciones que tiene el sistema de transporte actual: aumentar vías rápidas, construir pasos a desnivel en los cruces más críticos, ampliar calles, etc. ¿Es esto lo más adecuado?

A continuación se presentan algunas formulaciones a diferentes niveles de este problema:

1. Construir vías de comunicación más amplias con sincronía en los semáforos.

Se puede apreciar que es más una solución parcial que la propia formulación; solamente se está tomando una parte del problema vial que a su vez es parte del problema del transporte.

El problema aún no está formulado debido a la omisión de algunos elementos fundamentales, como son los medios de transporte y qué es lo que se va a transportar.

2. Proporcionar a la población medios más ágiles de comunicación.

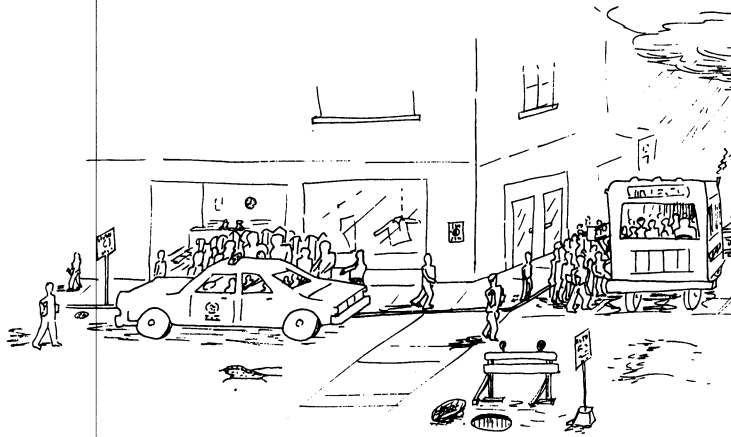


Figura II-1
Población con dificultades para transportarse (saturación -
de los medios de transporte, mal estado de las calles, etc.
Estado A).

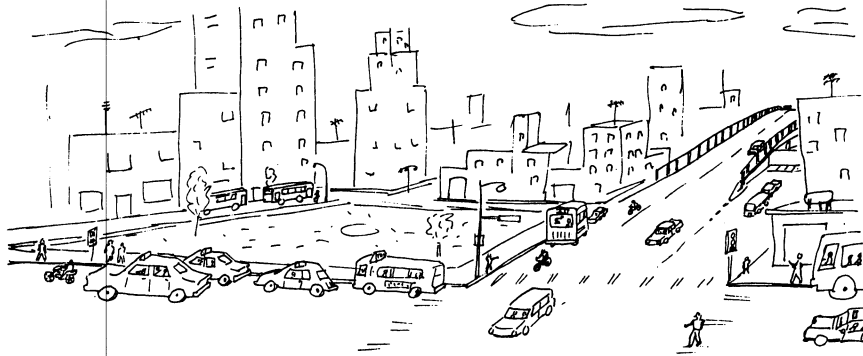


Figura II-2
Población con medios ágiles de comunicación (arterias descongestionadas,
medios de transporte no saturados, etc. Estado B).

Población con medios ágiles de comunicación (arterias des-
congestionadas, medios de transporte no saturados, etc. Eg
tado B).

Esta formulación comprende a la anterior, incluye la viali-
dad y los medios de transporte; pero la *población* no es lo
único que se va a transportar. Tampoco se están indicando
las condiciones de la transportación.

3. Adecuar los medios de transporte existentes, así como
las vías de comunicación, para trasladar en forma rápida y segura a la población y a la carga.

Nótese que la formulación es más amplia; considera la rapidez y la comodidad como condiciones de transportación. Además del transporte de la población se incluye el de la carga en general (alimentos, bebidas, materias primas, manufacturas, etc.)

4. Dotar a la ciudad de medios de transportación adecuados y seguros para el traslado de la población y de los diversos tipos de carga.

Aunque esta formulación es aceptable, ya que comprende la mayor parte de los elementos relevantes del problema, carece de la indispensable relación de los elementos que en él intervienen.

5. Dotar a la ciudad de un sistema de transportación eficaz y seguro, para el traslado de la población y de los diversos tipos de carga.

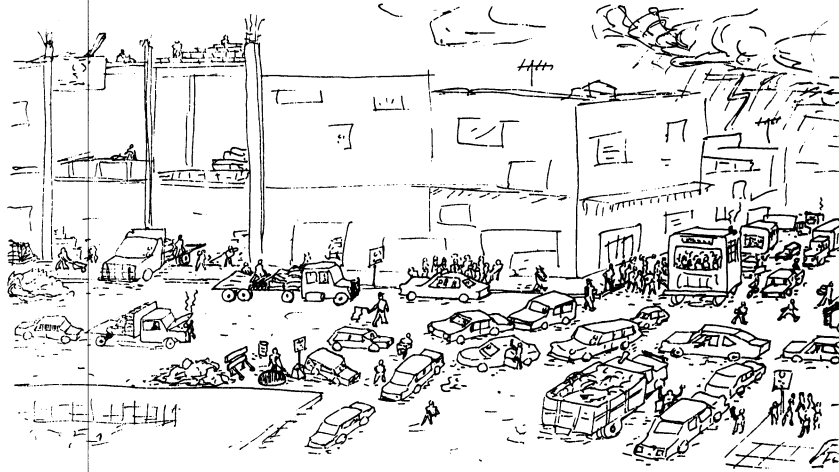


Figura II-3
Población con graves dificultades para transportarse a su destino
(Estado A)

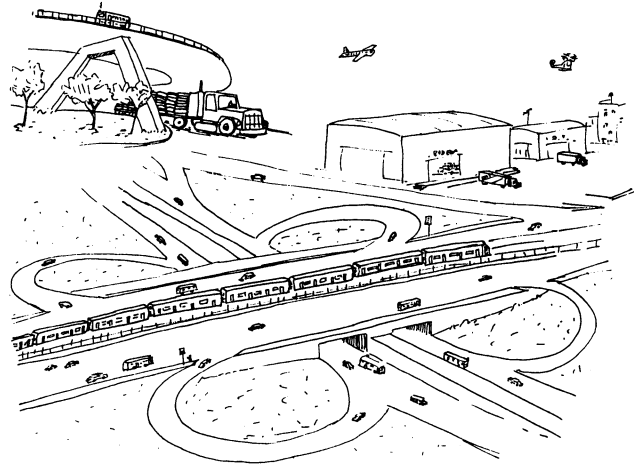


Figura II-4
Población y diversos tipos de carga (Estado B)

Esta formulación es bastante completa, pero olvida el factor tiempo. Se está formulando para el problema actual, sin tomar en cuenta que éste se incrementa sensiblemente con el tiempo.

6. Dotar a la ciudad de un sistema de transportación eficaz y seguro que satisfaga las necesidades de traslado de la población y de los diversos tipos de carga previendo su evolución futura.

¿ Se ha olvidado considerar algún elemento de importancia ?

¿ Se podría hacer una formulación más amplia ?

Quizá el lector se haya percatado de que hasta ahora no se han establecido reglas concretas para formular un problema, ya que no se justifican; sólo se puede recomendar plantear -infinidad de problemas y adquirir experiencia en desarrollar la habilidad necesaria para su formulación.

De hecho, la formulación de problemas no presenta mayores inconvenientes si se cuenta con cierta experiencia. Sin embargo, cabe señalar que, en la formulación, debe dedicarse especial atención al Estado A; normalmente es más difícil detectar las causas de un problema que las condiciones finales, ya que éstas no deben ser descubiertas sino que son explícitas-previamente, (como se ha visto en el ejemplo del médico -se desea quitar la llaga y no se sabe cuál es la causa que la originó-).

ANALISIS DEL PROBLEMA

En el capítulo precedente se vió que la manera en que se presenta un problema y la cantidad de información con que se cuenta son factores fundamentales para comprender, en alguna medida, la magnitud de una situación de la realidad. Estos factores y las inquietudes o aspiraciones de personas o grupos permiten idear una transformación de una situación problemática.

Una vez que el problema ha sido determinado teniendo en cuenta la información básica y posiblemente alguna científica, que generalmente es parcial, el siguiente paso consiste en una labor de recopilación, investigación y generación de datos e información que permita conocer con más profundidad y precisión las características y los elementos más significativos del problema de estudio. En las diferentes actividades y disciplinas del saber humano, se conoce esta fase del tratamiento de problemas como *análisis del problema*.

Esta fase de *análisis* no se limita únicamente a la revisión de la información para separar los factores más importantes. También implica la interpretación de la misma, de tal manera que conduzca a una definición *más a fondo* de lo que en realidad es el problema. Para la comprensión de lo expuesto anteriormente se analiza el siguiente caso:

EL PROBLEMA DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCION.

Uno de los problemas más serios que se presenta en la sociedad actual es sin lugar a dudas, el de contar con la suficiente mano de obra calificada para las actividades propias de la industria. Para delimitar esta problemática podríamos analizar someramente la correspondiente a la industria de la construcción.

El obrero característico de esta actividad -el albañil- proviene de las clases más desposeídas de la sociedad; en consecuencia, lo más frecuente es que carezca de educación elemental y por ser, también frecuentemente, de origen campesino, tiene serios problemas de adaptación al medio urbano en lo que a alimentación, vivienda y actitud hacia el trabajo se refiere (sobra aclarar que el sector principal de esta actividad está localizado precisamente en el medio urbano).

Las características antes descritas están, por supuesto, referidas a países que, como el nuestro tienen un alto porcentaje, de población rural que emigra, como mano de obra a las ciudades y, principalmente, a las capitales. En este contexto, cabe señalar que en la ciudad de México este tipo de trabajadores es insuficiente; por otra parte, y de acuerdo con las estadísticas existentes, se puede afirmar que la relación demanda-oferta de la mano de obra para la industria de la construcción arroja cada año un saldo negativo en función de la demanda (mayor demanda que oferta)

Otro aspecto del mismo problema es el que constituye el trabajador con un grado mayor de especialización (trabajador de la piedra, colocador de losetas y azulejos e instalador eléctrico). Este tipo de operario normalmente se inicia como albañil pero, por una mayor disposición al trabajo o mejor remuneradas y que requieren menor esfuerzo físico. En este aspecto el problema se agudiza, ya que la falta de trabajadores aptos para realizar estas tareas es aún mayor que la de albañiles.

Aunque no existen reglas aceptadas unánimemente para analizar este problema, se pueden aplicar las siguientes recomendaciones: primeramente deberá determinarse en forma genérica la situación prevaleciente (estado A) y la transformación que se pretende alcanzar (estado B).

Así, el estado A podríamos definirlo como "mano de obra improvisada y escasa en las diversas áreas de la industria de la construcción" y el estado B u objetivo por alcanzar, como "mano de obra especializada, confiable y suficiente en las diferentes áreas de la industria de la construcción".

Obsérvese que esta parte no es más que la formulación del problema, tal como se trató en el capítulo anterior.

El siguiente paso consistirá en definir con más precisión a los estados A y B, descomponiendo los elementos más significativos cuyas características y atribuciones lo permitan.

Principales elementos de análisis de un problema:

- 1.- Variables de entrada.
- 2.- Parámetros.
- 3.- Restricciones.
- 4.- Criterios.
- 5.- Variables de salida.
- 6.- Variables de solución.

A continuación se presenta un listado que ha sido organizado en la forma que correspondería a un análisis que previamente recibió y recopiló una considerable cantidad de información sobre la problemática de la mano de obra en la industria de la construcción para la mayoría de grandes ciudades del país.

1. Variables de entrada:

- Grado de instrucción - - - - - mínima o nula
- Necesidad de un salario - - - - - alta
- Habilidad en la ejecución de los trabajos- - - - - mínima o nula
- Responsabilidad - - - - - mínima
- Tipo de alimentación - - - - - deficiente
- Disposición de trabajar con otros compañeros - - - - - mínima
- Lugar de residencia - - - - - inestable
- Condiciones socioambientales - - - - - poco favorables para la superación personal.
- Afluencia a la región de personas interesadas en el tipo de trabajo- - - - - menor que el demandado.
- Salud - - - - - precaria
- Lugar de procedencia - - - - - zonas agrop_ecuarias aleda_nas.

2. Parámetros:

- Zona de origen- - - - - Edo. de México,
Puebla, Tlaxcala,
Morelos, --
Hidalgo y Oaxaca.
- Población en edad de trabajar - - - - -
- Porcentaje de P.I.B. para la pre
paración de recursos humanos en
la industria de la construcción.

3. Restricciones:

- Grado de instrucción de los trabajaa
dores - - - - - bajo
- Número de trabajadores con aptitudes
para estas labores- - - - - bajo
- Salarios que ofrece la industria
de la construcción- - - - - bajos
- Recursos disponibles para capacitación
de trabajadores- - - - - escasos
- Presupuesto de la industria para
satisfacer vivienda y algunos servicios
indispensables.- - - - - bajo
- Políticas para contratación en el
sector privado y público- - - - - diversas
- Epoca del año y período gubernamen
tal- - - - -
- Tipo de obra - - - - -
- Grado de certeza por parte de los-
trabajadores acerca de sus posibilidades
de permanencia en las compañías
o instituciones empleadoras bajo

Así podríamos poner como ejemplo la información sobre condiciones metereológicas que periódicamente puede dar, en una determinada región una estación radiodifusora.

Los datos emitidos al auditorio deberán estar orientados para que puedan ser utilizados por la mayoría de los habitantes; por lo mismo, el número y detalle de esos datos estará en función del tipo de actividades que priven en esa región; si es una zona urbana, seguramente los datos de mayor interés estarán a un nivel general, ya que serán para que las personas sepan si deberán utilizar o no su gabardina o paraguas; si por el contrario es una zona rural, seguramente se requerirán datos con mayor nivel de precisión, pues la intensidad y duración de las lluvias, vientos, etc., determinarán las medidas que deberán tomar los agricultores para proteger sus cultivos y, si es el caso, las prevenciones de las construcciones que se estén realizando en el lugar.

Otra forma de ver los diferentes niveles de profundidad que puede alcanzar un análisis se podría tomar del ejemplo del problema de la mano de obra en la industria de la construcción.

El método de análisis que hemos de utilizar " y que se ha ejemplificado en el problema de la mano de obra en la industria de la construcción " se conforma de algunos elementos significativos.

VARIABLES:

Son atributos o características del problema que presentan cambios durante el desarrollo del mismo. De esta manera los individuos, grupos sociales y sociedades en general poseen ciertos atributos o características que los hacen similares entre sí o los diferencian en forma total o parcial. Por ejemplo, una comunidad puede clasificarse en rural o urbana, cada una en hombres y mujeres, estado civil, etc. Las personas pueden agruparse también según la magnitud o nivel con que poseen un atributo o característica; por ejemplo, algunas perciben salarios mayores que otras, tienen estudios superiores, medios o elementales y algunas participan más que otras en actividades deportivas.

Como puede apreciarse en el problema, este tipo de elemen -

tos pueden presentarse en la recopilación y ordenación de - datos iniciales (Variables de entrada); en la determinación de la transformación que se pretende lograr (Variables de salida), o durante el proceso de análisis pueden surgir ideas de los medios y procedimientos que conduzcan a lograr esa transformación (Variables de solución).

CRITERIOS:

Es una norma o punto de referencia que sirve para establecer comparaciones y unificar la forma en la que los analistas deben realizar el trabajo. Por ejemplo, se puede evaluar un producto determinado bajo los criterios de calidad, costo, facilidad de manejo, tiempo, seguridad, etc. (Un ejemplo de la vida cotidiana podría ser la adquisición de un par de zapatos, el cual se seleccionaría acudiendo a un lugar adecuado de acuerdo a las posibilidades económicas, al gusto personal y al fin para el cual se va a utilizar).

RESTRICCIÓN:

Es un atributo de las variables o los parámetros que condicionan o limitan cualitativa y cuantitativamente un problema. Pueden ser predeterminados de carácter social, financiero, legal, al ambiental de la naturaleza misma del problema.

En general, las restricciones suelen limitar la gama de soluciones, por lo que no todas deben ser aceptadas en forma apriorística sin efectuar previamente un análisis de su naturaleza. Esto permitirá distinguir las *inevitables* de las *autoimpuestas*, en cuyo caso las restricciones pasarán a formar parte del problema.

