

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTA
PETRA VELA TOLEDO**

MEXICO D. F. JUNIO - 1981



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**INTRODUCCION
AL
PROCESO
CONSTRUCTIVO**

CONTENIDO

	PAG.
1.- INTRODUCCION.	8
2.- EL INGENIERO CIVIL.	14
3.- CAMPOS DE LA INGENIERIA CIVIL.	20
3.1.- INVESTIGACION PURA.	22
3.2.- INVESTIGACION APLICADA.	25
3.3.- PLANEACION.	27
3.4.- DISEÑO.	32
3.5.- CONSTRUCCION.	35
3.6.- OPERACION Y MANTENIMIENTO.	38
4.- EL CAMPO DE LA CONSTRUCCION.	42
4.1.- GENERALIDADES.	43
4.2.- LA CONSTRUCCION COMO PROCESO.	46
4.2.1.- RECURSOS O INSUMOS.	47
4.2.2.- PROCESOS DE CONTROL.	54
4.2.2.1.- CONTROL DE CALIDAD.	60
4.2.2.2.- CONTROL ADMINISTRATIVO.	66
CONCLUSIONES.	69
BIBLIOGRAFIA.	72

INTRODUCCION



La construcción en el Continente Americano, es tan antigua como la aparición misma del hombre. Desde tiempos remotos, el ser humano se vió en la imperiosa necesidad de procurarse alimento y abrigo para poder subsistir, modificando la naturaleza que le rodeaba para llegar a construir, ya establecido en grupos sociales, su primera choza, el primer pozo para extraer agua, su primera vereda, etc.

En nuestro país tenemos ejemplos palpables de lo anterior: la isla que fué el corazón de lo que hoy es nuestra impresionante ciudad capital, se ligaba con el exterior por medio de calzadas que se cortaban y unían por medio de puentes levadizos, cumpliendo la doble función de comunicar y defender. Los aztecas, se valieron de un ingenioso procedimiento para construir sus chinampas (tablaestacados rellenos con tierra fértil) que les suministraban terrenos de sembrado en medio del agua. Construían canoas y trajineras para su transporte y el agua potable les llegaba por un elemental pero utilísimo acueducto.

ANTECEDENTES DE LA CONSTRUCCION

La actividad constructora en México se remonta a épocas pasadas, cuando los Aztecas realizaron obras que después habrían de impresionar a los conquistadores por su magnificencia.

Tiempo después, durante la Colonia, surgieron acueductos, edificios, viviendas y caminos que hicieron aparecer a México ante los ojos del mundo, como un pueblo talentoso y audaz en la realización de sus obras.

Sin embargo, todas estas construcciones pueden considerarse como producto de una actividad artesanal desarrollada por grupos de trabajadores más o menos organizados, pues no fué sino hasta principios de este siglo, cuando se constituyeron las primeras empresas constructoras.

En el México independiente, entre 1852 y 1900, se restauraron caminos, se inició la construcción de las primeras líneas ferroviarias y se hicieron los puertos de Tampico, Veracruz, Manzanillo y Coatzacoalcos-Salina Cruz. En 1881 se instaló la primera planta generadora de energía eléctrica en la Ciudad de México. La construcción se efectuó mediante concesiones a empresas extranjeras, europeas y norteamericanas; esto sucedía, porque ya la construcción se planteaba en términos industriales, pesando decisivamente la capacidad de

organización, la disponibilidad de maquinaria y equipo, los recursos financieros o crediticios y la experiencia técnica.

En 1892 se creó la actual Secretaría de Obras Públicas para regular el crecimiento carretero y en 1908 los Ferrocarriles Nacionales de México. En 1901 se inició la perforación de pozos petroleros. Después de la Revolución, en 1925, con la creación de la Comisión Nacional de Irrigación, se inicia la etapa constructiva de la Revolución. Sin embargo, no es sino hasta 1946, con la creación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos y, en 1949, el Comité Nacional de Caminos, que al impulso de la postguerra, la industria despliega sus posibilidades bajo el auspicio de la obra pública.

En 1947, sobrevino el gran impulso para extender la red caminera, se hicieron posibles grandes obras hidráulicas, empezaron a proliferar las obras de beneficio social, nació el Seguro Social y se implementó un gran programa de construcción de escuelas, surgieron los primeros grandes proyectos de vivienda y se construyó la primera Ciudad Universitaria del país; fué también cuando se materializaron los mayores sistemas de riego, empezaron los primeros proyectos de verdadera urbanización y se construyeron grandes edificios, hoteles, sistemas viales, supercarreteras, conjuntos

deportivos y comerciales, plantas fabriles, etc. Ante este halagüeño panorama, la imagen del contratista individual empezó a ceder terreno frente a las nuevas empresas constructoras. Sin embargo, sucedía que muchos contratistas en lugar de aplicar sus utilidades en favor del crecimiento de la actividad original, la extraían luego para destinarlas a negocios más seguros y fáciles al margen de la industria de la construcción.

Esta descapitalización constante de la propia actividad hacía imposible consolidar empresas con los recursos, capacidad y activos necesarios, para aspirar a cumplir compromisos de construcción pesada y competir con éxito frente a las compañías extranjeras.

La construcción se veía como una actividad demasiado inestable e insegura; no había fé o voluntad de crecer aportando recursos, conocimientos y trabajo entre muchos de los mismos constructores.

Pero el país reclamaba grandes obras y había que garantizar los medios para ejecutarlas. Las empresas de construcción enfocaron entonces el incremento de su capital, como una garantía para poder proponerse grandes metas y cumplirlas, como un instrumento de trabajo, como una necesidad para el desarrollo de su capacidad productiva, técnica y

empresarial.

Así naturalmente, se llegó al principio de reinversión constante, lográndose con el tiempo una creciente capitalización de las modernas empresas constructoras del México moderno.

EL INGENIERO CIVIL



Para determinar los campos de acción en que se desenvuelve, es necesario, primero reflexionar acerca de qué es y qué hace el Ingeniero Civil. Tratar de definirlo es sumamente difícil, ya que por principio. el término "Ingeniero Civil", no nos dice nada acerca de las actividades que desempeña, como podría ser el caso de un Ingeniero Textil, un Ingeniero Agrónomo, etc. Sin embargo, se sabe que se le nombró Civil, para destacar el hecho de que su función estaba alejada de cualquier finalidad de índole militar.

Tratemos de analizar, como primer punto, el significado de la palabra "Ingeniería". Revisando en la literatura existente, nos encontramos con una diversidad de definiciones, algunas de ellas bastantes informales como la que menciona que: "Ingeniería, es el arte de hacer bien con un peso lo que cualquier chambón hace mal con dos", lo cual, aunque resalta en cierta forma el objetivo económico que persigue el Ingeniero, dista mucho de poder aceptarse como una definición formal. .

Otras definiciones sobre el tema son: "Ingeniería es una actividad distinta de la puramente manual y del esfuerzo físico, que desarrolla la utilización de los materiales y las leyes de la naturaleza para el bienestar de la humanidad".

"Ingeniería es la profesión en la cual el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales, obtenidas por el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con buen juicio al desarrollo de medios para utilizar en forma económica los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el beneficio del hombre".

"Ingeniería es el arte de tomar una serie de decisiones importantes, dado un conjunto de datos inexactos e incompletos, con el fin de obtener la mejor solución posible y que funcione de la manera más satisfactoria".

Con base en las definiciones anteriores podemos apuntar que todas giran alrededor de señalar que La Ingeniería es la actividad donde el profesional aplica sus conocimientos, su ingenio y su capacidad de trabajo para transformar la naturaleza en beneficio de las necesidades del hombre y de la sociedad.

Evidentemente el Ingeniero Civil queda enmarcado dentro de las definiciones anteriores, sólo que realiza "Ingeniería", en un campo de actividad específico. El diccionario de la lengua española nos dice: "Ingeniero Civil, es el que pertenece a cualquiera de los cuerpos facultativos no militares, dedicados a obras y trabajos públicos.

En resumen: "Ingeniero Civil es el profesional

capacitado con los conocimientos físicos-matemáticos, que le permiten transformar óptimamente los recursos para la realización de obras Civiles de Servicio Colectivo, tales como: caminos, puentes, ferrovías, canales, terminales aéreas y marítimas, etc., donde cubre las etapas de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las mismas".

Cabe aclarar que el Ingeniero Civil se desenvuelve dentro de un marco legal establecido, que trata de garantizar, básicamente la seguridad y economía de las obras y la preservación del medio ambiente. Encontramos también que el Ingeniero Civil debe prestar especial atención a la preparación físico-matemática durante sus estudios de licenciatura, sin descuidar las asignaturas socio-humanísticas que le permitirán entender, integrarse y desenvolverse en la sociedad de la que forma parte. Asimismo, la búsqueda de soluciones óptimas a los problemas que se le presenten, lo llevará a un estudio exhaustivo de la teoría de toma de decisiones.

Por otra parte, enumeraremos algunas de las actividades que realiza el Ingeniero Civil:

- Proyecta y construye vías de comunicación como: carreteras, puentes, ferrovías, terminales aéreas y marítimas, obras fluviales de riego y de

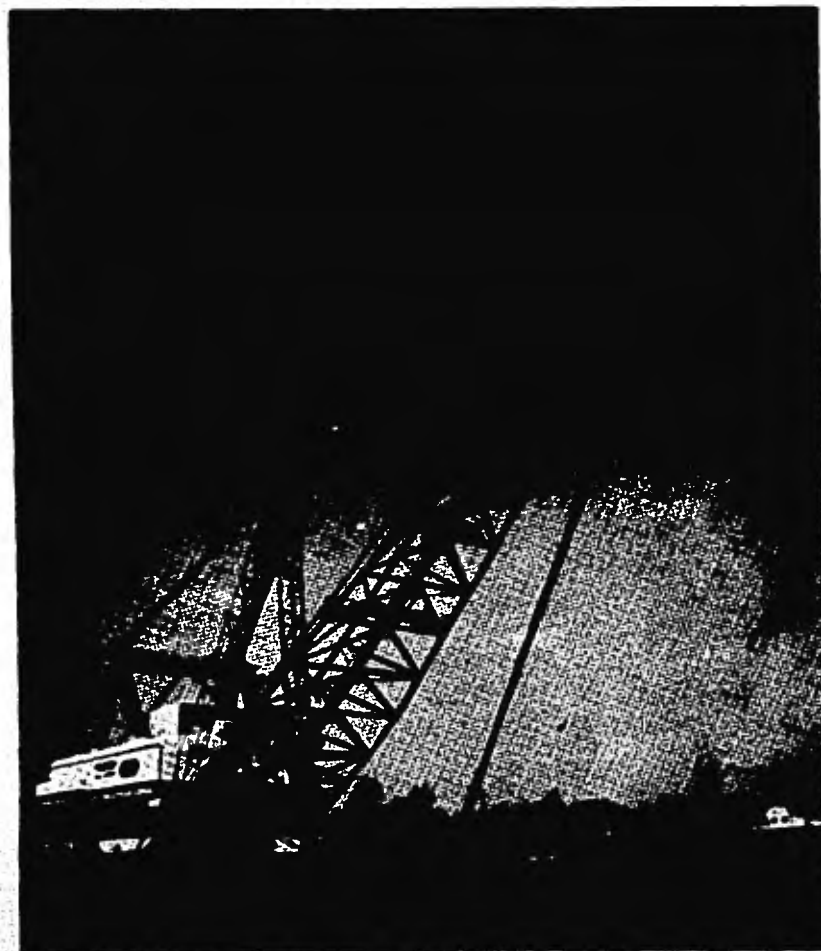
generación de energía y obras urbanas.

- Planea y construye canales, presas, tanques, redes de agua, alcantarillados y en general, diferentes sistemas hidráulicos y sanitarios.
 - Proyecta estructuras y calcula la resistencia de materiales para construcción y cimentación de las mismas.
 - Realiza estudios sobre mecánica de suelos, estructuras e hidráulica.
 - Participa en la planeación y construcción de unidades habitacionales, industriales y de infraestructura.
 - Interviene en la planeación de servicios públicos como pavimentación, alumbrado y drenaje.
 - Realiza actividades docentes y de investigación.
- De la definición propuesta y de las actividades que realiza, podemos derivar algunas de las características que forman el perfil del Ingeniero Civil.
- Su trabajo primordialmente es intelectual, requiere de juicio e ideas originales.
 - Requiere de cierta habilidad para supervisar el trabajo técnico y administrativo de otras personas.
 - Su capacidad para el manejo de conceptos abstractos debe ser sobresaliente.
 - Para el análisis de la mayoría de los problemas son necesarias inventiva, habilidad e ingenio.