Un ejemplo para comprender las restricciones autoimpuestas es el siguiente:

Formar con seis cerillos de la misma longitud cuatro triángulos equiláteros.

Es frecuente que para resolver este problema se planteen -

las siguientes opciones:

En las figuras III.1 y III.2 sólo se obtienen dos triángulos equiláteros; en estas opciones se tomó como longitud -- del lado del triángulo al cerillo, encontrando que con esta medida no se pueden construir los cuatro triángulos.

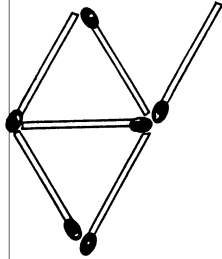


Figura III.1

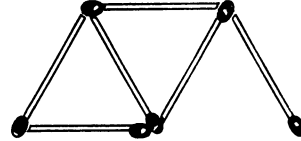


Figura III.2

En la figura III.3 se forman tres triángulos pero, dos de ellos no reúnen el requisito de ser equiláteros.

En la figura III.4 se presentan los cuatro triángulos pero, no se cumple con la condición de que éstos sean equiláteros

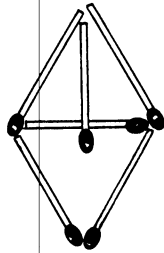


Figura III.3

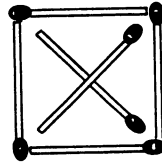


Figura III.4

El conjunto de características planteadas en este problema, por ser tan generales posiblemente, propicia en la persona-

que trata de resolverlos suposiciones imaginarias y que excluyen un buen grupo de posibilidades; a esta situación se le conoce como restricción *ficticia o autoimpuesta*.

Hasta ahora sólo se han propuesto soluciones en el plano, pero si pensamos en tres dimensiones, el problema puede resolverse formulando un tetraedro como se muestra en la figura III.5

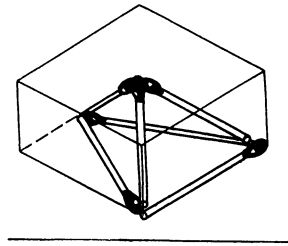


Figura III.5

Como se ha visto, la restricción autoimpuesta consiste en este caso en pensar la solución en el plano, anulando así la posibilidad de encontrarla.

Un ejemplo conocido y muy interesante para comprender las restricciones inevitables es el siguiente:

LOS SIETE PUENTES DE KONIGSBERG

En la Ciudad de Königsberg (actualmente forma parte de la Unión Soviética) había siete puentes sobre el río Pregel (figura III.6.) El pasatiempo favorito de los paseantes era ver si podían cruzarse siete puentes caminando una sola vez sobre cada uno. Los paseantes podían comenzar en cualquier punto y terminar en otro.

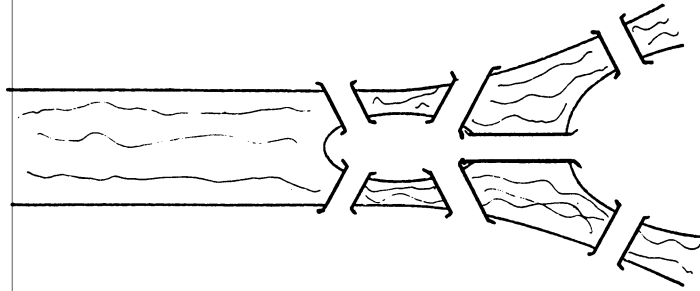


Figura III.6

¿ Está completamente formulado el problema? ¿ Se han identificado las variables, los parámetros y las restricciones? Si esto se ha hecho, entonces se puede intentar una solución:

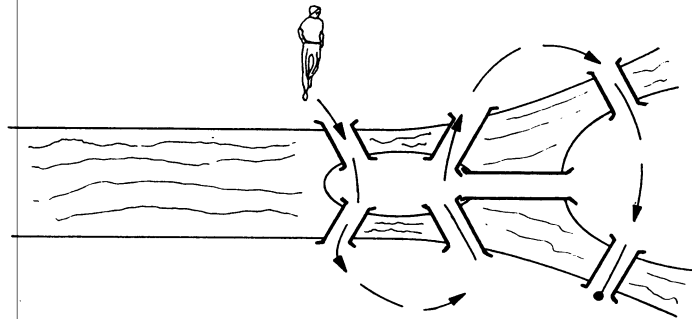


Figura III.7

Este primer intento no resuelve el problema, ya que no satisface una restricción: cruzar los siete puentes.

Se puede hacer un nuevo intento:

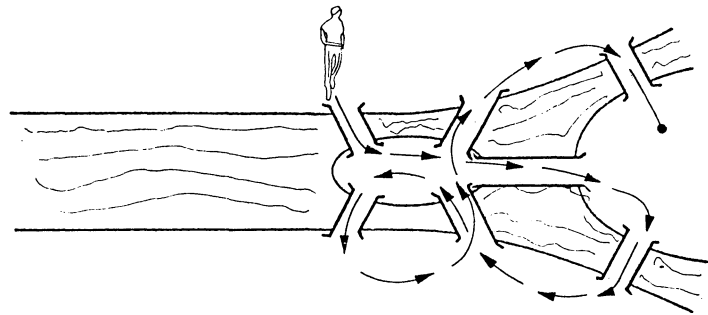


Figura III.8

¡Bien! se ha satisfecho la restricción de cruzar los siete puentes, pero, ¡cuidado!, se ha violado la otra restricción cruzamos dos veces el mismo puente.

¿ Se estará procediendo de la forma correcta?

Leonhard Euler, en 1796, decidió dar respuesta matemática a este pasatiempo. Para comprender la solución primeramente asignemos literales a las regiones.

Tenemos una isla A, dos márgenes del río, B y C y una región D entre las dos secciones del río, como se ve en la siguiente figura:

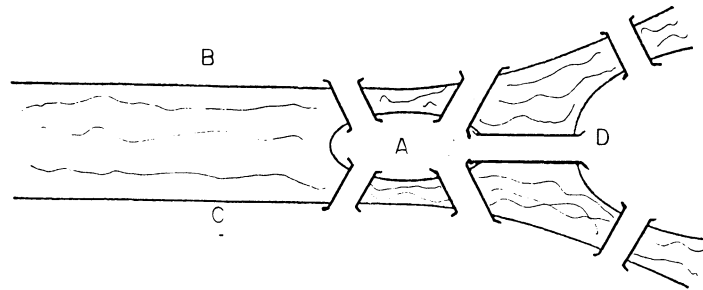


Figura III.9

Los elementos de interés de nuestro problema serán entonces las cuatro regiones indicadas (A,B,C y D) y los siete puentes que las comunican. Si asignamos una línea (o trayectoria) a cada puente y un punto (o nodo) a cada región podemos abstraer el problema a un diagrama como el mostrado a continuación.

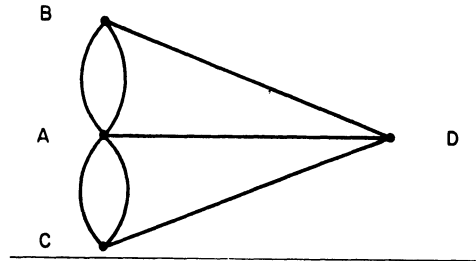


Figura III.10

Supongamos ahora que se puede caminar sobre cada puente una sola vez. Si iniciamos el recorrido en D, se puede caminar hacia B, entrando por una línea y saliendo por otra. De B, se puede caminar hacia C y nuevamente entrar por una línea y salir por otra, etc.

De esta manera, en cada ocasión pasamos por un nodo y por ende debe haber dos líneas conectando cada nodo. Después de dibujar la trayectoria podemos concluir que en cada vértice deberán confluir un número par de trayectorias.

La anterior consideración presentará dos salvedades en el caso de que el nodo de inicio sea diferente al nodo de terminación.

Entonces se puede decir que una trayectoria cerrada que cubra todos los puentes será posible si y sólo si:

- a) Cada nodo tiene un número par de líneas, si inciamos y terminamos en el mismo nodo.

- b) Dos nodos presentan un número impar de líneas, si el nodo de inicio es diferente al nodo de terminación.

Retomemos el diagrama del problema y veamos cuántas trayectorias confluyen a cada nodo:

Como los cuatro nodos tienen un número impar de trayectorias, no será posible caminar sobre los siete puentes de Königsberg sin cruzar nuevamente alguno de ellos si no hay diferencia entre el nodo de inicio y de terminación.

Si construimos un puente (o estuviese permitido cruzar el río a nado o en balsa) el diagrama cambiaría. Si el puente mencionado se construyera entre el nodo A y el D (ver figura III.11) los nodos A y D tendrían un número par de trayectorias y los nodos B y C un número impar, por lo que el problema se podría resolver iniciando en el nodo B y terminando en el C. Las trayectorias que resolverían el problema serían: BABDADCAC, BDABACADC, BDCABADAC, BACDADBAC, etc.

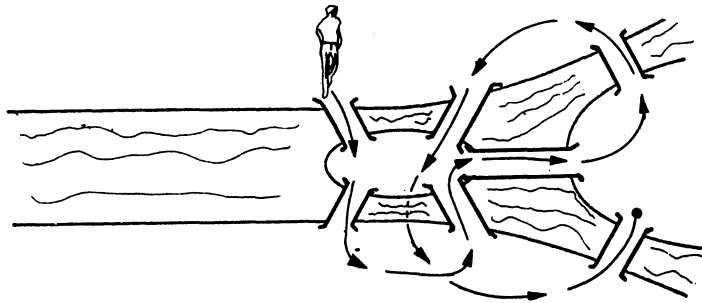


Figura III.11

SITUACIONES QUE SE PRESENTAN SIMULTÁNEAMENTE CON EL ANÁLISIS DE UN PROBLEMA.

Como puede inferirse del problema de la mano de obra de la industria de la construcción, la fase siguiente a la formulación de un problema es el análisis de los estados inicial A y final B.

Con esta fase del estudio, como su nombre lo indica, se descomponen los estados inicial y final de sus elementos principales, identificando sus características cualitativas y cuantitativas y las causas de su comportamiento sin perder de vista la relación entre ellos.

Simultáneamente se presenta en el desarrollo del análisis - lo siguiente:

Durante el proceso de análisis de un problema surgen en la mente del analista posibles formas de solución a particularidades del problema. A las formas en que pueden diferir - las soluciones se les denominan *variables de solución*; pueden reorientar el enfoque de esta etapa de análisis, ya que la solución final de un problema consiste en un valor especificado para cada una de tales variables. (Por ejemplo, el nivel de calidad de la mano de obra en la industria de la construcción).

Es importante notar también que en determinada instancia - del análisis profesional deberán ir infiriendo los criterios (costos, beneficios, seguridad, etc.) más significativos - del problema en estudio, que le permitan alcanzar el objetivo propuesto (estado B). Lo anterior proporcionará directrices y pautas en la solución del problema, por lo que se le dedica un capítulo aparte denominado *decisión*.

Para concluir se puede decir que en el desarrollo de la etapa de análisis se van obteniendo elementos, argumentos y consideraciones que constituyen la infraestructura que permitirá conocer más ampliamente el problema y será un elemento esencial para establecer la solución adecuada.

BUSQUEDA DE SOLUCIONES.

Infinidad de factores han determinado el desarrollo de la humanidad. Este desarrollo, que puede ser sintetizado en el dominio que el hombre ejerce sobre la naturaleza, es explicado de muy diversas -e incluso antagónicas- maneras. En el campo de las ciencias exactas o de las humanidades; desde posiciones agnósticas o creyentes; filosóficas o económicamente, a lo largo de la historia el hombre ha tratado de explicarse los mecanismos que provocan y permiten su evolución.

En la actualidad, lejos de estar dilucidada la cuestión, aun que mucho más esclarecida, continúa exacerbando a científicos y pensadores de todo el mundo. También hoy es difícil unificar criterios al respecto, de tal forma que inclusive científicos, especializados en un mismo tema, pero con orientaciones opuestas o poco coincidentes.

Sin embargo se puede afirmar que, aunque no exista una respuesta única y definitiva (respuesta que probablemente nunca se encuentre), sí hay coincidencias respecto de qué es lo que debe ser estudiado con vistas al esclarecimiento de la cuestión. La Biología, la Química, la Física, entre -- otras muchas disciplinas, tratan de comprender cómo se ha generado el universo, cómo se ha generado la vida en la Tierra, cómo se ha generado la vida humana. A ellas se suman otras ciencias que intentan explicar los procesos que condujeron a que el hombre ocupe hoy el sitio que tiene en la escala biológica o los medios que permitieron el increíble desarrollo de la ciencia y la técnica con las cuales el hombre, hoy, cuenta para tratar de mejorar sus condiciones de existencia.

La gran cantidad de conocimientos acumulados durante mucho tiempo proporciona soluciones "ya establecidas" para los -- problemas. Obtener tales soluciones es un proceso relativamente directo que se logra explorando nuestra memoria, consultando libros, informes y aplicando técnicas existentes. Pero hay una segunda fuente de soluciones que, aunque también parte de los conocimientos previos, se basa en la generación de ideas originales. A los procesos que conducen a la obtención de soluciones mediante ideas propias los denominaremos *procesos creativos* y a la capacidad de un individuo para desarrollar dichos procesos, *creatividad*.

Las investigaciones realizadas por psicólogos y pedagogos - en años recientes han proporcionado evidencias que demuestran la posibilidad de desarrollar e incrementar nuestra habilidad intelectual para resolver problemas, y mejorar en forma substancial la capacidad y creatividad de la mente. - Desde luego, además de esta habilidad, el individuo que debe resolver problemas requerirá de una actitud mental positiva, una amplitud de conocimientos y, en las fases del proceso, cierta disciplina.

El razonamiento, como todas las actividades del ser humano, es susceptible de perfeccionarse mediante el ejercicio consciente y sistemático. El ser humano puede controlar algunos de los factores antes mencionados; pero tanto, está dentro de nuestras posibilidades mejorar la capacidad creativa.

De los factores anteriormente señalados, la actitud positiva, el interés por comprender la naturaleza, el deseo de transformación y, en esencia, el reto que representa enfrentarse a un problema, constituyen, en la mayoría de las ocasiones, el detonante que provoca la reacción en el ser humano impulsándolo a la búsqueda exhaustiva de soluciones utilizando el máximo de sus facultades para lograrlas.

Contar con una actitud de esta naturaleza no garantiza resolver el problema adecuadamente; se requiere un amplio bagaje de conocimientos que permita sustentar las soluciones. Además de estos conocimientos, la observación, las lecturas, las vivencias, etc., contribuirán a acrecentar el acervo cultural del individuo y por ende a lograr mejores soluciones.

El hombre, en el transcurso de la historia, ha mejorado en forma extraordinaria prácticamente todas las actividades -- que realiza. Considérese el caso de una actividad deportiva que data de muchos años: el lanzamiento de disco. Es indudable que la observación y el análisis de esta actividad -es decir, hacerla consciente- así como su estudio detallado han permitido aumentar las distancias alcanzadas y establecer nuevos récords. Este estudio comprende desde cómo sujetar el disco, balancear el cuerpo, buscar el mejor ángulo y la forma de impulsarlo durante el lanzamiento, hasta una investigación de los ejercicios que debe hacer el --

atleta para reforzar determinados músculos. Hemos llegado a una etapa tal de evolución, de perfeccionamiento en la forma de ejecutar algunos deportes, que a veces tenemos la impresión de que estamos presenciando hazañas imposibles. Sin embargo, no son más que el producto final del perfeccionamiento consciente de una actividad desarrollada por el hombre con el paso del tiempo.

El comentario sobre el lanzamiento del disco se podría repetir para la gran mayoría de los deportes o por lo menos aquél que por haberse incluido en las competencias han sido objeto de análisis, estudio e investigación. Lo afirmado para el deporte es válido, en la debida proporción, para todas aquellas actividades desarrolladas por el hombre en el ámbito físico e intelectual.

Debido a que el *pensar* es la actividad característica del ser humano, ¿no debería ser asimismo una de las actividades más conscientizadas, mejor conocidas y más estudiadas? Paradójicamente no es así; tal vez por la complejidad del fenómeno o por la dificultad implícita de pensar en el *pensamiento*, en la actualidad únicamente se dispone de teorías sobre este proceso, cuyo fundamento científico no es suficiente. Sin embargo, recientemente han surgido investigadores y educadores que han subrayado la gran importancia del tema. Han llamado la atención sobre la forma en que se originan o producen las ideas. El sólo hecho de observar la manera en que discurre nuestro pensamiento constituye un valioso ejercicio para mejorar nuestra actividad pensante.