-
- Capacidad para tomar decisiones.
 - Disponibilidad para tratar con personas de diversa preparación, criterio y caracteres.
 - Facilidad para organizar y dirigir el trabajo.
 - Tener conocimiento de los problemas políticos, económicos y sociales de su comunidad.
 - En algunos casos, buena resistencia física para sesiones de trabajo prolongadas bajo condiciones y ambientes físicos adversos.

Las cualidades antes mencionadas son importantes para el Ingeniero Civil, por la actividad decididamente humana que desarrolla y que influye no sólo en el medio ambiente y la naturaleza, sino también en la vida de muchas personas que forman parte de una sociedad a la cual sirve y por la que labora.

CAMPOS DE LA INGENIERIA CIVIL



Debido a la gran diversidad de conocimientos que forman parte de la Ingeniería Civil y del extenso campo de actividades que desarrolla el Ingeniero Civil, se distinguen los siguientes campos:

- Investigación Pura
- Desarrollo ó Investigación Aplicada
- Planeación
- Diseño
- Construcción
- Operación y Mantenimiento

Describiremos a continuación cada uno de estos:

INVESTIGACION PURA

Este campo tiene como objetivo primordial la búsqueda metódica y sistemática de nuevos conocimientos, potenciales aplicables a los otros campos de la Ingeniería Civil.

La investigación pura, se lleva a cabo aplicando el método científico (fig. 1) que como sabemos, consiste fundamentalmente en:

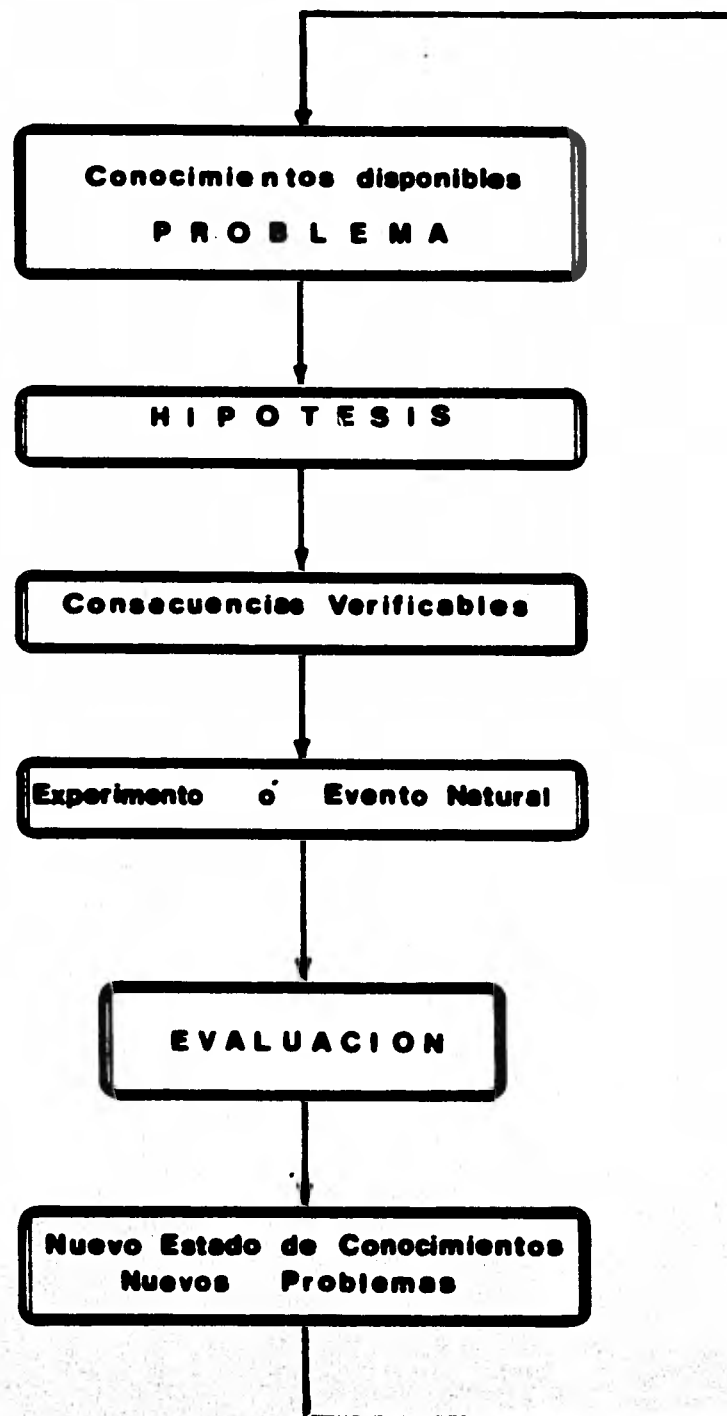
- 1.- Identificar un problema no resuelto por los conocimientos disponibles y formular una hipótesis sobre el mismo.
2. Derivar consecuencias lógicas de dicha hipótesis, susceptibles de verificación mediante un experimento especialmente diseñado a través de un evento natural.
- 3.- Evaluar la validez de lo supuesto, y como conclusión:
4. Ampliar los conocimientos y formular nuevos problemas.

La investigación pura, tiene sus principios en el siglo XVI y XVII con Galileo Galilei, Hooke y Mariotte, precedidos por Leonardo da Vinci quién se ocupó de todas las artes y las ciencias, realizando experimentos importantes sobre múltiples disciplinas. Al fundarse las primeras escuelas de Ingeniería en el siglo XVIII, famosos matemáticos y físicos como Bernoulli, Newton, Leibnitz, Euler, Lagrange y

Coulomb, realizaron enormes trabajos de investigación. Entre los investigadores más notables del siglo XIX, encontramos a Navier, Rankine, Boussinesq y Kelvin, por sólo mencionar algunos.

Después de la segunda guerra mundial, la liberación de la energía atómica, el avance en las comunicaciones y la aparición de la computadora electrónica, propiciaron el avance científico y tecnológico que estamos viviendo.

Figura Nº 1 Investigación Pura



DESARROLLO O INVESTIGACION APLICADA

La aplicación directa de los conocimientos generados en el campo de la investigación pura, a la solución de problemas específicos de Ingeniería Civil, da como resultado una actividad denominada desarrollo ó investigación aplicada.

El Ingeniero Civil dedicado a este campo, aprovechará, por ejemplo, las teorías de flujo de agua, a la solución especificada del problema de flujo de aguas en cortinas de materiales graduados. Para ellos se valdrá de la experimentación en el laboratorio, construyendo en algunas ocasiones modelos a escala que le permitan verificar anticipadamente los resultados que se esperan tener en la estructura real.

Otro ejemplo sería el aprovechamiento de las características físico-químicas de cierto material, para fabricar con él formas comerciales aplicables en la construcción.

Durante el desempeño de sus funciones, el investigador dedica gran parte de su tiempo a las siguientes actividades:

Formulación de teorías, concepción, planeación y formulación de experimentos, registro y análisis de observaciones hechas a fenómenos naturales, pruebas de hipótesis, obtención de conclusiones, expresión de los fenómenos naturales en términos matemáticos,

generalización y deducción de lo que se ha aprendido etc.

De acuerdo a lo anterior, podemos decir que para este tipo de actividad se requiere de rasgos especiales de personalidad. El Ingeniero Civil dedicado a la investigación aplicada unirá a una inteligencia despierta, un espíritu creador, paciencia y constancia, deseo de informarse y adquirir nuevos conocimientos, habilidad para planear y desarrollar nuevas técnicas, tendrá cierta intuición sobre la importancia relativa de las variables que maneja. Necesitará sentido de autocrítica, buscará y soportará la crítica ajena; será finalmente, capaz de trabajar en equipo y mostrará voluntad de comunicar sus hallazgos. La importancia que los sectores oficial y privado conceden a la investigación ha ido en aumento por lo que constituye, sin duda alguna, un interesante campo de actividad profesional.

Finalmente, como se ha mencionado de manera insistente, la investigación es sin duda el recurso que dará a nuestro país su independencia tecnológica.

PLANEACION

Planeación es el proceso de análisis sistemático, documentado y tan cuantitativo como sea posible, previo al mejoramiento de una situación y la definición y ordenamiento de los actos que conducen a ese mejoramiento.

La planeación como actividad fundamental, debe estar presente en todas y cada una de las acciones que el Ingeniero Civil emprenda.

La planeación puede asociarse a un cierto marco de referencia; podemos planear un procedimiento constructivo, la compra de equipo, la contratación de mano de obra, la previsión de materiales, etc. En un marco más amplio, podríamos hablar de la planeación de un sistema de comunicaciones terrestres, el desarrollo agrícola o industrial de determinadas zonas del país, de la distribución de los asentamientos humanos, etc. En cuyo caso estaríamos ejemplificando un caso de planeación a nivel nacional.

Obviamente, tenemos ejemplos de planeación mundial, en la que se estructura y ordenan actos en los que intervienen los intereses de las naciones existentes en nuestro planeta.

En terminos generales, los mecanismos de planeación son:

a) Conocimientos de la situación que se pretende

cambiar.

- b) Necesidad e interés por parte de la colectividad de realizar la modificación y su proyección al futuro, lo que implica de hecho la definición de una meta.
- c) Una proposición que sea la expresión concreta del deseo de la colectividad.
- d) Un juicio que valore las consecuencias de la proposición.
- e) Un programa que ordene en el tiempo y el espacio, el desarrollo de los actos necesarios.

Estos mecanismos, referidos al área que nos ocupa pueden resumirse en dos etapas: Por una parte los estudios previos que comprenden la localización del lugar más adecuado para la construcción, beneficios esperados, factibilidad económica, etc. y por otra, la programación propia de la obra, entendida como la ordenación en el tiempo y en el espacio de los acontecimientos. En esta segunda etapa, se establecen entre otras cosas, los tipos, cantidades y tiempo de empleo de las máquinas, clasificación y número de trabajadores en los períodos durante los cuales se necesitarán, momento adecuado de adquisición y empleo de materiales, etc.

La gran cantidad de variables que intervienen durante la planeación y programación de una obra, y la interrelación que tienen, hace muy difícil su

manejo; en este sentido, la computadora constituye una herramienta de incalculable valor para la generación y análisis de alternativas en un tiempo sumamente corto.

La actividad profesional del Ingeniero Civil dedicado a planeación, se lleva a cabo en los sectores público y privado.

A partir de 1925 en que se inicia prácticamente la etapa de desarrollo en nuestro país, se han realizado esfuerzos por definir y ordenar las acciones gubernamentales. En 1930 se hizo el primer intento de planeación con el llamado Plan Nacional de México. Posteriormente, durante el régimen del Gral. Lázaro Cárdenas, se implementó el Plan Sexenal. En 1942, se creó la Comisión Federal de Planeación Económica.

Más tarde, en 1954, se instituyó la Comisión de Inversiones con la finalidad de ordenar las inversiones públicas. Al iniciarse la administración 1958-1964, se establece la Secretaría de la Presidencia cuya función principal era planear y programar la ejecución de obras públicas. En el período 1970-1976 se crean por decreto en todas las secretarías de estado y empresas descentralizadas "Unidades de Programa", que tienen como objetivo primordial el planear y programar las obras a corto, mediano y largo plazo. Finalmente, durante 1980 se

han implementado diversos planes y programas con miras a desarrollar de manera racional y armónica los diferentes sectores nacionales.

La relación anterior, representa un panorama, a nivel nacional, de la importancia del campo de la planeación y por ende, de la participación del Ingeniero Civil en ella.

Refiriéndonos al sector privado, las empresas constructoras establecen, independientemente del tipo de organización que sigan, un área dedicada exclusivamente a la planeación y programación de sus actividades.

Concretando, el Ingeniero Civil dedicado a sistemas y planeación, realiza funciones tales como:

- Suministra a los funcionarios de una institución o empresa, tanta información, relevante y oportuna como sea posible, para auxiliarlos en la toma de decisiones.
- Propone objetivos a largo plazo y formula los planes que permitan alcanzarlos, como un marco de referencia para unir o coordinar proyectos individuales.
- Balancea el programa de desarrollo general para asegurar que se progrese según todos los lineamientos prefijados, haciendo al mismo tiempo el mejor y más efectivo uso de los recursos.
- Formula objetivos y planes para proyectos

individuales, consistentes con los objetivos a largo plazo.

- Conoce las necesidades presentes de la organización y anticipa las futuras con objeto de que ésta se encuentre preparada cuando se presenten.
- Lleva a cabo cada una de las operaciones de la manera más eficiente posible, balanceando la precisión, el detalle, la velocidad, etc. De acuerdo con la fase del proceso en que se encuentre el proyecto.

DISEÑO

El diseño es el Campo de la Ingeniería Civil, que consiste en la utilización de principios científicos, información técnica e imaginación, en la definición de una obra que cumpla funciones específicas con el máximo de economía y eficiencia.