Dixon en su obra *Diseño en ingeniería inventiva, análisis y toma de decisiones*, dice refiriéndose a la inventiva: "La facultad de inventiva, es decir, la facultad de engendrar muchas, valiosas y útiles ideas para el logro de metas en la ingeniería, puede mejorarse por medio del estudio del proceso creativo y por la práctica y uso de ciertos métodos" James L. Adams dice: " El tiempo empleado en analizar y mejorar nuestra actividad pensante, es una buena inversión para quien resuelve problemas". Sobre estas opiniones coinciden muchos de los autores y especialistas en el tema.

Todos somos pensadores, pero la gran mayoría lo hemos venido haciendo en forma sorprendentemente inconsciente. El objeto de esta parte del tema es a todo lo que conlleva a la acti-

tividad pensante, de tal manera que, como en el caso del lanzador de disco, estudiemos como pensamos y lo podamos comparar con la forma en la que nos gustaría hacerlo. Así se podría mejorar nuestra acción intelectual. Por este motivo se recomienda al lector que efectúe ejercicios alusivos.

CREATIVIDAD.

El pensamiento original o creativo está íntimamente relacionado con la búsqueda de soluciones a problemas.

Un individuo con creatividad puede sugerir soluciones potenciales que no solamente sean poco usuales sino que, además y a raíz de posteriores aplicaciones, se muestran especialmente efectivas. Según esto, la capacidad creativa de un individuo no se restringe solamente a la imaginación aplicable al concepto elegido para la solución, sino también al grado de efectividad con que se ajusta esta solución al problema mismo.

Se ha especulado mucho sobre el tema de la creatividad. En un tiempo se creyó que ésta era una "facultad divina" reservada para los "elegidos" y que dividía a la humanidad en "semidioses" y hombres, dependiendo de si poseían dicha facultad o no. Sin embargo, en la actualidad muchos estudios demuestran que la creatividad la poseen todos los seres humanos en algún grado y que además es una habilidad susceptible de ser desarrollada.

Indiscutiblemente, es necesario tener además una actitud positiva que nos permita mejorar dicha habilidad. Si desde el inicio de una solución existen prejuicios como: "no tiene solución", "requiere mucho esfuerzo", etc., las posibilidades de desarrollar una habilidad creadora se verán seriamente reducidas.

La mayoría de las opiniones sobre la naturaleza del proceso creativo, provienen de la reflexión de personas que han dedicado gran parte de su existencia a la creación, sea ésta musical, plástica, científica, técnica o literaria.

Von Helmholtz nos refiere: "Las ideas felices vienen inespera

damente y sin esfuerzo, como inspiración, pero nunca han venido a mí cuando mi mente estaba fatigada, o cuando estaba en mi mesa de trabajo"

Si observamos cuidadosamente un buen reporte científico, in forme o proyecto de ingeniería, nos impresiona la sencillez, coherencia y orden con que procede el autor. Sin embargo si se le pudiese preguntar cómo ocurrió ese trabajo, probablemente nos lo refiera de manera diferente.

Por ejemplo, el matemático francés Henry (1854-1912) relata su experiencia en su libro *Ciencia y método*: "Por entonces-estaba yo muy escaso de conocimientos: cada día me sentaba en mi mesa de trabajo, permanecía ahí por una o dos horas, trabajaba con muchas combinaciones y no llegaba a ningún resultado. Una tarde contraria a mi costumbre, tomé café negro y no podía dormir. Las ideas se amontonaban en mi mente; sentí cómo chocaban con otras hasta que se entrelazaron para formar pares, por decirlo así formando una combinación estable. Para la siguiente mañana ya había establecido la existencia de una clase de funciones fuchsianas aquéllas que proceden de la serie hipergeométrica; sólo me faltaba escribir y redactar los resultados, para lo cual bastaron unas cuantas horas"

Obviamente no hay un camino preestablecido para alcanzar los grandes descubrimientos. Llegar a ellos nos revela algo inesperado, revolucionario, nuevo; en la medida en que vencemos la crítica así como la oposición, y podemos rehacer la génesis de las ideas, podemos observar diversos caminos algunos coherentes, otros que no lo son.

El deseo del hombre de conquistar el espacio data de tiempos-inmemorables; en casi todas las mitologías se puede observar esa fantasía. Desde Icaro en la mitología griega, hasta Jules Verne -cuya novela *De la Tierra a la Luna* puede -- ser considerada el antecedente de ficción más cercano a la consumación del hecho-, el espacio, en general, y la Luna, en tanto satélite de la Tierra y por su cercanía con nuestro planeta, fueron objeto de misterio y, consecuentemente, fuente de deseo para el hombre. Ya en este siglo el avance de la ciencia y de la técnica permitieron que esa arcaica -fantasía pudiese tornarse proyecto, o sea, algo susceptible

de realización, Icaro construyó sus alas con cera, y en ello se fincó su fracaso; Verne diseñó ingeniosos dispositivos para su premonitoria nave; el hombre contemporáneo construyó el vehículo que le permitió el viaje. En todos los casos hay un elemento en común: *la necesidad de desarrollar soluciones nuevas para un problema que nunca había sido resuelto*; en ninguno de los casos se podía recurrir a soluciones preestablecidas. En los tres casos hay otro elemento común: la creatividad. El hombre que se sitúa frente a -- una dificultad que quiere vencer y ante la cual no sabe cómo actuar.

En este ejemplo se observa también, con claridad, que la creatividad está tan ligada a la idea de evolución como a la creación -en el sentido usual del término-. En efecto, ni Icaro obtuvo sus alas de la nada, ni las naves espaciales son construidas de la nada. No es sólo la base material para el desarrollo la que ya existía, sino también y sobre todo, la base cultural. El hombre difícilmente se plantea soluciones creativas que estén más allá de su cultura; de hecho, Icaro nunca podría haberse planteado la construcción de una nave espacial como la que efectivamente realizó el viaje hace poco más de una década. En consecuencia, en la actualidad sería muy poco creativo pretender llegar a la Luna con una nave espacial, puesto que ya existe la solución para hacerlo.

Estos ejemplos nos permiten concluir que no sabemos o no comprendemos cabalmente el mecanismo del pensamiento creativo. En un sentido se podría decir que el pensamiento es un proceso que va desde la percepción de la idea amorfa, difusa y vaga hasta la definición de una estructura inteligible -- conforme avanza el trabajo; va desde lo oscuro y completamente confuso hasta lo definido y claramente tangible, desde lo nebulosamente intuido y caótico hasta lo razonado y organizado; en suma, la emergencia de la idea es gradual y es sólo por virtud del ejercicio creativo durante la gestación de la idea que ésta llega a quedar totalmente definida y con su estructura resuelta, unificada y lógica.

Para comprender mejor lo que significa el proceso creativo, podemos utilizar el siguiente símil:

Supongamos que salimos de cacería en una madrugada con niebla cerrada. Llevamos escopetas, rifles, lámparas, trampas alimentos enlatados y dos excelentes perros cazadores. Nos internamos en la sierra en busca de algunos indicios que orienten nuestro caminar. Buscamos ramas rotas, hierbas, con cierto tipo de mordiscos, huellas de animales o cualquier otra pista. Los perros también buscan algún olor conocido: olfatean afanosamente el viento, sin respuesta apreciable. Sin ninguna pista, decidimos dirigirnos a un ojo de agua cercano; es posible que a esta hora de la mañana haya algún animal, o, por lo menos, habrá huellas frescas. Caminamos algunas horas. El día comienza a abrir, pero la neblina aún no se disipa del todo. En el camino hemos visto muchas huellas, inclusive animales, pero no son los del tipo que andamos buscando: venados. Nos acercamos al ojo de agua, caminamos ahora con mucha cautela, despacio, el oído alerta, la mano tensa en la escopeta, los ojos tratando de penetrar la niebla, el follaje y lo insondable: se escucha el latir de nuestro corazón, las tenues pisadas de los perros. Sentimos la presencia cercana de algún animal. Nuestra búsqueda parece que está a punto de acabar. Escuchamos a lo lejos pisadas. Quedamos estáticos, tensos y a la expectativa, con el dedo en el gatillo listos a disparar en el momento en que aparezca algún animal de nuestro interés. Las pisadas se escuchan más cercanas y se comienza a percibir un leve jadeo; se visualiza el tenue brillo de dos puntos iluminados; unos ojos. Nuestra emoción aumenta, estamos más tensos, esperando el momento en que se defina la silueta para jalar el gatillo. Se escucha el animal husmear el aire que, afortunadamente, está en contra. Se acerca con mayor cautela y percibimos al fin su silueta: un venado, pero necesitamos que se acerque más, es imprescindible verificar que no sea hembra, además de garantizar el tiro. Se acerca más: es efectivamente un venado macho y grande; pero está de frente y no tenemos ángulo de tiro, es deseable que se mueva i Muéve te animalito! Husmea nuevamente el aire y cambia de posición... ¡Bang!

El símil mantiene una cierta analogía.
El símil anterior mantiene una cierta analogía con la idea que se está gestando. Hay algo entre la bruma, algo que se está buscando, que se sabe que ahí está, pero no se percibe. Se va delineando paulativamente, no se sabe si es una idea apropiada o no; incluso no se sabe si guarda relación con el problema cuya solución buscamos. La idea en este caso se oculta al investigador que se encuentra tenso, expectan-

te. ¡ De pronto surge la solución ! Lo que en un inicio está imperfectamente establecido, se va transformando en un sentimiento intuitivo que gradualmente se esclarece hasta hacerse certidumbre de una idea tangible que efectivamente responde a la necesidad original. Pero, como en el ejemplo del cazador, es necesario contar con las herramientas y los conocimientos indispensables para poder "cazar" la idea.

El proceso creativo, como se ha dicho, es aquél que da muestra a la vez de originalidad y de valor en su resultado. Muchos autores concuerdan en que para la originalidad se necesita el conocimiento y la imaginación y para aquilatar el valor de los resultados es indispensable la evaluación de los mismos. La creatividad, entonces, es una función del conocimiento, de la imaginación y de la evaluación.

Imagínese frente a un lienzo, una tela completamente blanca. Se cuenta con decenas de tubos de óleos de diferentes colores, una paleta, pinceles de diversas calidades y espesores; se tiene también aceite de linaza y aguarrás. ¡ Ahora a pintar!

¿ Qué se va a pintar ?, ¿ cómo se va a pintar ?... Si no se conocen los elementos del dibujo, proporciones y perspectivas, el uso de colores calientes y fríos para crear forma y espacio, las técnicas y otro tipo de conocimientos (científicos y empíricos) no se podrá crear la armonía de forma, espacio y color deseados. Pero eso no es suficiente, se requiere imaginar previamente esa "forma", ese "espacio" y ese "color". Entre más colores halla, se tendrá mayor posibilidad de combinación; los conocimientos sobre forma, espacio y color, así como los materiales se deben manejar según las pautas de nuestra imaginación para procurar mejores combinaciones.

Finalmente, en el desarrollo de nuevas figuras habrá ideas completamente nuevas, pero no necesariamente utilizables. Por ello, habrá que evaluarlas y decidir cuál o cuáles de ellas son realmente de valor propio, social, grupal o institucional.

Sin conocimientos es obvio que la imaginación es improducti

va. Sin un trabajo imaginativo con los conocimientos previos, la abundancia de éstos no será de utilidad en un mundo de cambios constantes; si no se cuenta con una capacidad de síntesis y evaluación, es evidente que no se logrará una actitud creadora, efectiva en el proceso.

LA CONDUCTA CRITICA: ASPECTO ESENCIAL DE LA CAPACIDAD CREATIVA.

Respecto a los conocimientos se ha escrito mucho y en un alto porcentaje las escuelas y universidades los proporcionan con mayor o menor efectividad. Respecto a la imaginación, el medio ambiente propicia mínimamente su desarrollo; es más, parece no permitir que se manifieste completamente. Es conocida la frase de uno de los hermanos Marx: "Hasta los quince años creí que me llamaba ¡cállate!", que resulta hilarante por el mismo absurdo que conlleva y aunque parece broma, en algunos casos es real.

En el aula se ha sepultado la mayor parte de la naturaleza inquisitiva del individuo, simplemente por obediencia a los propios estereotipos culturales de los educadores. Al individuo se le ha hecho sentir culpable por utilizar imaginativamente materiales, conocimientos y hechos; se le ha forzado a trabajar con soluciones preestablecidas, haciéndole -- creer que éstas son más valiosas. En suma, se deambula por el mundo con el pequeño flujo de la corriente creadora porque el gran caudal de la imaginación se ha reprimido.

Resulta evidente el grave problema que representa la falta de imaginación en el proceso creativo. Sin embargo, habrá que imaginar si ésta es una costumbre o una conformidad. Existen conformidades inconscientes y deliberadas. Para identificar a las primeras se puede invitar al lector a comer algo que nunca haya probado antes y analizar qué nuevas sensaciones le produce. En esencia se le invita a romper con elementos conocidos.

Respecto a los hábitos establecidos, se podría mencionar que la mayor parte de los individuos ingieren su alimento a las horas acostumbradas por razones de eficiencia, conveniencia y costumbre; también por costumbre se puede aceptar la idea-

de usar corbata para asistir a una reunión de negocios, aun que este hecho no garantiza que se podrían mejorar los acuerdos de la misma, ni que se quiera dedicar el esfuerzo a convencer a la sociedad de cambiar la manera de vestir en vez de dedicar este esfuerzo a problemas de mayor prioridad.

El conformismo es un enemigo de la originalidad. Reduce la posibilidad de que se creen nuevos puntos de vista necesarios para el logro de percepciones creativas.

La idea central respecto al conformismo se puede condensar con la siguiente máxima: "Dadme el valor de modificar aquellas cosas que deben transformarse, la fortaleza para aceptar aquellas cosas que no deben o no necesitan transformarse y la sabiduría para distinguir entre unas y otras". Aun que presenta puntos sumamente conformistas, su análisis permitirá incorporar elementos importantes a los progresistas.

En contraposición al conformismo, es deseable desarrollar - una de las más importantes capacidades de las personas creativas: la actitud cuestionadora.

Una razón por la cual el aspecto inquisitivo del niño se inhibe, o al menos se disminuye, es el gran juego de la sabiduría: aprenderemos conforme crezcamos y llegaremos a ser inteligentes. La inteligencia generalmente se asocia a la cantidad de conocimientos que se poseen. Entre más conocimientos acumulados se tengan, se tiene la idea de que se es más sabio.

Un cuestionamiento es la admisión de que algo se desconoce o no se entiende. Si se asiste a las aulas, se verá a los alumnos permanecer confundidos ante la exposición del profesor y no hacer una sola pregunta respecto al tema, ni de forma colateral. Más aún, si se acude a conferencias sobre temas especializados, por ejemplo energía maremotriz, expresionismo en el arte, etc., no obstante no entender no hay preguntas. Dentro del campo técnico resulta a veces peor, ya que existe un lenguaje particular para las diversas disciplinas; sin embargo, técnicos del área en muchas ocasiones no entienden cabalmente su propio lenguaje.

se ha mencionado que la actitud cuestionadora es fundamental para motivar la conceptualización. Si uno acepta y acata el *statu quo* o lo establecido sin cuestionar, no se tendrá razón ni motivo para innovar, no se tendrá la capacidad de ver necesidades ni problemas. Sin embargo la sensibilización a los problemas es una de las más importantes cualidades de la persona creadora; una vez que el problema se ha percibido, esa actitud se utiliza continuamente para asegurar una solución creativa.

Una persona creativa debe tener un escepticismo saludable - acerca de las respuestas existentes, las técnicas y los alcances. En palabras de otros autores, esto significa que debe poseer un "descontento constructivo".

Esta actitud interrogante se lleva a cabo mediante un esfuerzo intencional. En este punto se encuentra un reto interesante desde el momento en que se está evidenciando la propia ignorancia. Sin embargo, el hombre más culto puede utilizar reiteradamente las preguntas "¿por qué?", "¿para qué?", "¿quién?", sin encontrar gran respuesta por parte de sus congéneres. Por lo tanto no hay nada que perder y si mucho que ganar.