Se refiere, en otras palabras, a la simulación de lo que queremos construir, antes de construirlo, tantas veces como sea necesario, para confiar en el resultado final.

En esta etapa, el diseñador deberá apoyarse en los datos y requerimientos proporcionados por la planeación, para definir las posibles soluciones a un problema determinado, plasmando posteriormente en planos y especificaciones la solución óptima.

En el diseño de una obra, intervienen invariablemente diversas disciplinas ó especialidades como: Mecánica de suelos, estructuras hidráulica, etc. Así, durante el diseño de un puente para salvar un río, intervendrá un experto en mecánica de suelos para definir las características del subsuelo y proponer el tipo de cimentación recomendable, el Ingeniero especializado en hidráulica estudiará con detalle el comportamiento del río y posteriormente, con toda esta información, el estructurista determinará la geometría y materiales que deberán utilizarse, especificando en

ciertos casos el procedimiento constructivo.

El Ingeniero Civil dedicado a diseño, debe tomar en consideración durante su trabajo, la factibilidad técnica y económica de su proyecto, de lo contrario, llegará a especificar soluciones que desde el punto de vista constructivo sean prácticamente imposibles de realizar ó bien antieconómicas.

Tomando en consideración las especialidades que intervienen en el campo de diseño, describamos a continuación las actividades que el profesional realiza en algunas de ellas:

ESTRUCTURAS.

El Ingeniero Civil especializado en esta área, realiza los diseños estructurales de los proyectos de Ingeniería, atendiendo a los planteamientos teóricos y experimentales a fin de que se ejecuten con el mínimo de costo y que se mantenga la seguridad de la estructura, especificando normas de diseño y construcción.

GEOTECNIA.

El Ingeniero Civil especializado en esta área diseña obras de tierra y roca a fin de efectuar un adecuado análisis teórico y experimental que satisfaga las normas y reglamentos de construcción y lograr que la obra opere con factores de seguridad adecuados dentro de la economía del proyecto.

HIDRAULICA.

En esta especialidad, el Ingeniero Civil diseña sistemas hidráulicos que se relacionen con las obras de riego, generación hidroeléctrica, agua potable, encauzamiento, obras de defensa, etc.

INGENIERIA SANITARIA.

En esta especialidad el Ingeniero Civil diseña todo lo relacionado con el resguardo de la salud humana a través de obras de Ingeniería como:

Abastecimiento de agua potable, sistemas de alcantarillado para aguas negras, pluviales y desechos industriales, etc.

El Ingeniero Civil encargado del diseño de cualquier obra de Ingeniería requiere de ciertas habilidades como: Capacidad inventiva, buen criterio, capacidad de expresarse matemática y gráficamente, habilidad en la simulación de fenómenos, etc.

CONSTRUCCION

Una vez que se han terminado los planos de diseño y que se han preparado las especificaciones, que son el lenguaje con el que se relacionan el campo del Diseño y el de la Construcción, este último se encarga de la realización física de la obra.

Las obras que el Ingeniero Civil realiza en esta área, son muy diversas y abarcan todos los sectores de la actividad económica como podemos ver a continuación.

OBRAS HIDRAULICAS Y AGROPECUARIAS.

Presas de almacenamiento y derivación, canales y sistemas de riego, obras fluviales, obras de protección, obras hidráulicas diversas.

OBRAS INDUSTRIALES.

Obras para la producción, regulación, conducción y distribución de energía eléctrica, plantas industriales, astilleros, almacenes, obras de refinación, obras industriales diversas.

OBRAS DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES.

Caminos, puentes, ferrocarriles, aeropuertos, telecomunicaciones.

OBRAS DE URBANIZACION.

Obras de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, vialidad urbana, alumbrado, guarniciones y banquetas, pavimentación, obras

urbanas diversas.

EQUIPAMIENTO URBANO Y VIVIENDA.

Centros comerciales, religiosos, educacionales, recreativos, asistenciales, oficinas públicas, viviendas.

Lo variado de las obras y los problemas que se presentan durante la construcción, obligan al especialista en esta área a tener una preparación muy completa en todas las ramas de la Ingeniería Civil; necesariamente tiene que relacionarse con Ingenieros de otras especialidades y, de acuerdo con la complejidad de la obra, frecuentemente forma parte de equipos interdisciplinarios.

Asimismo, el medio ambiente en que se desenvuelve es muy amplio; las obras en el campo requieren de él, una buena disposición para realizar actividades al aire libre y un reducido trato social circunscrito al personal de trabajo; las obras urbanas, en cambio, lo obliga a desenvolverse en un medio más complicado y exigente, a la vez que desempeña sus labores en áreas abiertas o aisladas, deberá mantenerse en constante trato con problemas y personas de los grandes conglomerados.

En resumen, las funciones que desempeña el Ingeniero Civil en este campo son:

- Planeación de la construcción: esta actividad

abarca la elaboración de presupuestos, selección de procedimientos de construcción y de equipo, elaboración de programas de ejecución de insumos financieros, etc.

- Ejecución: con base en planos y especificaciones y de acuerdo con la planeación establecida, el Ingeniero organiza sus recursos humanos fijando a cada persona, políticas y procedimientos específicos a seguir.

Resuelve problemas particulares que se presentan en la realización de la obra y establece y mantiene una comunicación adecuada dentro y fuera de la obra.

- Control: establece y opera los mecanismos necesarios para mantener la calidad dentro de lo especificado. Vigila la oportuna realización de los trabajos para que sean ejecutados dentro de los tiempos previstos. Cuida que los costos no sobrepasen lo planeado y retroalimenta la planeación cuando las desviaciones son significativas.

OPERACION Y MANTENIMIENTO

OPERACION.

Una vez concluida la obra, debe ponerse en operación, siguiendo los procedimientos preestablecidos.

Analizando detalladamente cada una de las obras que realiza el Ingeniero Civil, observamos que no todas son operadas necesariamente por él, aunque si interviene en muchos casos formando equipos multidisciplinarios.

En un sistema aeroportuario por ejemplo, el Ingeniero Civil, podrá tener bajo su responsabilidad aspectos tales como la operación del sistema de agua potable y drenaje, la operación óptima de las pistas y áreas de maniobras, del edificio terminal y zonas de estacionamiento, etc.

Obviamente no interviene en la operación de sistemas como el de ayudas electrónicas y visuales, que son operadas por otros especialistas.

MANTENIMIENTO.