Si usted no tiene ahora nada que preguntarse, por qué no iniciar con las siguientes preguntas:

¿ Por qué escribimos de izquierda a derecha ?

¿ Qué sabor tiene el color verde ?

¿ Qué es la vida ?

¿ Cómo piensa la gente ?

¿ Por qué el hombre es creativo ?

¿ Por qué frente al espejo la imagen presenta simetría lateral y no de arriba a abajo ?

¿ En qué consiste el proceso creativo ?

Tratemos de dar respuesta a esta última interrogante.

Las reflexiones anteriores permitieron acercarse al concepto de creatividad (en términos exclusivamente introductorios, no se pretendió con ellas cerrar un tema que ha motivado, y continúa haciéndolo, gran cantidad de trabajos específicos realizados por especialistas.)

Diversos científicos, educadores, filósofos y sociólogos han analizado el acto de crear, el proceso de generación de ideas, a través de experiencias propias y ajenas. Como proceso algunos autores han identificado tres etapas: Osborn (1) propone que para llegar a una solución creativa de problemas se procede a partir del descubrimiento de hechos, -- posteriormente el descubrimiento de la idea y finalmente el descubrimiento de la solución. Otros autores se refieren a estas tres etapas como: adquisición; transformación y evaluación; contenido, operaciones y productos. Sin embargo, el proceso de cuatro etapas propuesto por Wallas (2) ha tenido mayor aceptación. Las cuatro etapas propuestas son: - preparación, incubación, iluminación y verificación.

A continuación se describen brevemente estas cuatro etapas:

La *preparación* consiste en el reconocimiento de la existencia de un problema, la adquisición de las aptitudes necesarias, los conocimientos previos y las actitudes debidas.

En la *incubación*, como su nombre lo indica, no existe un trabajo formal del problema; de hecho, se trabaja a niveles inconscientes.

La *iluminación* es el momento en el que se manifiesta la solución, es el "EUREKA". La verdadera experiencia creativa.

La última etapa, *verificación*, se utiliza para denotar el -trabajo posterior, comprobar las hipótesis, especificar, -- presentar la solución, etc.

LENGUAJES

Lenguaje es todo sistema de signos que se utiliza para transmitir información. El lenguaje es, en consecuencia, en primer término, el instrumento esencial de la comunicación.

Normalmente, el término es asociado directamente con la lengua verbal que utilizan los seres humanos para relacionarse. Sin embargo, en función de la definición arriba anotada, se deben aceptar como lenguajes infinidad de sistemas -humanos y no humanos-: lenguaje matemático; diversos lenguajes animales (el de las abejas, por ejemplo); lenguaje de computación; lenguaje telegráfico, entre otros.

Sin afán de definir y sólo con el propósito de explicitar - un poco más, se puede decir que por concepto se entiende el agrupamiento de características o cualidades comunes que se utilizan para categorizar algunos estímulos; si tratáramos de dar el concepto de "mesa" pensaríamos posiblemente en -- una superficie rectangular apoyada en cuatro patas; después recordaríamos que el término se aplica también a superficies circulares, ovaladas, irregulares y que la sustentación puede ser de tres, dos, o una cualquier número de patas y quedaría únicamente como concepto de mesa, una superficie horizontal que sirve de apoyo. Un concepto genérico de mesa no excluye de ninguna manera el concepto que tengamos de mesa rectangular, mesa de operaciones o mesa de comedor.

Una experiencia frecuente durante la enseñanza, es la dificultad con que tropezamos para establecer conceptos entre el mundo real, objetivo, y las expresiones analíticas que codifican en misteriosas claves (leyes), el comportamiento de los objetos físicos. Elementos básicos de la mecánica - tales como "fuerza", "masa", "energía" se antojan difíciles de "conceptualizar", de percibir en nuestra mente. Esta es, creemos, una de las principales razones que explican el fracaso de los alumnos al estudiar esta rama de la física.

No existe, sin embargo, una sola forma de generar las ideas; cada persona tiene algún modo predominante de hacerlo, de formar los conceptos. Sumamente ilustrativas sobre este punto resultan las experiencias y observaciones que del proceso creativo nos han legado hombres eminentes, reconocidos como inventivos en sus respectivos campos de trabajo: Kekulé, al recordar la forma en que concibió el ciclo bencénico, di

ce que al estar frente al fuego *vio* una serpiente que mordía su cola. Robert Luis Stevenson relata en *Juvenalia* cómo brotó en su mente la idea para una de sus obras clásicas: "Estaba entreteniéndolo a un pequeño; dibujando un mapa de una isla de contorno irregular, bajo la cual escribí "Isla del Tesoro". Inmediatamente, dice Stevenson, los caracteres de libro empezaron a aparecer entre los árboles". Arquímedes descubrió el principio fundamental de la hidrostática al sentirse flotando en la bañera y resolvió el problema -- que le había planteado el rey Hierón.

De hecho, es el lenguaje el que permite abstraer y formar -- los conceptos con los cuales el pensamiento opera para producir ideas.

Del lenguaje verbal surge la capacidad de organizar el pensamiento en formas no verbales y, básicamente, de imaginar.

Se podría decir que la imaginación es casi una forma autónoma del pensamiento. Esta forma es preponderante en algunas profesiones, como por ejemplo la arquitectura, que realiza gran parte del trabajo pensando por medio de imágenes. Algunos investigadores señalan la existencia de tres formas -- básicas de formación de imágenes visuales del mundo real: la producción en la mente de objetos vistos; la construcción cerebral, la imaginación, que se realiza con material derivado de la experiencia, y la imaginación gráfica, que es -- una forma mental de simplificar con esquemas y figuras.

Es importante señalar la diferencia entre *percepción de imágenes y formación de imágenes*. En el primer caso, se trata de un proceso estrictamente sensorial, en el cual participan los órganos de la visión y que es exactamente igual en el caso de los mamíferos superiores, incluido el ser humano. En el segundo caso, se trata de un proceso del pensamiento -- que, si bien parte, por un lado, de la percepción, se apoya fundamentalmente en la capacidad de abstracción. Es por supuesto obvio que no hay capacidad de generar imágenes sin un proceso perceptivo previo; en este sentido se hace necesario acotar que el desarrollo de la capacidad de ver, de la habilidad para observar, incrementará sensiblemente la -- capacidad de generar imágenes en la mente.

De los ejemplos anteriormente anotados, se desprende que - existen formas predominantes de pensar, algunas de ellas - fáciles de identificar por nosotros porque coinciden con la forma en que solemos hacerlo, otras ajenas a nuestra habitual conceptualización. Sin embargo, todas ellas constituyen en última instancia formas de expresar nuestro pensamiento; por ello al referirnos a estas modalidades podemos hablar de *lenguajes mentales*. Para poder resolver eficazmente problemas es ventajoso ser consciente de la diversidad de lenguajes a los que recurre nuestra mente durante la búsqueda de soluciones y ser capaz de utilizar en forma deliberada cada uno de ellos en la solución de los problemas de acuerdo con su naturaleza.

Al referirnos a estas formas de lenguaje mental podemos designarlas como pensamiento verbal visual, imaginativo o simbólico, según predominen en ellas la palabra, las imágenes visuales las fantasías o los símbolos.

Es indudable que resulta particularmente ventajoso para el desarrollo de algunas actividades del ser humano el uso de cada una de estas formas de pensamiento. Así, el pensamiento verbal puede ser de gran ayuda para el orador, el dramaturgo, el escritor o periodista: en este caso el predominio mental de la palabra le permite traducir con mayor facilidad sus experiencias, sus ideas o sus sentimientos en forma oral o escrita.

Existen, según acabamos de observar, varios lenguajes mentales; formas de expresar el pensamiento. Como ya se explicó para mejorar nuestra capacidad de resolución de problemas, debemos tratar de ejercitar en forma constante las diversas formas y utilizar las más apropiadas para cada problema. - Ludwig Van Beethoven era completamente sordo cuando compuso una de sus obras magistrales: La Novena Sinfonía; es indudable que tuvo una extraordinaria habilidad para expresarse en el lenguaje musical.

Algunos lenguajes se usan más que otros; sin embargo, el ejercicio consciente de todas las formas desarrolla la habilidad para conceptualizar y combinar las diversas variantes, según el problema que nos ocupe, aprovechando de esta manera el máximo potencial de la expresión mental.

El más complejo de todos los lenguajes conocidos es, sin duda, el lenguaje verbal. Existe un estrecho vínculo entre este lenguaje y el pensamiento: hay quienes sostienen que el pensamiento, depende de él; otros por el contrario afirman que el lenguaje verbal es una función directa del pensamiento, y en consecuencia, establecen una relación de pertenencia inversa. Posiblemente, la respuesta más adecuada sea aquella que congenia ambas posturas: el lenguaje surge del pensamiento y a su vez, a raíz de la interrelación constante que con éste mantiene, lo genera y desarrolla.

Algunos lenguajes no verbales, a los que se hará simplemente una somera referencia, son:

- El lenguaje matemático: es, posiblemente, el lenguaje más abstracto de todos los conocidos. Se maneja con conceptos puros, sin que en él intervengan absolutamente ningún elemento de la realidad concreta.

- Lenguaje gestual: es, quizás incluso más que el lenguaje verbal, el utilizado por los hombres para comunicar las diversas instancias de la afectividad.

- Lenguaje escrito: es una manifestación directa del lenguaje verbal. De hecho, podría decirse que la escritura es la traducción del lenguaje verbal a un código establecido por la gramática.

Como ejemplo de la necesidad de utilizar lenguajes no verbales en la resolución de problemas, se presenta el siguiente caso:

Supóngase que José desea instalar una lámpara en un arbotante. (Véase la figura IV.1). Al subir a la escalera de 5 m de longitud, ésta empieza a deslizarse en el piso a razón de 1 m/seg. Se pregunta: ¿ a qué velocidad cae Juan?

Si pretende resolver este problema verbalmente, lo más probable es que fracase en su intento porque carece de elementos para hacerlo; incluso si recurre al método de ensayo y error encontrará que no dispone de muchos datos que guíen-

sus estimaciones. La solución es sin embargo bastante más sencilla si procedemos de la siguiente manera:

- a) Visualizamos la situación del problema real.
- b) Sustituimos el arbotante, la distancia en el suelo y la longitud de la escalera por líneas de un triángulo (véase figura IV.2).

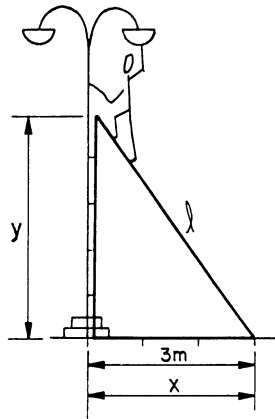


Figura IV.1

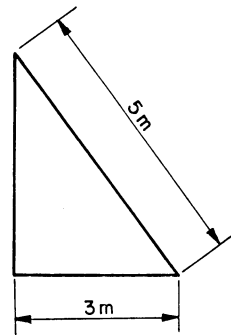


Figura IV. 2

- c) Utilizamos el lenguaje algebraico para resolver el problema.

Según el teorema de Pitágoras:

$$1^2 = y^2 + x^2$$

$$25 = y^2 + 9$$

$$y = \sqrt{16}$$

$$y = \pm 4$$

derivando respecto al tiempo:

$$2y \frac{dy}{dt} + 2x \frac{dx}{dt} = 0$$

donde:

$$\frac{dy}{dt} = v_y \text{ (velocidad de caída)}$$

$$\frac{dx}{dt} = v_x \text{ (velocidad horizontal de deslizamiento)}$$

simplificando:

$$y \frac{dy}{dt} + x \frac{dx}{dt} = 0$$

sustituyendo:

$$4 v_y + 3 = 0$$

por lo tanto:

$$v_y = - \frac{3}{4} = - 0.75 \text{ m/s}$$

¿ Qué indica el signo negativo ?

Una forma de desarrollar la habilidad de pensar por medio de imágenes consiste en realizar actividades a través de modelos, figuras, palabras, etc. Esta habilidad contribuye además a perfeccionar la capacidad de observación.

La segunda forma de lenguaje visual es quizás la más importante para conceptualizar. Como ya se indicó, en ésta se integran imágenes con elementos reales. Hay dos cualidades que conviene cultivar en las imágenes visuales. Si deseamos incrementar nuestra capacidad de pensamiento visual: la primera es la claridad o nitidez de los contornos y la riqueza de detalles; la segunda es lo maleable de lo visto, es decir la capacidad para dinamizar lo imaginado, transformándolo a voluntad.

La claridad depende de diversos factores, pero principalmente de la habilidad para ver, de la motivación que el sujeto tenga para hacerlo, de la práctica, de la naturalidad, del ámbito en el que ubique lo imaginado. Si pretende ver un pariente en un lugar insólito, es probable que encuentre mayor dificultad en lograrlo, que si trata de reproducir su imagen en los sitios que habitualmente lo visita.

Esta forma de construir imágenes se incrementa apreciablemente si se tratan de dibujar los objetos imaginados. Tomar un curso de dibujo a mano alzada contribuye sin duda a mejorar las imágenes que se retienen.

La tercera variante de pensamiento visual es quizás la más compleja. Como en los casos anteriores, realizar ejercicios adecuados incrementará notablemente esta capacidad.

Es pertinente que quien busque soluciones señale.

Es pertinente señalar que el pensamiento visual representa para quien busca soluciones un poderoso instrumento de trabajo. En ésta forma como en las otras formas, analizar la secuencia de las imágenes contribuye a perfeccionar la habilidad para expresarse visualmente.

DECISION

Al tratar de resolver un problema generalmente surgen gran cantidad de soluciones que a medida que se van analizando se reducen en número. Sin embargo, es común que se presenten dos o más opciones de solución que pueden satisfacer los requerimientos planteados en ese problema; esto origina que se desarrolle un proceso de depuración de las mismas. Estas opciones de solución se sujetarán a un proceso más preciso de evaluación con la finalidad de determinar la solución más conveniente.

Tomar una decisión es un proceso que puede ser simple o compleja dependiendo de algunos factores como son: del medio que rodea a la persona, los recursos de que dispone y las pretensiones que ella tenga establecidas.

Así el grado de certeza de las decisiones tomadas en forma personal o grupal se sostienen en la incidencia inmediata que proporciona el sentido humano, la experiencia acumulada en el transcurso del tiempo, el conjunto de conocimientos adquiridos, la información disponible y sobre todo el discernimiento intuitivo de lo que es apropiado y conveniente.

En las diversas actividades del ser humano, se presenta frecuentemente la necesidad de tomar decisiones, que le permitan ir hacia la solución del problema planteado; es decir, la persona actuará de tal manera que la decisión que se tome conduzca a una situación distinta a la que priva en un momento dado. Para lograr lo anterior es de vital importancia el tener los objetivos claramente especificados y jerarquizados.

PROCESO GENERAL DE TOMA DE DECISIONES.

Puede afirmarse que una decisión es la conclusión de un proceso de análisis que realiza una persona o un grupo de personas. En diversas circunstancias la conclusión de un proceso puede considerarse como el inicio de otro que deberá de realizarse con mayor profundidad, lo que convierte a la toma de decisiones en una secuencia de depuración cada vez más intensa y compleja.

Por lo tanto, en la toma de decisiones generalmente se desarrolla el siguiente procedimiento:

- Las opciones de solución que inicialmente se seleccionen como las convenientes, se expresan en términos generales, quizás con palabras, notas, croquis, etc.
- Se retiran aquellas opciones de solución que presenten desventajas respecto a los fines esperados; comúnmente, esto se realiza a través de valoraciones o evaluaciones rápidas y superficiales.
- Las opciones que logran salvar el paso anterior, se detallan con mayor profundidad y se evalúan con métodos más refinados; los cuales permitirán elegir solamente una de las opciones que de acuerdo con ciertos criterios es la que más se adecúa a la solución.

En los dos primeros pasos del proceso general para la toma de decisiones, los elementos de apoyo para excluir algunas soluciones propuestas al problema, están basados en hechos, información elemental y sentido común.

De acuerdo a la naturaleza del problema, lo realizado en el párrafo anterior puede ser suficiente; no obstante, existen situaciones y problemas que nos conducirán a desarrollar el tercer paso, para lo cual habrá de utilizarse medios sofisticados para lograr seleccionar la opción que presente mayores ventajas. Realizar un análisis a este nivel, implica recurrir a las siguientes cuestiones para llegar a una adecuada decisión.