El diccionario de la lengua Española define el mantenimiento como "Conservar o cuidar la permanencia de alguna cosa".

Para que las obras funcionen bajo condiciones óptimas de servicio y seguridad, es necesario realizar permanentemente estos trabajos de mantenimiento. Así por ejemplo en una carretera

será necesario revisar que las características originales del pavimento se conserven, corregir deformaciones y desgastes excesivos, desasolar las obras de drenaje, verificar la estabilidad de ciertos taludes, etc.

En relación con las fuentes de trabajo en este campo, existen empresas dedicadas exclusivamente a la operación y mantenimiento de obras. Así mismo en el sector oficial, el área de mantenimiento y operación, constituye también un campo importante de trabajo para el Ingeniero Civil.

El hecho de que las actividades que realiza el Ingeniero Civil queden dentro de algunos de los campos mencionados, no implica que su conocimiento se restrinja, únicamente a esa área específica; por el contrario, los campos de la Ingeniería Civil están íntimamente relacionados entre sí. Por ejemplo, es virtualmente imposible que un Ingeniero que se dedica a la construcción, sea simultáneamente competente en el proyecto de puentes, sin embargo, como complemento a su experiencia en los procedimientos de construcción, deberá tener un buen nivel de conocimientos tecnológicos, en el área de estructuras; esto le permitirá durante el desarrollo de sus actividades, tomar mejores decisiones, que estarán apoyadas en una concepción total del problema y no en un enfoque parcial del mismo.

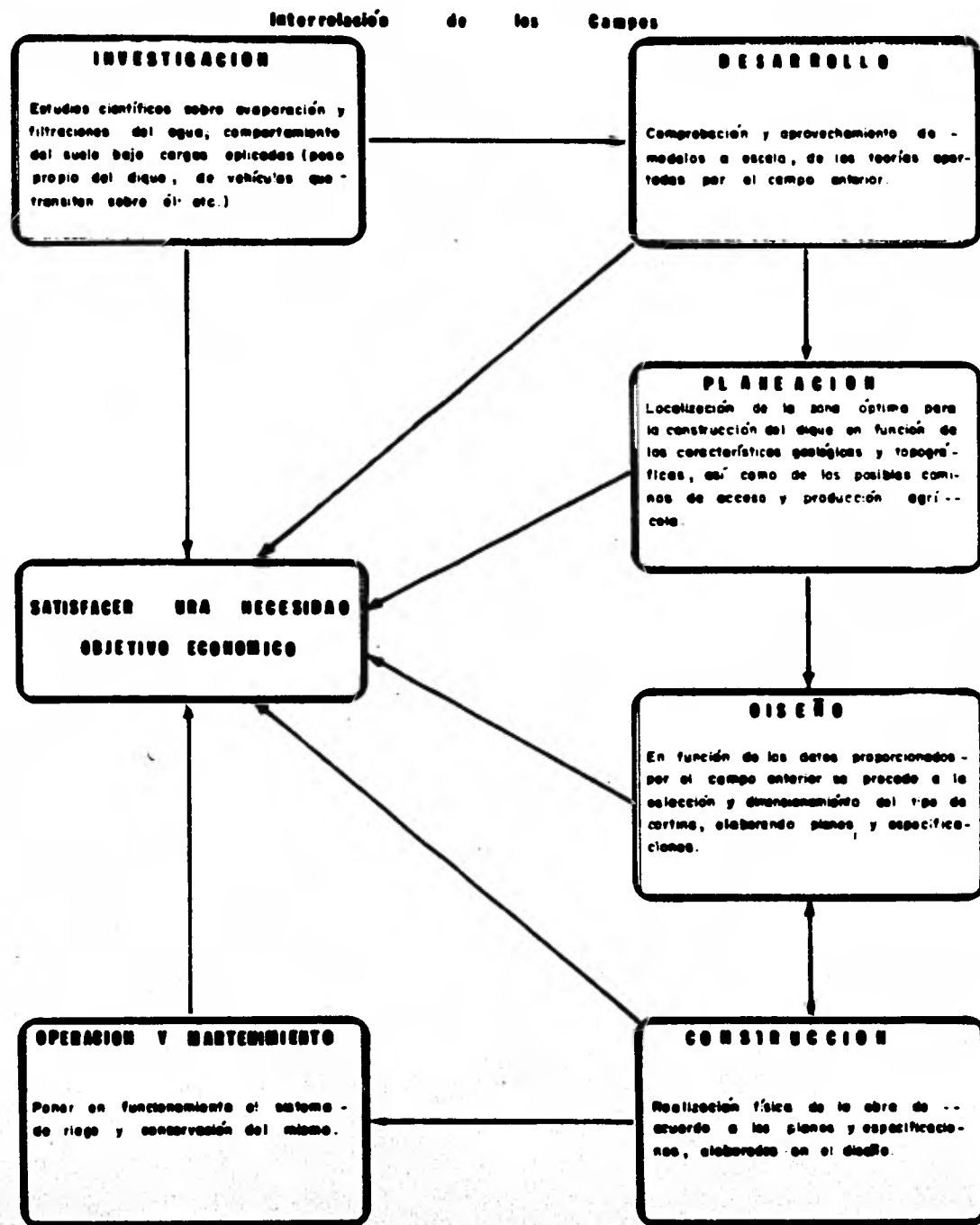
Para ilustrar la forma en que intervienen los campos de la Ingeniería Civil dentro de una obra específica, citaremos el caso de la construcción de un dique (*) que servirá para aprovechar una corriente para riego.

Como se puede ver en la figura N° 2, todos estos campos están interrelacionados, puesto que tienen como objetivo fundamental el adecuar el costo con la satisfacción de la necesidad. El Ingeniero, consecuentemente debe ser capaz de tomar las decisiones correctas en cualesquiera de los campos mencionados anteriormente de tal manera, que se vaya encaminando hacia el objetivo fundamental que es el económico.

(*) DIQUE.- Muro artificial para contener las aguas.

Puede construirse a base de materiales graduados ó de concreto.

Figura N° 2 Los Campos



EL CAMPO DE LA CONSTRUCCION



GENERALIDADES

Hemos dicho que en el campo de la construcción se realizan físicamente las obras.

En él, se materializan las ideas que el diseñador ha expresado através de planos y especificaciones, mismas que van desde pequeñas y modestas obras, hasta majestuosos proyectos de obras monumentales que inciden de manera significativa en el desarrollo económico del país.

De esta manera, las obras van conformando la infraestructura en que se apoyan múltiples actividades económicas, tales como la agricultura, la industria, el comercio, el turismo, etc.

La construcción, contribuye a solucionar uno de los problemas más graves a que se ha enfrentado nuestro país: El desempleo. En 1960 se estimó en 406,000 el número de personas ocupadas en la construcción; esta cifra se incrementó a 572,000 en 1970 y actualmente se calcula que más de 1'000,000 trabajan en esta creciente industria. Más significativo aún es el hecho de que, la mayoría de los trabajadores que se inician en la construcción, son personas no calificadas que van adquiriendo paulatinamente conocimientos de un oficio.

Actualmente, las empresas constructoras están dando gran importancia a la capacitación de sus

trabajadores; misma que, de acuerdo a un decreto presidencial, es actualmente obligatoria.

Por otra parte, esta generación de empleos se refleja en las industrias fuertemente ligadas a la actividad constructora; tal es el caso de las industrias del cemento y del acero.

En México las empresas constructoras organizadas, se encuentran agrupadas en la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, fundada en 1955.

A través de las estadísticas que dicho organismo ha elaborado, nos podemos percatar de la trayectoria ascendente que ha tenido este campo de actividad:

En 1955 se tenían registradas 627 empresas constructoras; este número aumentó a 1237 en 1960, 3738 en 1970 y aproximadamente 9000 en 1980. Como se ve, el panorama que se ha esbozado, permite asegurar que la construcción atravieza por una etapa de desarrollo acelerada misma que, según las perspectivas esperadas, continuará ininterrumpidamente; se ha mencionado por ejemplo, que para el año 2000, según los programas de vivienda, se construirán 33 millones de unidades; por lo que respecta a las obras de riego se estiman en 12 millones de hectáreas la superficie potencial, puesto que en la actualidad se irrigan 4 millones, habrá que triplicar las obras existentes; así también en la evolución de la red nacional de caminos, sobre

todo en el orden de alimentadores y vecinales hoy se asfaltan como promedio 7.4 km de carreteras diariamente, y su incremento será de 48.5 km por día. Podemos asegurar, por tanto, que el futuro que se avecina, representa un verdadero reto que habrán de afrontar las nuevas generaciones.

LA CONSTRUCCION COMO PROCESO



RECURSOS O INSUMOS

Si analizamos detenidamente cualquiera de las obras que hemos mencionado anteriormente. (aeropuertos, carreteras, conjuntos habitacionales, presas, etc.), podemos observar que, para su realización han intervenido ciertos elementos, susceptibles de agruparse en tres grandes grupos: materiales, obra de mano y maquinaria.

Estos tres elementos se llaman también "Recursos ó Insumos", los cuales fueron debidamente combinados y transformados através de un cierto proceso, para obtener una obra completamente terminada; por ejemplo, en el caso de la construcción del dique fueron necesarios una serie de materiales tales como: roca, material de filtro, y material impermeable básicamente; para obtenerlos se requirieron además otros elementos como explosivos para fragmentar la roca, cemento, agua, agregados y acero en el caso de tener obras especiales de concreto reforzado, etc.

Así mismo, durante la construcción propiamente dicha, intervienen las máquinas y el elemento humano para explotar, transportar y colocar estos materiales.

Es obvio que, aún teniendo los mismos recursos, estos pueden ser combinados cualitativa y cuantitativamente de manera diferente, generándose

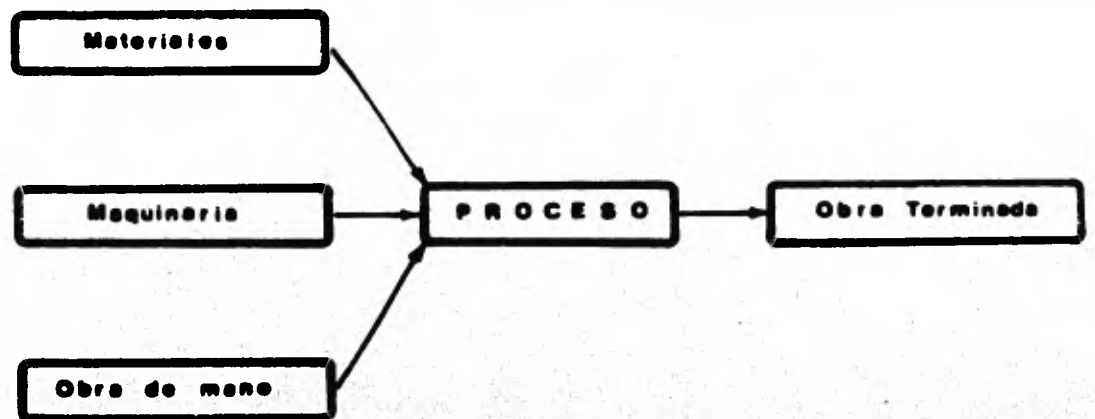
varias alternativas que nos llevarán a obtener la obra terminada; habremos entonces, de compararla y seleccionar la que mejor convenga, siguiendo un criterio fundamental que es el económico.

Es conveniente hacer notar que no precisamente el costo más bajo nos da la alternativa adecuada. Si tomamos por caso la etapa de diseño, se deberán incluir en el análisis factores diferentes del costo, tales como, vida útil de la obra, costos futuros de mantenimiento, funcionalidad, etc.

Sin embargo, el costo de cada una de las alternativas nos proporciona un elemento de comparación muy importante en la mayoría de los casos.

Con base en las ideas expuestas, el proceso de transformación que hemos mencionado, podemos imaginarlo como la mejor forma de combinar los tres insumos: materiales, maquinaria y obra de mano. Así mismo, podemos representar esquemáticamente la construcción como uno o varios procesos de transformación con una entrada: "los recursos" y una salida: "la obra terminada" (ver figura N° 3). Antes de iniciar el proceso de transformación, debemos analizarlo y definir con detalle sus fases. Esta actividad que representa para el constructor una guía en la toma de decisiones constituye la planeación del proceso.

Figura Nº 3 La Construccion



En esta etapa, es necesario analizar con cuidado las variables significativas (entendiéndose por significativas aquellas que si hacemos a un lado modificarán fundamentalmente nuestras decisiones en función del objetivo) que intervienen en el proceso, encontrar su interrelación y estudiar como una variación en cada una de ellas, influye en que el resultado final se acerque más o menos a nuestro objetivo.

En realidad, equivale a considerar la totalidad de cursos alternativos de acción en función del objetivo.