- a) Establecer los criterios de evaluación más significativos y jerarquizarlos de acuerdo a su importancia relativa.
- b) Estimar la operatividad de las soluciones en estudio con respecto a los criterios establecidos.

- c) Efectuar un análisis comparativo de las posibles soluciones sobre la base de los funcionamientos estimados.
- d) Hacer la elección.
- e) Elegir el más adecuado; o sea, aquel que satisface con mayor bondad los requerimientos del planteamiento inicial del problema.

Conviene destacar que en lo anterior, cobra significativa importancia el concepto de criterio, ya que éste forma el pivote o punto de referencia contra el cual se calificarán las posibles soluciones para comprender ampliamente lo anterior, a continuación se presenta un ejemplo sobre la toma de decisiones.

SELECCION DE UNA OBRA DE RIEGO AGRICOLA.

El " Ejido Morelos " tiene una población de 5000 habitantes que prácticamente no varía con el tiempo y cuyo ingreso per cápita (IPC) es de 2000.00 pesos al año; cada familia cuenta con un promedio de cinco miembros y, mediante medios rústicos producen al año seis toneladas de maíz por hectárea y cuenta con una existencia cultivable de 2 500 hectáreas de maíz.

Se piensa construir en este lugar obras de irrigación, con el fin de aprovechar más ampliamente los recursos de la región y elevar el nivel de vida de esa comunidad.

Después de efectuar estudios previos en los cuales se eliminaron varias opciones de solución al problema planteado, se llegó a establecer que sólo dos obras alternativas alcanzan a cubrir los requisitos previstos para lograr los fines deseados; dichas obras presentan las siguientes características:

OBRA A	OBRA B
Costo por hectáreas = 30,000.00	Costo por hectáreas = 70,000.00
Produce 14 toneladas por ha.	Produce 20 toneladas por ha.

Ambas alternativas tienen una vida útil de 20 años.

SELECCION DE CRITERIOS.

Para establecer los criterios más relevantes que conduzcan al logro de los fines propuestos, se presentan los siguientes cuestionarios:

¿Cuál es el costo total de la obra A ?

¿Cuál es el costo total de la obra B ?

¿ A cuánto asciende el Producto Interno Bruto (PIB) de esa región, si únicamente vive de ese producto agrícola?

¿ Si se construye la obra A, a cuánto ascenderá el IPC y PIB en 20 años ?

¿Cuál será la rentabilidad* en 20 años de la obra A ?

¿Cuál será la rentabilidad* en 20 años de la obra B ?

Con base en los fines propuestos en el problema y los cuestionamientos anteriores, podemos apreciar el interés que se manifiesta por diferentes costos y por conocer la manera en que los beneficios de obras repercuten en el aumento de la producción e ingresos de la región. Este concepto en los problemas de ingeniería se conoce como un criterio de beneficio-costó, que generalmente es el que predomina en los trabajos que se realizan en dicho campo de la actividad profesional, y en donde se pretende recuperar lo invertido.

PRONOSTICO DE FUNCIONAMIENTO.

Para predecir cómo funciona y qué se logra en cada alternativa, se hará un análisis comparativo apoyándose en las respuestas a los cuestionamientos formulados.

Costo total de la obra A:

2 500 ha. x 30 000.00 pesos/ha. = 75 000 000.00 pesos.

* Es la utilidad esperada en unidades monetarias de una solución en relación al costo de crearla.

Costo total de la obra B:

$$2\ 500\ \text{ha.} \times 70\ 000.00\ \text{pesos /ha.} = 175\ 000\ 000\ .00$$

$$\text{PIB actual} = 5000\ \text{habit.} \times 2\ 000.00\ \text{pesos habit.} = 10\ 000\ 000.00\ \text{pesos.}$$

Si se construye la obra A;

Será necesario calcular primeramente el IPC_A

$$6\ \text{ton.} - - - - - 2\ 000.00\ \text{pesos/habit.}$$

$$14\ \text{ton.} - - - - - \text{IPC}_A$$

$$\text{IPC}_A = \frac{14\ \text{ton.} \times 2\ 000.00}{6} = 4\ 666.66\ \text{pesos}$$

$$\text{Por lo cual PIB} = 5\ 000 \times 4\ 666.66 = 23\ 333\ 500.00\ \text{pesos}$$

Si se construye la obra B;

Será necesario calcular primeramente el IPC_B

$$6\ \text{ton.} - - - - - 2\ 000.00\ \text{pesos/habit.}$$

$$20\ \text{ton.} - - - - - \text{IPC}_B$$

$$\text{IPC}_B = \frac{20 \times 2\ 000}{6} = 6\ 666.66$$

Por lo cual $\text{PIB} = 5\ 000 \times 6\ 666.66 = 33\ 333\ 000.00$ pesos con objeto de simplificar este análisis nos apoyaremos en la siguiente tabla:

ALTERNATIVAS	COSTO POR HECTAREA PESOS M.N.	COSTO TOTAL PESOS M.N.	PRODUCCION POR HECTAREA TONELADAS	INGRESO PER CAPITA PESOS M.N.	PRODUCTO INTERNO BRUTO PESOS M.N.		INCREMENTO DEL PIB PESOS M.N.	RENTABILIDAD EN 20 AÑOS PESOS M.N.
					ANUAL	EN 20 AÑOS		
ACTUAL			6	2000	10 000 000	200 000 000		
A	30 000	75 000 000	14	4667	23 333 500	466 667 000	266 667 000	191 667 000
B	70 000	175 000 000	20	6667	33 333 000	666 667 000	466 667 000	291 667 000

COMPARACION DE ALTERNATIVAS

La tabla anterior, muestra en cuanto al costo total de las obras, que la obra A es más conveniente por implicar; sin embargo, para poder decidir sobre su construcción deben tomarse en cuenta otros factores; así como en la columna que señala la producción por hectáreas nos indica mayor producción de la obra B, lo que podría sugerir su implantación.

No obstante, el análisis hasta este punto no aporta suficientes elementos para poder decidir cuál de las obras es la más conveniente.

Como en ambas obras se considera una vida útil de 20 años, debemos calcular su producción durante este período y su respectiva rentabilidad.

La antepenúltima columna muestra a cuánto ascendería el producto interno bruto, si se construyera una u otra y en la penúltima columna se indica el incremento del PIB actual para ambos casos.

La rentabilidad de las alternativas de la obra, está en la última columna y se obtuvo con la diferencia del incremento del PIB y la inversión en cada caso.

Es conveniente notar en este problema que la obra que requiere menor inversión no es necesariamente a lo largo del tiempo y en función de la producción la más económica.

SELECCION DE LA OBRA.

La información proporcionada por la rentabilidad de la obra, que esta en función de la producción que puede alcanzarse - en 20 años y la inversión posible, permite tomar ahora si una decisión. Por lo tanto, puede concluirse de este análisis que la obra más conveniente para los fines deseados es la obra B, ya que su rentabilidad en 20 años es considerablemente más grande que la correspondiente a la obra A.

Del ejemplo anterior puede inferirse que, cuando se trata de elegir entre varias opciones, que cuentan con diferentes características, la selección se complica, sobre todo cuando las características no son compatibles; en este caso la elección dependerá de la importancia relativa que se le asigne a cada característica y a los criterios que se establezcan.

Es conveniente destacar que se denomina criterio a las bases o lineamientos que permiten orientar el proceso comparativo de evaluación, para seleccionar una de las diferentes opciones de solución.

ASPECTOS GENERALES Y DETERMINACION DE ALGUNOS CRITERIOS.

Cuando se presenta la necesidad de tomar una decisión, se presupone un objetivo por alcanzar, caminos alternativos para lograrlo y una serie de factores que nos orienten en la selección de alguna opción. Estos factores no son igualmente importantes para las alternativas de solución a un determinado problema; ya que éstas pueden ser de carácter social, económico, personal, etcétera.

Sin embargo existe una infinidad de factores importantes para determinar los criterios en cualquier problema de decisión; esto es, cualquier intento de identificación completa,

corre siempre el riesgo de omitir algunos que seguramente existirán.

Las técnicas actuales para la toma de decisiones permiten conjuntar, en alguna medida, los principales factores para definir los criterios que influirán en la selección de una de las alternativas para resolver un problema. De esta manera han surgido algunos términos técnicos comúnmente utilizados en las discusiones personales y grupales sobre criterios en diversos campos de la actividad humana. A continuación se exponen los criterios de confiabilidad y seguridad.

La confiabilidad es la probabilidad de que un proceso o todo un sistema, cumpla con la función para la cual fue creado, y de acuerdo con las condiciones de operación especificadas.

Un ejemplo que ilustra la aplicación de este criterio es el relacionado con el problema del drenaje en el Valle de México que se manifiesta con mayor intensidad con el crecimiento de la población al inicio de este siglo. Esta población requería para cubrir sus necesidades de grandes cantidades de agua potable, por lo que se tuvo que realizar una perforación excesiva de pozos que provocó hundimientos en diferentes puntos de la ciudad, sobrepasando en algunos casos los 7.00 metros. Esto produjo para el año de 1951 serios daños en la red de alcantarillado, ya que quedaban los niveles del sistema alimentario de aguas y el gran canal por arriba del de la Ciudad de México.

Todo lo anterior ocasionó que el sistema de drenaje, por gravedad en ese momento, prácticamente dejara de funcionar, lo cual demostró que no era confiable. Debido a esta situación se adicionó al mismo sistema, diferentes equipos de bombeo. Sin embargo, estos equipos estaban sujetos a diversos factores que afectaban su funcionamiento (energía eléctrica, mantenimiento, etc.) y por lo mismo, no garantizaban una adecuada confiabilidad.

Para incrementarla se proyectaron y construyeron obras de drenaje profundo como son los emisores central y oriental que trabajaban por gravedad y descargaban en zonas del esta

do de Hidalgo.

A medida que se implantaron los sistemas y obras descritas, se incrementaba la probabilidad de que el drenaje de la ciudad fuera más eficiente y tuviera menores riesgos.

La seguridad de los individuos es una consideración que ha privado desde hace mucho tiempo en el ámbito de las naciones y de los grupos humanos; debido a los incesantes logros tecnológicos y a la necesidad de mejores niveles de vida de las sociedades de relevante importancia en los últimos años.

Incontables creaciones del ingenio humano han hecho posible un incremento en la producción de bienes y servicios; un ejemplo podría ser la maquinaria o equipos que realizan labores específicas con eficiencia y rapidez bajo la supervisión de personal capacitado para su manejo, otro ejemplo es sin duda las grandes mejoras para transportarse de un lugar a otro.

El primer ejemplo menciona las bondades de la utilización de maquinaria (merced a la correcta planeación de las funciones de la misma y de cada pieza del equipo involucrado); sin embargo es innegable que las actividades que con ella se efectúan representen ciertos "riesgos" en su manejo y control.

Las actividades que se efectúan en diversas industrias con diferentes tipos de maquinaria, equipos e instalaciones, exponen riesgos de los trabajadores en mayor o menor intensidad. Así tenemos que en nuestro país (1), las activida-

(1) Según declaraciones hechas por el Lic. Antonio Loeza en el Centro de Investigaciones el 28 de julio de 1982, en su trabajo Diagnóstico de la Problemática de los Riesgos de Trabajo en México.

* El riesgo se presenta cuando no se está completamente seguro sobre el curso de acción por adoptar, existe cierto grado de incertidumbre y para analizarlo se recurre al instrumento probabilístico.

des más peligrosas son las dedicadas a la extracción y beneficio de minerales no metálicos, en la fabricación y reparación de embarcaciones, en la elaboración de estructuras metálicas, en la industria textil y en los ingenios azucareros, las cuales representan promedios superiores al parámetro nacional de 11.8 riesgos ocurridos en cada 100 trabajadores - expuestos en el año de 1980.

Los accidentes y enfermedades de los trabajadores tienen orígenes diversos, como son los agentes agresores a su salud y las condiciones del medio ambiente donde se desarrolla el trabajo.

Esto ocasiona daños, en lo particular a la economía de las empresas y en lo general a la productividad del país; para tener una idea de las pérdidas, en el año de 1981 el IMSS gastó quince mil millones de pesos en el seguro de riesgos de trabajo, sin embargo cálculos indirectos presuponen que las empresas tienen gastos superiores ya que se presentan situaciones de preparar nuevo personal para reparar maquinaria, establecer nuevos procedimientos de trabajo, e incluso para la producción; por lo que el gasto estimado oscila entre cuarenta y sesenta mil millones de pesos al año.

Las cifras estadísticas mencionadas no deben considerarse únicamente como números fríos, sino que representan también sufrimientos y dolor en los trabajadores.

Lo que hemos tratado nos permite ver que la "seguridad" de los dispositivos y condiciones de las industrias son de suma importancia y constituye un criterio para el que no hay excusa valiosa por el cual se considere a la ligera.

El segundo ejemplo está relacionado con los medios de transporte actual, que se manifiesta en las grandes embarcaciones capaces de transportar diversos productos a diferentes lugares del mundo, la efectividad de las líneas aéreas, así como el significado social y económico del automóvil en la vida diaria de los hombres.

Los aumentos de velocidad, comodidad y formas de transportación no se han dado en la misma medida que el correspondiente a la seguridad de los mismos.

Con frecuencia conocemos noticias de percances y accidentes de varios tipos, principalmente en vehículos que transitan por tierra. Para contrarrestar estas situaciones se han elaborado por los gobiernos, disposiciones y medidas para disminuir velocidades en las carreteras, para orientar y ordenar el tránsito aéreo y marítimo, hasta convertir en profesiones el manejo, control y mantenimiento de estas creaciones del hombre.

El predecir las eventualidades que puedan ocasionar accidentes en la elaboración, en la operación o el servicio de un dispositivo o artefacto creado por el hombre, es una responsabilidad profesional que está implícita dentro de las consideraciones para determinar sensatamente la seguridad de ellos. Este criterio, aunque difícil de cuantificar, es necesario tratar de establecerlo para evitar pérdidas de esfuerzo, tiempo y recursos o posteriores acciones correctivas.

TEORIA CIENTIFICA PARA LA TOMA DE DECISIONES

En lo tratado hasta el momento sobre la toma de decisiones de planteamientos problemáticos, se ha visto que las soluciones a ellos dependerá de lo correcto o equivocado en la elección de la decisión y, por lo mismo ésta implica siempre un riesgo.

Es conveniente destacar que cuando se tiene que decidir entre diferentes alternativas, cuyos beneficios se conocen, este problema se denomina como "toma de decisiones bajo condiciones de certeza". Cuando se conoce la probabilidad de ocurrencia de las alternativas, se dice que las "decisiones se toman bajo condiciones de riesgo, y finalmente cuando se desconoce la probabilidad de ocurrencia de las opciones el problema se denomina "toma de decisiones bajo condiciones de incertidumbre"

Así también es necesario ponderar diversos factores y critere

rios que deberán, adquirir importancias en mayor o menor grado, de acuerdo a la visión y talento del encargado de esta labor.

En múltiples ocasiones por lo complejo del mundo en que vivimos, es necesario recurrir a estudios realizados por prestigias Universidades e Instituciones de varios países. Entre las disposiciones que han permitido el estudio sistemático y controlado en la toma de decisiones se encuentran -- aportaciones importantes de la teoría de probabilidad y la estadística, del cálculo diferencial, los multiplicadores -- de Langrange, el cálculo de variaciones y una diversidad de métodos numéricos.

Los problemas que se presentan en diferentes situaciones al hombre, han generado la necesidad de desarrollar técnicas -- accesibles de utilizar, en la administración, en la milicia y en las áreas de la ingeniería. Una visión particular de Carlos Suárez Salazar, sobre algunas técnicas que, de acuerdo a su apreciación, permiten un ordenamiento mental para -- tomar decisiones es la siguiente:

	Arbol de decisión (Harvard)
Decisiones Cualitativas	Sociograma
	Otros
	Ruta crítica
	Arbol de decisión (Harvard)
	Programación lineal
Decisiones Cuantitativas	Modelos Matemáticos
	Teoría de las Colas
	Método de Montecarlo
	Teoría de los Juegos
	Otros

Diagrama de flujo

Decisiones Impuestas Reglamentos

Otros

Por la importancia de cada una de estas técnicas sería necesario tratarlas en detalle; sin embargo, más adelante se estudiarán en los cursos de ingeniería de sistemas de investigación de operaciones. Para tener una idea global de las aportaciones y bondades de estas técnicas, se presentan a continuación dos ejemplos, uno para aplicar diversos criterios con el sentido de ponderación y, otro con la idea de desarrollar un árbol de decisiones.

TECNICA DE PONDERACION PARA EFECTUAR UNA DECISION.

Para elegir de entre varias opciones que tengan los mismos atributos o características muy semejantes; comparados bajo un solo criterio la decisión se simplifica, pero cuando las características son diferentes y no son compatibles el problema se complica. Por ejemplo si tuviéramos que elegir -- una calculadora de bolsillo y nuestro interés estuviera en la característica sobre la de mayor popularidad se seleccionaríamos la que fuera más conocida por el mayor número de personas, pero si además de popular se desea que tenga poco peso, gran capacidad, bajo precio, buena apariencia, poco mantenimiento y gran durabilidad. El problema de selección se complica ya que algunas características son incompatibles; mientras una se optimiza otra se minimiza, ya que mucha durabilidad implica mayor peso.

El problema consiste en saber que peso, calificación o ponderación numérica se debe dar a cada característica por lo que a continuación se presenta la técnica de ponderación, -- ésta técnica permite seleccionar entre las diferentes alternativas, aquella solución al problema satisfaga más ampliamente las restricciones o requisitos establecidos, para lograrlo se debe aplicar un método que asocie una calificación o ponderación numérica a cada alternativa de acuerdo a los criterios que previamente fueron seleccionados.

Existen varias formas para establecer las ponderaciones, en este apartado sólo se incluirán dos modelos; la función criterio y el exponencial de comparación.

La función criterio es la estandarización para juzgar y evaluar alternativas y se puede representar como sigue:

$F_c = \sum A_i X_i$ en donde A_i = peso, valor o calificación.
(asignado a cada alternativa).

X_i = peso, valor o calificación . (asignado a cada criterio)

La función criterio debe ser máxima o mínima según las características del problema. Así en caso de buscar una alternativa que deba realizarse en un tiempo mínimo, se usará una F_c mínima. En caso de buscar una economía máxima, F_c debe hacerse máxima.

Con objeto de distinguir y comparar los criterios y las alternativas, se les asociará algún grado o ponderación numérica que permita establecer su cuantificación. Esta asociación se le conoce como "peso", o "calificación".

A fin de efectuar una comparación válida de porcentajes, es conveniente delimitar el rango dentro de que se asigna la calificación a cada alternativa que puede ser:

$$0 < A_i < 100; \sum A_i = 100$$

Los requisitos para la ponderación de los criterios es semejante, ya que éstos tienen diferente importancia en relación con el problema en estudio e incluso a cada alternativa, por lo que es conveniente limitarlo, como se presenta a continuación.

$$0 < X_i < 100.$$

La asignación de valores tanto en las opciones de solución como para los criterios deberá ser semejante, dándoles valores más altos a aquellos que sean más importantes. Por ejemplo, una persona tiene que transportarse de un lugar a otro, y si los medios de utilizar son: autobús, vehículo -

propio, ferrocarril o avión; para comparar estas alternativas se tienen que fijar los criterios de comparación los cuales pueden ser: rapidez, costo mínimo y comodidad.

Dependiendo del objetivo de la persona, los criterios y las alternativas tomarán diferentes valores como se muestra a continuación.

A_1 = Autobús; A_2 = Ferrocarril; A_3 = Avión (alternativas)
 X_1 = Rapidez; X_2 = Costo; X_3 = Comodidad - (criterios)

Ponderación de criterios considerando el costo mínimo como el objetivo a nivel de ejemplo; se podría establecer como:

X_1 = 5; X_2 = 90 X_3 = 5 o tal vez
 X_1 = 20; X_2 = 70, X_3 = 10

Si el criterio predominante es la rapidez los valores pueden ser:

X_1 = 90; X_2 = 5 X_3 = 5 o quizá
 X_1 = 80, X_2 = 18, X_3 = 5

Como puede observarse, los criterios toman diferentes valores en relación a su importancia con el objetivo. Igualmente se pueden calificar las alternativas en relación a una ponderación dada de criterios por ejemplo; si seleccionamos de los valores señalados como ponderación de criterios

X_1 = 90; X_2 = 5; X_3 = 5

		ALTERNATIVAS .			
CRITERIOS		Autobús	Automóvil	Ferrocarril	Avión
		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
Rapidez	= X ₁	15	20	10	60
Costo	= X ₂	35	20	35	10
Comodidad	= X ₃	15	20	35	30

PONDERACION DE ALTERNATIVAS

		ALTERNATIVAS .			
CRITERIOS		Autobús	Automóvil	Ferrocarril	Avión
		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
Rapidez	= X ₁ = 90	90x15=1350	90x20=1800	90x10=900	90x60=5400
Costo	= X ₂ = 5	5x35=175	5x20=100	5x35=175	5x10=50
Comodidad	= X ₃ = 5	5x15=45	5x20=100	5x35=175	5x30=150
F _c = A _i	X _i	1570	2000	1250	5600

TABLA DE A_i X_i

En la tabla podemos observar que la función criterio para la alternativa A₄, el avión, (F_c) es mayor, por lo que es la más adecuada con base en los criterios y calificaciones señaladas.

MODELO EXPONENCIAL DE COMPARACION.

En este modelo, las calificaciones para cada par de alternativas se elevan a una potencia que comprende a la ponderación del criterio aplicado, y las cantidades resultantes se multiplican para obtener el producto de evaluación.

Ejemplo: Una compañía "X" requiere de un medio para identificar a sus empleados y llega a la conclusión de que existen dos proveedores que pueden satisfacer su necesidad, a fin de seleccionar al proveedor que cumpla más ampliamente con los requerimientos de la empresa, se presenta la siguiente ponderación:

Criterio	1	=	Evaluación económica del proveedor	=	4
Criterio	2	=	Formalidad en el cumplimiento de pedidos	=	3
Criterio	3	=	Costo del medio de identificación	=	2
Criterio	4	=	Calidad del medio de identificación	=	2

Los criterios fundamentales fueron: evaluación económica del proveedor y formalidad en el cumplimiento de pedidos, ya que tienen calificaciones 4, 3, 2, 2, en donde los números más altos indican mayor importancia. De acuerdo al modelo exponencial, el producto para la evaluación se calcula como sigue: suponiendo que la calificación máxima fuera de 100 puntos, asignar una ponderación o calificación a cada proveedor en relación a los criterios señalados.

ALTERNATIVAS		CRITERIOS.			
		C1	C2	C3	C4
Proveedor	1	80	85	90	85
Proveedor	2	70	90	95	85
Proveedor	1	$(\frac{80}{70})^4$	$(\frac{85}{90})^3$	$(\frac{90}{95})^2$	$(\frac{85}{85})^2$
Proveedor	2	70	90	95	85
Proveedor	1	$(1.143)^4$	$(0.944)^3$	$(0.947)^2$	$(1)^2$
Proveedor	2				
Proveedor	1	(1.69)	(0.83)	(0.90)	$(1) = 1.26$
Proveedor	2				

Como el resultado fue mayor que 1.0, significa que el numerador es mayor que el denominador y como las asignaciones de calificaciones se basan en números altos a las condiciones más adecuadas, el proveedor 1 es el que resulta ganador.

La mecánica de comparación requiere que la asignación de calificaciones siempre sea de valores altos o menores en relación a las condiciones más satisfactorias o a las necesidades planteadas, esto es para que el producto de evaluación se defina como mayor o menor. Un producto mayor que 1.0 significa que la alternativa en el denominador es la favorecida.

La teoría que apoya al modelo exponencial parte del concepto de que formando una fracción de selección de alternativas y criterios, se modifican todas sus propiedades dimensionales. Después las fracciones se aumentan exponencialmente para --

acentuar la importancia de la ponderación. Finalmente es los números no dimensionales ampliados se multiplican, en lugar de sumarse, a fin de explicar la interrelación de -- criterios.

Los modelos de ponderación anteriormente mostrados, pueden aplicarse en los diferentes tipos de problemas y constituyen una rutina objetiva de evaluación.

ARBOL DE DECISIONES.

El problema de toma de decisiones bajo condiciones de riesgo se presenta cuando no se está completamente seguro so--bre el curso de acción por adoptar, encontramos que existe cierto grado de incertidumbre que es difícil eliminar, por lo que se recurre al instrumento probabilístico para anali--zar las alternativas en condiciones de riesgo.

Para el análisis se utilizan los árboles de probabilidades, en donde se grafican las posibilidades y los intentos. El árbol de decisiones es una técnica que señala el grado de riesgo involucrado en una decisión permitiendo establecer comparaciones entre las diferentes alternativas. Mediante esta técnica se pueden obtener todos los resultados posi--bles de un experimento aleatorio, con sus respectivas probabilidades de ocurrencia.

Un ejemplo es el siguiente:

Una empresa ante el rápido avance de la técnica y ciencia requiere aumentar su producción, para lo cual los expertos determinaron las tres alternativas siguientes, Figura V-1:

Alternativa A_1 Continuar con el mismo sistema de produc--ción incrementando la jornada de trabajo.

Alternativa A_2 Implantar de manera súbita, un nuevo siste--ma de producción

Alternativa A₃ = Implantar, gradualmente, un sistema de producción.

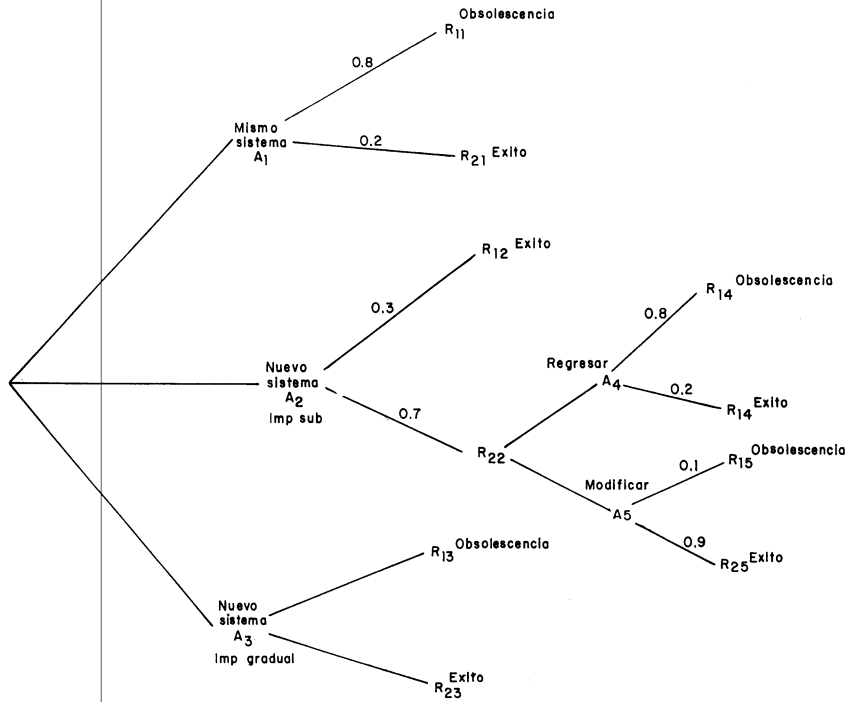


Figura V-1

Para la alternativa A_1 , la empresa tiene una probabilidad de éxito de 0.2 y de 0.8 para que el sistema quede obsoleto.

Para la alternativa A_2 , se encuentran 0.3 de probabilidad de éxito y 0.7 de probabilidad para elegir entre otras dos opciones A_4 y A_5 .

La alternativa A_4 , conducirá al éxito con probabilidades de 0.2 y el fracaso 0.8

La alternativa A_5 , tiene 0.1 de probabilidad de fracaso y 0.9 de probabilidades de éxito.

La alternativa A_3 , tiene una probabilidad de fracaso de 0.3 y 0.7 de éxito.

Con los datos anteriores podemos inferir que la alternativa A_5 es la que presenta mejores resultados.

Otro ejemplo es el siguiente:

Una compañía solicita empleados para tres empleos diferentes, un día se presentan 3 candidatos para ser entrevistados, los candidatos tienen la misma oportunidad de ser aceptados o rechazados Figura V-2.

- a) ¿Cuál es la probabilidad de que los tres candidatos sean aceptados?
- b) ¿Cuál es la probabilidad de que dos candidatos sean rechazados.

El punto de partida del árbol es el primer candidato que

está conectado con el segundo por medio de ramas; el tercer candidato está unido al segundo en forma semejante como se muestra en la figura:

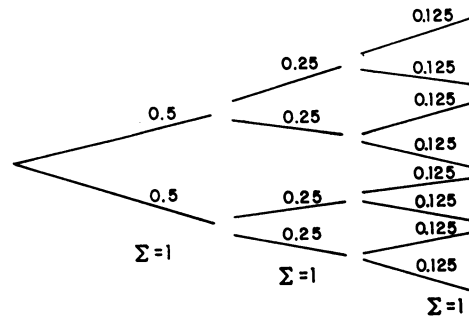


Figura V-2

$$a) = (0.125) + (0.125) + (0.125) = 0.375$$

$$b) = 0.50$$

Las probabilidades proveen un método cuantitativo para que la persona decida, exprese sus convicciones acerca de la frecuencia con la cual puedan ocurrir esos resultados. Las personas asignarán medidas de probabilidad con base a sus experiencias y conocimiento a la situación analizada.

Cuando se tiene que decidir en condiciones de riesgo, las esperanzas matemáticas pueden ser usadas con ventaja. Generalmente, al tener que elegir entre varias opciones de solución, se considera racional seleccionar aquella que tiene la esperanza matemática más promisoria.

Para calcular los resultados del ejemplo anterior se uso siguiente expresión matemática.

$$E = a_1 p_1 + a_2 p_2 + a_3 p_3 + \dots + a_k p_k$$

en donde:

E = esperanza matemática o promedio.

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_k$ = cantidades

$p_1, p_2, p_3, \dots, p_k$ = probabilidades.

Es importante recordar que las cantidades pueden ser positivas o negativas dependiendo, si representan ganancias o pérdidas por ejemplo:

Cuando apostamos \$ 10.00 en el lanzamiento de una moneda, si ganamos tendremos +\$10, si perdemos -\$10. Las probabilidades son $p_1 = 0.5$ y $p_2 = 0.5$

La esperanza matemática es:

$$E = -10 (0.5) + 10 (0.5) = 0$$

Esto indica que sería un juego equitativo, ya que no favorece a ningún jugador.

Para los casos de decisiones en condiciones de incertidumbre completa, cada opción de solución conducirá a una respuesta específica de la cual no se sabe nada sobre su resultado ni se podrá aplicar una ponderación probabilística, debido a las condiciones de incertidumbre que predominan. Para resolver estos casos, se emplean criterios de decisión, como estrategias pesimistas y optimistas, o también se pueden aplicar criterios como los de Wald, Hurwicz, Laplace, Savage etcétera, que se verán en otras materias de cursos posteriores.

ESPECIFICACION DE LA SOLUCION Y PRESENTACION DE RESULTADOS.

En la fase previa (la toma de decisión), se ha hecho la elección de una de las opciones que representa la mejor solución al problema planteado. Esta toma de decisión constituye la esencia de la solución del problema, los aspectos conceptuados y generados de la misma; pero aún no se tienen los detalles exactos de la solución, como podrían ser los materiales, sus dimensiones y tolerancias, la forma específica de montaje, etc.; en suma no se tiene la solución del problema en forma comunicable. La solución elegida está en forma burda, se tienen bosquejos, modificaciones sobre los mismos, descripciones de materiales que no concuerdan entre sí, etc.; carece aún de los datos constructivos y, más aún, de la decisión sobre otros puntos que el diseñador no ha precisado por ser secundario.

Durante la solución de problemas de ingeniería, si bien el ingeniero tiene la decisión de muchos aspectos, hay otros - en los cuales la última palabra la tienen otras personas, ya sea por jerarquía laboral o por tratarse de quien pagó los honorarios del ingeniero, razón por la cual estas personas-deberán aprobar o modificar, en su caso, la solución elegida.

ESPECIFICACION DE LA SOLUCION.

En muchas ocasiones el ingeniero que resuelve un problema - de diseño, por ejemplo un dispositivo o una estructura, no necesariamente tiene que llevar a cabo la construcción, ni la operación, ni el mantenimiento; por lo cual tendrá la necesidad y obligación de documentar detalladamente su solución.

En esencia, el ingeniero tiene que transmitir su solución, a sabiendas de que su comunicación va a implicar, forzosamente una acción (aceptación, rechazo, modificación, construcción, etc); pero el receptor es el enlace del cual, en muchos casos, depende que la acción sea exitosa y como normalmente éste es una persona, la interpretación que haga de su comunicación puede estar supeditada a patrones culturales, fobias, hábitos, etcétera, que pueden confundir los mensajes y equivocar el camino, (veáse Barreras Mentales Cap. IV). De esta manera, y como ingenieros se debe tener la garantía de que el mensaje transmitido sea recibido de manera correc

ta. Para contar con esta seguridad, se aplica un extenso y eficiente código, cuya interpretación no es simple, pero sí de vigencia internacional. Prácticamente es el "lenguaje" con el que se comunican técnicos y profesionales de la ingeniería y no es otra cosa que símbolos de tipo gráfico, denominaciones alfanuméricas o siglas para denotar estándares, gráficas bi y tridimensionales para establecer comportamientos y un sin fin de convenciones que están contenidas en manuales, instructivos y archivos de codificación para cada especialidad de las diferentes áreas de ingeniería.

El ingeniero frecuentemente utiliza los códigos técnicos para diversas finalidades: para una comunicación consigo mismo, cuando se trata sintetizar, organizar o refinar una idea; para solicitar o proporcionar instrucciones o datos, cuando se trata de adquisición o para persuadir a alguien de que dicha solución es la más adecuada.

En los dos últimos casos se trata, tanto de proporcionar instrucciones o datos como de proponer una solución. El ingeniero tendrá que transmitir esta información en forma detallada, inteligible, precisa, clara y concisa, lo cual se logra mediante un conjunto de especificaciones, que son la descripción completa del conjunto de ideas que juzga pertinente transmitir para que sea comprendida por otros. Para lograrlo, hace uso de su "lenguaje" o convenciones que ya se han mencionado.

Cuando el ingeniero tenga la necesidad de dar a conocer algún aparato, mecanismo, procedimiento, programa o cualquier tipo de acciones que conlleven a la construcción, mantenimiento o diseño de algo que se requiera, tendrá que usar las especificaciones adecuadas o autorizadas según la finalidad que se persiga. A continuación se presentan las formas más comunes con su respectivo ejemplo para mayor comprensión:

- 1.- Para propósitos de patente, en algunos casos, se requieren las especificaciones escritas:

Partes: TS; Tapa superior de reductor de velocidad del planetario.

Material: Hierro dúctil ASTM A-339.

Descripción: Placa rectangular de 365 x 250 mm. con un espesor de 6 mm. Cuenta con un barreno central de 30 mm. de diámetro y 10 barrenos en la periferia de 7 mm. de diámetro, cuyos centros están localizados de la siguiente forma.

Sobre el eje central longitudinal, a 8.5 mm. de los extremos se encuentran dos barrenos, sobre otros dos ejes longitudinales, a 115 mm del anterior, se localizan los 8 restantes en forma simétrica a 8.5 mm. de los extremos y 116 mm. a partir de éstos. Además cuenta con cuatro barrenos de 7 mm. de diámetro machuelados con paso 0.75 x 6, alrededor del barreno central, cuyos centros están ubicados a 20 mm. longitudinal y transversalmente. Todas las tolerancias son de ± 0.05 mm.

Para efectos de maquinado, si se cuenta con una máquina-herramienta de control numérico, la especificación se hace mediante coordenadas.

Parte TS; tapa superior de reductor de velocidades planetario.

Material: Hierro dúctil ASTM A-339

Descripción: Considerando los ejes coordenados como se operaría en la figura adjunta, se especifican las siguientes dimensiones (en mm.):

Cara inferior: trayectoria cerrada : (0,0,0) (365,0,0)
 (365,250,0)
 (0,250,0)

Cara superior: trayectoria cerrada:(0,0,6) (365,0,6,)
 (365,250,6)
 (0,250,6)

Barreno de 30 mm de diámetro: (182.5,125,6)
 Centros de barrenos de 7 mm. de diámetro
 (10):1(8.5,10,6),2(124.5,10,6).3(240.5,10,6).
 4(356.5,10,6).5(356.5,125,6).6(365.5,240,6).
 7(240.5,240,6),8(124.5,240,6).9(8.5,240,6) y
 10(8.5,125,6)

Centros de barrenos de 7 mm de diámetro, machuelados -
 con paso 0.75 X 6(4)
 1(162.5,105,6),2(202.5,105,6),3(202.5,135,6) y
 4(162.5,135,6).

Tolerancia en todos los casos 0.05 mm.

- 3.- Para la comprensión cabal de la pieza y su visualiza -
 ción se utiliza el dibujo, proyección ortogonal en es -
 te caso, formalizado en el plano de la figura 1.

Nótese que las especificaciones 1 y 2 son detalladas, preci -
 sas, necesarias incluso para cierta finalidad, pero desgra -
 ciadamente tendríamos que dedicar mucho tiempo para enten -
 derlas y sobre todo, para visualizar la pieza descrita, ya -
 que en estos casos la gorma de pensar (véase forma de pensa -
 miento en Capítulo IV) es gráfica y no matemática o litera -
 ria.

La solución al problema que se especifica en los párrafos - anteriores, es una pieza muy simple y por ende fácil de detallar en las tres formas descritas, pero imagínese la magnitud del trabajo que se requiere para las especificaciones, por ejemplo de un reductor de velocidad completo en alguna forma que no fuera con los planos de cada parte y de su conjunto.

En resumen, la manera más usual de comunicar las especificaciones de la solución de un problema de ingeniería es a través de dibujos, tan formales como un plano o simples bosquejos, gráficas, estándares, tolerancias y todos aquellos detalles, notas y observaciones que el ingeniero juzgue pertinentes para la adecuada interpretación de su solución.

La especificación es la última etapa para resolver un problema; sin embargo, el "problema" aún no termina para el ingeniero ya que tiene que comunicar sus resultados o todo el problema, incluyendo la solución, a los posibles usuarios - en suma, a la sociedad.

PRESENTACION DE RESULTADOS.

La presentación de resultados a los que se llega cuando se ha afrontado un problema, no constituye propiamente parte del proceso de solución, sin embargo, salvo aquellos problemas cuya solución buscamos por diversión, de carácter eventual o especulativo, quien resuelve un problema procura comunicarlo, darlo a conocer para que otros adopten la solución encontrada.

Los problemas que se pretenden resolver en el campo de la ingeniería por lo general son objetivos, y se relacionan con el medio ambiente, con el propósito de satisfacer las necesidades del hombre y la sociedad, por lo que dar a conocer las soluciones alcanzadas reviste una importancia fundamental. Exponer la solución de un problema tecnológico implica reflexionar sobre algunos aspectos fundamentales; con testarse a sí mismo:

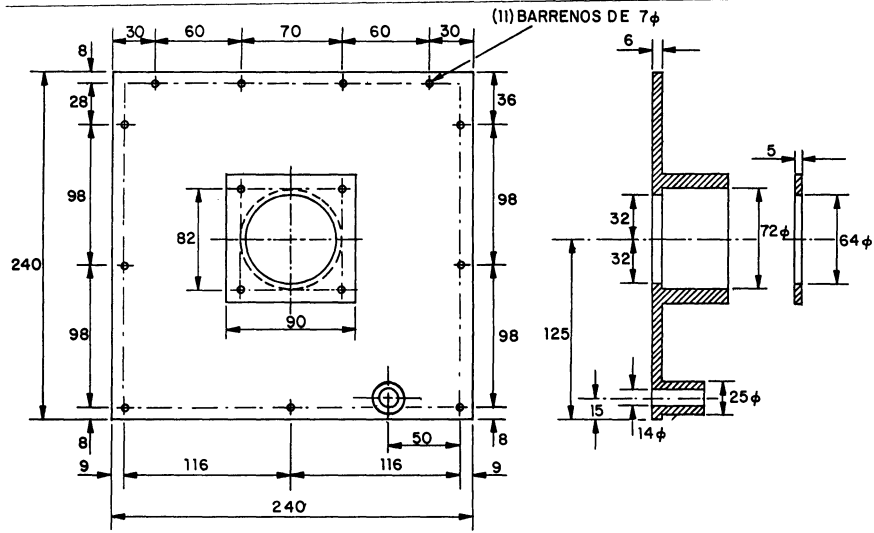


Figura VI-1

¿ Qué es lo que se va a comunicar ?

¿ Por qué lo va a comunicar ?

¿ A quién lo va a comunicar ? y

¿ Cómo puede expresarlo más eficazmente ?

Existe una gran variedad de formas de comunicación, entre ellas: reportes, audiovisuales, informes, películas, documentos, discos, grabaciones; no obstante se puede establecer una clasificación de acuerdo a sus dos formas generalizadas: comunicación escrita y comunicación oral.

PRESENTACION ESCRITA. Constituye la columna vertebral de la comunicación en ingeniería. Aún cuando se presente una exposición oral, se debe realizar primeramente un reporte escrito que, dependiendo de su naturaleza, contenga gráficas, diagramas, esquemas o planos, los cuales podrán utilizarse ampliamente en la presentación oral. Ya que la comunicación escrita es el pilar de toda presentación, a continuación se describen las formas más frecuentes de comunicación escrita, así como el tipo de persona al cual están dirigidas.

Memorándum.- Nota informal en la que se pregunta o responde a una cuestión específica del problema. Generalmente, se dirige a personas de jerarquía superior o inferior.

Carta.- Comunicación más formal que el memorándum, pero con un propósito similar. Se dirige normalmente a la persona que encargó la solución.

Reporte informal.- Argumentos estructurados de un problema y su solución incluyendo resultados y conclusiones. Puede ser parcial o final. Dirigido a un conjunto de personas no especialistas.

Instrucciones.- Normas específicas o procedimientos utilizados para efectuar una tarea técnica (fabricación, -

prueba). Orientadas normalmente a personal técnico; cuando se dirigen al usuario, generalmente son instrucciones para operación y mantenimiento.

Especificación.- Descripción técnica, completamente detallada, la cual se complementa con un conjunto de dibujos o planos que permite su adecuada organización y construcción. Dirigida generalmente a personal técnico.

Reporte formal.- Reporte detallado de un problema desde su gestión hasta su solución detallada, sin una orientación específica. Normalmente es una memoria del problema y tiene carácter de consulta.

Artículo.- Presentación informal del problema de un libro o revista de carácter general, de divulgación técnica o científica. Su orientación es solamente de difusión.

Ponencia o artículo técnico.- Descripción formal y detallada de un problema desde su origen hasta los resultados y las especificaciones. Es de carácter eminentemente técnico y su orientación es para especialistas en foros de la misma clase.

En nuestro caso, las sugerencias y recomendaciones para la presentación de problemas y sus soluciones, se circunscribirán a la presentación del reporte formal, ya que la elaboración de los otros tipos es más sencilla y están contenidos en este último. Muchas de las normas que deben seguirse en su redacción son las mismas que se aplican a cualquier trabajo escrito, entre ellas son: precisión, concisión y claridad.

A diferencia de otras formas de comunicación, la manera en que se presenta un problema resuelto de ingeniería, tiene sus propias modalidades y características. A continuación se expondrán brevemente algunos de los aspectos más importantes que el lector debe tomar en cuenta para dar a conocer el resultado o resultados del problema en forma eficaz.

En la exposición escrita, se extrae de las profundidades de la mente una gran variedad de ideas integradas en torno a un tema determinado, el propósito es crear en el lector una impresión, producir cierto efecto y ayudarlo de alguna forma.

Quien escribe debe tener presente siempre el propósito subyacente al modelar y organizar su forma de exposición; debe ordenar sus ideas, medir sus alcances y los límites de asimilación de sus lectores, a fin de facilitar la transmisión de sus conceptos. Las características fundamentales de la exposición pueden resumirse de la siguiente forma: Comunicación ordenada y sistemática de ideas, llevada a cabo con un propósito determinado, de tal manera que lo haga accesible a los lectores a quienes va dirigido. El reporte de ingeniería podría definirse como una forma especializada de exposición para transmitir información útil y práctica en términos accesibles, que permita satisfacer las necesidades de la persona o personas a quien va dirigido.

Se pueden considerar cuatro etapas de la evolución:

- 1.- Estudio preliminar. En esta etapa se agrupa y ordena el material acumulado desde la etapa de la formulación del problema. Se examinan los detalles, se determinan los alcances y limitaciones. A veces es un proceso largo y confuso que va aclarándose a medida que se trabaja en él y culmina cuando se ve el tema claramente y cómo concluirlo de manera adecuada.
- 2.- Planteamiento de los objetivos.- El reporte debe modelarse teniendo siempre presente el objetivo que se pretende alcanzar. El autor deberá, en lo posible, ubicarse en la perspectiva del lector. Esta segunda etapa concluye cuando se ha estructurado un plan perfectamente adaptado al propósito del reporte.

Las dos primeras etapas están relacionadas; en la primera se analiza, en la segunda se sintetiza, pero tomadas en conjunto, proporcionan una excelente base para la redacción del reporte.

- 3.- Redacción.- Es la parte medular del proceso de elaboración del mismo. Se recomienda concentrarse y escribir ininterrumpidamente hasta alcanzar el objetivo. Lo ideal sería escribir la totalidad del reporte en un solo período de trabajo, sin embargo, cuando el reporte-

es muy largo, se puede fraccionar estos periodos a capítulos completos. Algunas personas se crean obstáculos al confundir el proceso productivo con el proceso de crítica. Observan su trabajo criticando consciente o inconscientemente oración por oración, párrafo por párrafo; avanzan y retroceden, pierden la secuencia de la idea principal y la fluidez en la redacción.

- 4.- Crítica del trabajo escrito. En esta etapa el autor - debe examinar críticamente los capítulos o párrafos -- que haya escrito; aunque sería preferible efectuar esta labor una vez concluida la redacción del trabajo, la extensión que generalmente tienen los reportes, hace indispensable esta etapa al concluir cada capítulo o - sección.

ORGANIZACION DEL REPORTE.- Antes de iniciar la redacción - de un reporte, es conveniente realizar dos pasos que pueden ser muy útiles para quien escribe por primera ocasión: 1) se debe intentar condensar en una sola frase todo el tema - del artículo. La dificultad que se experimente en esta prueba es un buen indicio de la madurez alcanzada en la preparación del tema que se pretende escribir. En la elaboración de esta "tesis" se ponen de manifiesto el concepto, la idea central del reporte, el propósito, la claridad, precisión y comprensión del tema. Esta frase es una prueba confiable - de la síntesis del material que haya reunido para su reporte. Hay, situaciones en que esta prueba no puede aplicarse, éste es el caso de reportes puramente descriptivos. Lo más probable es que esta primera fase no aparezca en ninguna -- parte del reporte, pero contribuye a establecer el orden en que conviene desarrollarlo, por la estructura lógica que -- guarda la frase misma. Aunque parezca repetitivo, no se debe iniciar ningún reporte o trabajo escrito sin que el autor garantice que ha logrado desarrollar, como un todo, el concepto de lo que pretende escribir.

2) A diferencia del paso anterior, esta etapa pone a prueba la capacidad analítica del escritor para, planear la forma en que se expondrán las ideas y el material e información - recabados, procurando dirigir el pensamiento de los lectores hacia un objetivo específico. Se deberán verificar detalles, determinar su valor relativo, eliminar el material-

irrelevante, identificar y buscar aquél del que carece y -- clasificar, ordenar y disponer todo el conjunto.

La estructura de la exposición toma forma por aproximaciones sucesivas después de muchos intentos. No es posible establecer un patrón a seguir rígidamente, sino cambiar, reordenar o dividir las ideas cuantas veces sea necesario. Como una expresión del ajuste y secuencia finales, se necesita establecer el capitulado, para lo cual se recomienda escribir libremente, en tarjetas o pequeños fragmentos de papel los temas y subtemas que se juzque deben formar parte del trabajo. Para su ordenación puede seguirse el sistema numérico y de letras para temas y subtemas respectivamente o el decimal - según prefiera - o combinar numeración romana con numeración arábiga.

A continuación se describe con mayor detalle la secuencia anterior.

1. Con la frase que sintetiza el tema a la vista, escriban se las partes lógicas de la proposición o, por lo menos, los tópicos evidentes que debe comprender. Este proceso debe continuarse hasta que se sienta que se ha agotado el tema, no importa que parezca desordenada la forma en que se generen las tarjetas o papeletas.

2. Cotéjense los contenidos de las tarjetas con los límites del tema o proposición respecto al efecto que se pretende lograr en el lector.

Elimínense los que queden fuera de los límites preestablecidos o que no contribuyan al objetivo. Agréguese lo importante que se haya omitido.

3. Clasifíquense las tarjetas, júntense lo similar o complementario cerciorándose que no haya traslapes, confusión en relación a los puntos coordinados y subordinados y reescriba las tarjetas. Deberá verse reducido el número de tarjetas y simplificado el material. El plan debe tomar forma en esta etapa.

4. Decídase cuál es el orden más efectivo. La presentación en un orden lógico facilita el desarrollo de reporte, recuérdese que la disposición del material deberá lograr el efecto que se pretende producir en el lector. El orden depende del espacio disponible, de la importancia relativa o por que se pretende ir de lo simple a lo complejo, de lo familiar a lo desconocido. Del orden que siga un criterio determinante, dependerá la reacción que las distintas partes del reporte puedan producir en el lector.

5. Al llegar a este punto del análisis, se puede escribir en una hoja el esquema final que se seguirá en el desarrollo del reporte. Durante todo el proceso de elaboración, el esquema permitirá mantenerse alerta en la relación de todas las partes; para tenerlo completo, inclúyanse la introducción y las conclusiones. El tiempo invertido en el diseño de este esquema es tiempo bien empleado.

Tener presente al lector, permitirá preparar los argumentos propios tan efectivamente como en un debate; pero si el plan debe ser estratégico, también debe ser honesto. Se debe evitar, la propaganda, el autoelogio y la falta de respeto al lector para que no se desvirtúe el valor del reporte y esto origine su rechazo.

A continuación se muestran algunos ejemplos sencillos que ilustran lo aseverado en esta última parte y muestran el título, la proposición temática y el índice.

EJEMPLO 1.

TITULO: EL AVION DPX-3

PROPOSICION TEMATICA : Desde el punto de vista de su estructura, equipo de seguridad y economía en su mantenimiento y operación, el avión DPX-3 parece satisfacer la demanda para establecer comunicación aérea con las zonas más alejadas del sureste de México.

INDICE:

- I. Introducción
- II. Estructura
 - a) Fuselaje
 - b) Alas
 - c) Superficies
 - d) Sistema aterrizaje
- III. Equipo
 - a) Instrumentación
 - b) Piloto automático
 - c) Radar MRW
- IV. Operación
 - a) Consumo de combustible
 - b) Consumo de lubricante
 - c) Servicios de Aeropuerto.
- V. Mantenimiento
 - . Reemplazo de elementos estructurales.
 - . Mantenimiento de equipo de seguridad.
 - . Costo de contrato de mantenimiento.
- VI. Zonas de operación.

EJEMPLO 2.

T I T U L O .

MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL DISEÑO DE PRESAS DE TIERRA.

PROPOSICION TEMATICA:

En el diseño de presas de tierra, se deben tener presentes los siguientes requisitos para garantizar su seguridad: Conocimiento exacto de los cimientos, deben tener la suficiente altura para eliminar la posibilidad de ser desbordada, la pendiente de -

los costados debe asegurar la estabilidad del material empleado y se debe controlar las infiltraciones de agua.

INDICE:

- I. Introducción
- II. Influencia de los cimientos en el diseño.
- III. Protección de la cortina contra el desbordamiento.
- IV. Estabilidad de los costados de la cortina.
- V. Control de Infiltraciones
 - a) Condiciones estáticas.
 - b) Condiciones dinámicas.
- VI Resumen.

PRESENTACION ORAL.- Si bien la exposición oral está apoyada en un documento escrito como ya se había establecido, la calidad de la misma depende de la habilidad del orador para comunicar en un tiempo determinado, generalmente corto (20 minutos máximo), una información suficiente de la cual la audiencia espera un beneficio y tiene una idea prefijada de acuerdo al título de la presentación.

Mientras que un reporte escrito tiene un conjunto de lectores que se puede considerar neutral, ya que el mensaje no está condicionado por el ánimo de los mismos, un reporte oral puede modificarse grandemente de acuerdo a la actitud favorable u hostil de la audiencia y al grado de tranquilidad del expositor; razones por las cuales una exposición oral debe estar preparada a la medida de la audiencia y, no obstante, contar con un documento, el cual ya tiene una orientación hacia un tipo de lectores, éste deberá adecuarse a la expectativas de la audiencia.

Existen dos partes sustanciales en la preparación de la presentación oral: Una es el texto y la otra son los recursos auxiliares. Cuando se asiste a una presentación oral, se piensa que lo único que se prepara es los recursos auxiliares porque en ella está contenido gran parte del texto; sin

embargo, en los recursos auxiliares se resumen partes del texto que sirven al orador a seguir la idea central sin perder la secuencia en la exposición si éste decide no auxiliarse de un texto. Para la preparación del texto se pueden seguir las observaciones expresadas en la presentación escrita de este mismo capítulo.

Los principales recursos auxiliares con que cuenta el expositor son:

1. Pizarrón.- Forma tradicional, existente en casi todos los auditorios, económico y muy flexible en su uso. Se pueden utilizar gises de colores para hacer más atractiva la exposición.
Una variante en el uso del pizarrón tradicional es cuando en vez de gis se utilizan símbolos o figuras precortadas con imanes en su parte posterior, las cuales se van colocando de acuerdo a lo expuesto. Esta modalidad es ideal cuando se trata de diagramas, procesos y secuencias en general. Otra variante, menos utilizada que la anterior por menos confiable es cuando el pizarrón se cubre con una franela y sobre ella se van colocando los símbolos o letras precortadas con lija en su parte posterior. A esta variante se le conoce como franelógrafo.
2. Rotafolio.- Consiste en una serie de hojas o láminas -- que permiten rotarse por estar fijadas en su parte superior. Pueden llevarse previamente hechas o elaborarse sobre la marcha de acuerdo a la secuencia de la plática. Una variante de esta ayuda audiovisual es que las láminas pueden ser desprendibles y conforme avanza la exposición se van colocando en las paredes del recinto donde ésta se efectúe; a esta forma se le conoce con el nombre de carteles.

Este procedimiento es muy utilizado cuando se requiere exponer gráficas, planos, mapas, dibujos, bosquejos, etc.
3. Acetatos.- Son hojas de plástico transparente sobre las cuales se puede escribir y borrar fácilmente (incluido el color). Con auxilio del retroproyector se pueden

amplificar hasta el tamaño deseado sin necesidad de prescindir de la luz, o proyectado a la luz del día. Son una excelente ayuda visual, fáciles de transportar y flexibles en su uso.

4. Diapositivas o transparencias.- Son uno de los medios más utilizados por su variedad y fiel reproductividad del contenido. Al igual que los acetatos son fáciles de transportar y flexibles en su uso.
5. Filminas o tiras de película.- Son similares a las diapositivas pero no permiten flexibilidad en su uso.
6. Material audiovisual.- Dentro de este aspecto se tiene una gran variedad como películas, diaporamas o audiovisuales y videocassetes. Es de alto contenido, caro, muestra directamente la realidad, gran variedad de contenidos, no permite flexibilidad en la secuencia y se utiliza para grandes auditorios.
7. Modelos icónicos.- Son esenciales si se desea evidenciar la bondad de algún funcionamiento.

En resumen, los accesos visuales o audiovisuales enriquecen de manera significativa una exposición oral sobre los resultados de un problema; pero es necesario considerar el tiempo de preparación, la calidad del material y sobre todo, la necesidad de variar estos auxiliares en una misma presentación y aunque el costo es un punto a destacar en cada forma de presentación, no deberá condicionarse por una buena calidad de la misma.

Una vez preparado el texto y los recursos audiovisuales, lo conducente es hacer un plan de presentación de estos materiales, el cual ayuda a mantenerse dentro del tema y permite aprovechar al máximo el tiempo disponible. Este plan consistirá en establecer en términos generales la secuencia de la exposición, dentro de la cual se deberá equilibrar el texto (la parte oral) y la ayuda audiovisual; recordando la necesidad de utilizarla correctamente y en el momento oportuno para imprimirle un ritmo adecuado a la presentación; -

la intervención inicial deberá captar la atención del auditorio, la cual se mantendrá en la medida en que se utilicen - láminas para acentuar un aspecto, se cambie la acentuación de la voz para enfatizar un punto, se nombre alguna anécdota para aliviar la tensión o simplemente se baje la intensidad de la voz para obligar al auditorio a ser más silencioso.

Otro aspecto a considerar es el conocimiento del local, la instalación con que cuenta, el cupo, la acústica y demás - elementos que permitan desenvolverse naturalmente en el mismo.

Es de suma importancia tomar en cuenta la expresión oral y corporal durante la exposición, sobre todo los siguientes - puntos:

1. Tono e inflexión de la voz.
2. Pronunciación pausada y clara.
3. Velocidad al hablar.
4. Palabras e ideas en lenguaje común.
5. Forma de ver.
6. Movimiento de las manos.
7. Postura del cuerpo.
8. Expresión facial.

Como la comunicación oral es una habilidad, es necesario de sarrollarla; esto se logra solamente mediante la práctica, - de manera que si no se cuenta con la suficiente experiencia para hablar en público es conveniente ejercitar la presentación en privado, tantas veces como el expositor, juzque conveniente para tener la confianza de efectuarla en público; - pero tenga el cuidado de no memorizar, esto le restará fuerza, flexibilidad y naturalidad a su exposición.

En todos los medios anteriormente expuestos, para presentar los resultados en el proceso de solución, se hacen recomendaciones que el lector tendrá que valorar para lograr expo-

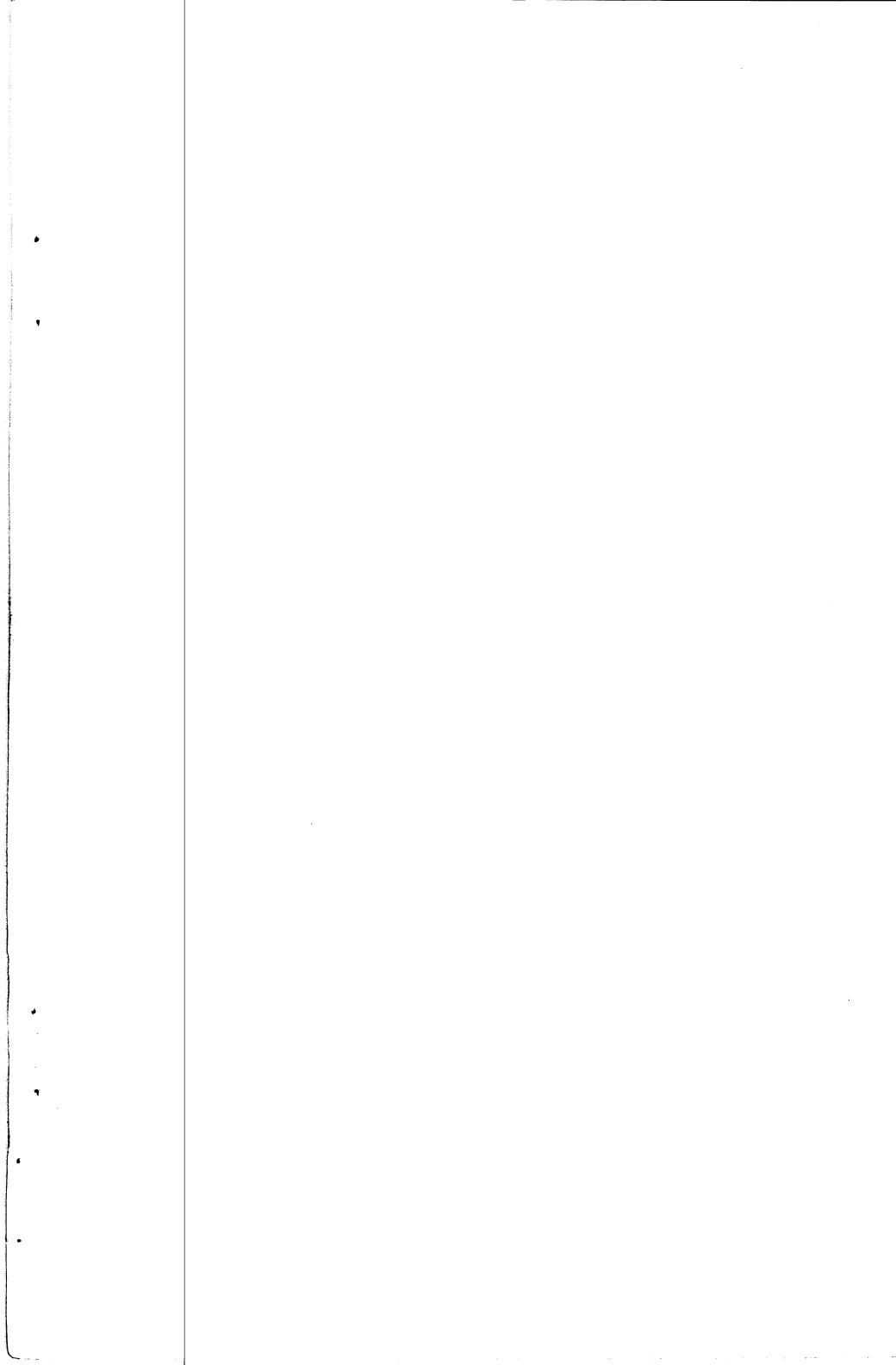
ner con claridad sus resultados, el éxito que obtenga se relacionará directamente con el cuidado y detalle que tome para comunicar sus ideas.

BIBLIOGRAFIA

93

- Ackoff, Rusell L. El arte de resolver problemas. Limusa, México, 1981.
- Adams, James L. Conceptual Blockbusting a Guide to better Ideas. W.H. Freeman and Company Stanford University.
- Aguilar Gardner, Carlos. La creatividad y el proceso creativo. México, EDAMEX, 1980
- Alger, John R.M. y Hays, Carl V Síntesis creadora en el Diseño. México, Herreno Hermanos, 1969
- Bernhart, Alfred. Future Creativity. Toronto, Edición del Autor, 1980.
- Carl Pacífico, Thinking on Thinking. Chemtech, Febrero 1974.
- British Association for Comercial and Industrial - - - Education (BACIE). Cómo Redactar un Informe
- Diekmeyer, Ulrich y Werner K. Desarrolle su creatividad España, Mensajero, 1974.
- Dixon, John R. Diseño en ingeniería, inventiva y toma de decisiones. México, LIMUSA-WILEY, 1970
- Gutiérrez Saenz, Raúl y Sánchez González José, Metodología del Trabajo Intelectual. México, Esfinge, 1978.
- Hubert Jaoui. Claves para la creatividad. México, Diana, 1979.
- Katz, Goetz, Lady, Ray. Ingeniería, conceptos y perspectivas. México, LIMUSA, 1979.
- Krick, Edward. Fundamentos de Ingeniería. México, - - LIMUSA, 1979.
- Mitchell, John H. Writing for professional and Technical journals. John Wiley, 1965.
- Papanek, Víctor. Diseñar para el mundo real. Madrid, Blume, 1973.
- Polya, G. Cómo plantear y resolver problemas. México - Trillas, 1974.
- Prince, George M La práctica de la creatividad México Diana, 1980

- 94
- Perelman, Yakoy, Física recreativa. Tomos I y II. - - Moscú, MIR, 1975.
 - Programa de adiestramiento para analistas. Módulo I - - (parte 3). Guía del comportamiento creador. México, Diana, 1973.
 - Raleigh, Nelson J. Writing the Technical report. McGraw Hill, Company 1940.
 - Rojas Soriano, Raúl. Guía para realizar investigaciones sociales. México, Textos universitarios, 1980
 - Summers, George J. Test your Logic. New York, Dover - - Publication, 1972.
 - Welsh, James J. The Speech Writing Guide. John Wiley and Sons, Inc.



La impresión se realizó en la
Unidad de Difusión de la Facultad de Ingeniería