Como normalmente los cursos alternativos de acción son muchos, sería imposible analizar cada uno de ellos; por lo que es conveniente buscar una forma adecuada de compararlos, de tal manera que nuestro objetivo se cumpla.

Para esto, se tendrán que analizar en función de nuestro objetivo los siguientes aspectos relacionados con las variables que intervienen:

A) Variables Controlables.

Son aquellas posibles de manejar; es decir, que pueden ser controladas en el proceso. Como por ejemplo tenemos en la construcción del dique de tierra:

- Tamaño del Equipo
- Cantidad de Dinamita

- Tiempo de ejecución de la obra

- Cantidad de Obra de mano

B) Variables no Controlables.

No pueden ser manipuladas pero se pueden prever mediante un estudio, sin embargo, influyen evidentemente en que el resultado final se acerque o no al objetivo, por lo que habrá que considerarlas. Tomando el ejemplo anterior se tiene:

- Costo de la Obra de mano

- Costo de los Materiales

Existen además variables no controlables que no se pueden prever; tal es el caso de un sismo.

C) Limitaciones a las Variables.

Por otro lado, normalmente las variables tienen limitaciones; si consideramos, por ejemplo, el total de horas - máquina para ejecutar un trabajo dado, éstas no podrán ser menores que cero ni mayores que el tiempo total disponible. Se puede tener limitaciones en:

- Tiempo de ejecución de la obra

- Sumas mensuales a gastar

- Planos y especificaciones

Estas limitaciones a las variables son muy importantes en general y muchas de ellas estarán contenidas en los mismos planos y especificaciones.

Puede verse que no será fácil encontrar todas las variables, separar las significativas de las no significativas (entendiéndose por no significativas aquellas que si hacemos a un lado no modificarán fundamentalmente nuestras decisiones en función del objetivo), encontrar las limitaciones y sobre todo definir las relaciones entre todas ellas, de tal forma que podamos tener una serie de decisiones o fijar la estructura en que se apoye la toma de decisión.

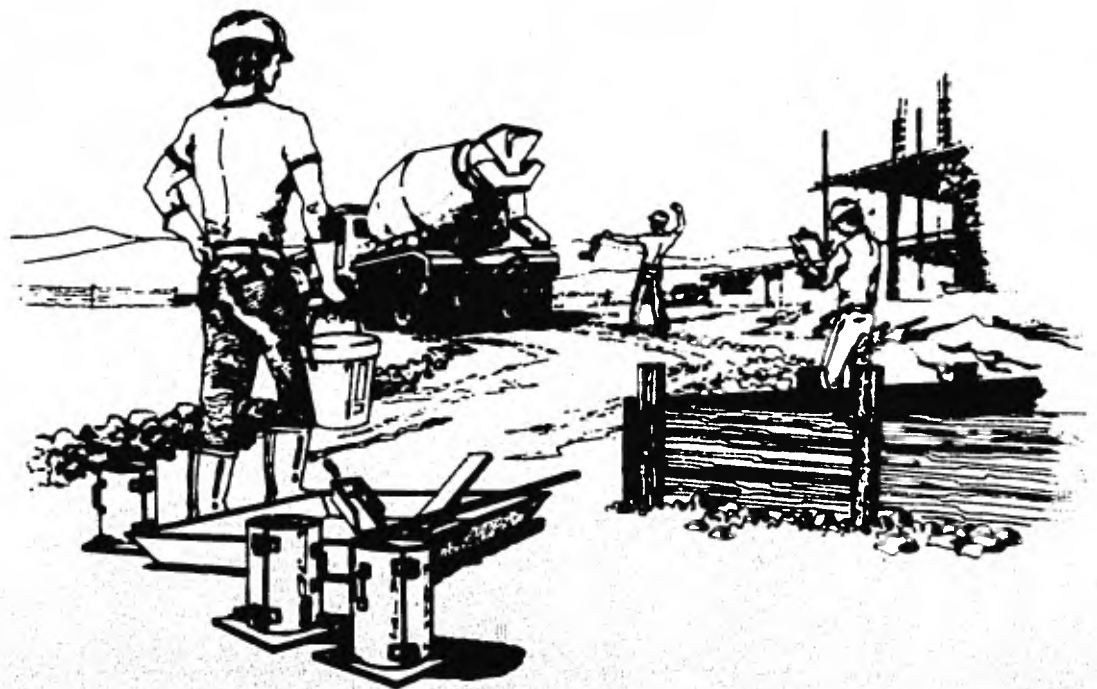
Sin embargo, los adelantos tecnológicos actuales permiten que, con la ayuda de la computadora, se analicen en poco tiempo más alternativas con un número mayor de variables en cada una de ellas.

En el caso particular de la construcción, es usual que las condiciones varíen con el tiempo, ya que es común encontrar en el campo, en el momento de construir, condiciones diferentes a las que tomó el diseñador, lo que origina evidentemente cambios en especificaciones, en dimensiones y algunas veces cambios substanciales, como modificación del sitio donde se ubica la obra.

Parecería necesario que, si tales modificaciones existen, repetir la planeación del proceso. Habrá que buscar desde luego, para facilitar estas modificaciones, el método para planear que más fácilmente pueda adaptarse a estas modificaciones y

evitar en lo posible tener que replanear
pricipiando de nuevo.

PROCESOS DE CONTROL



¿Cómo podremos estar seguros que nuestra planeación funciona y las decisiones que vamos tomando derivadas de esta planeación nos van encaminando al objetivo u objetivos?. Si tenemos que manejar un gran conjunto de variables, estudiar sus relaciones, analizar sus limitaciones y además, hemos hecho a un lado las variables no significativas escogidas a base de criterio, es fácil comprender que no podemos esperar al término de la obra para saber si nuestro objetivo se cumplió o no. Será necesario revisar a lo largo del proceso si nuestro objetivo se va cumpliendo; esto puede realizarse comparando a lo largo de la construcción lo realizado con lo planeado, en función del objetivo. En el caso del dique iríamos llevando costos y comparándolos con los planeados, analizando continuamente las diferencias y, cuando éstas fuesen significativas, habría que revisar la planeación y desde luego, si lo planeado se está llevando realmente a cabo. No basta planear, después de tomar las decisiones habrá que comunicarlas y tener una organización para su ejecución. Si algo falla, lo planeado no coincidirá con lo ejecutado y tendremos que corregir esta revisión y actuación para corregir el proceso en función de los costos se denomina en construcción, "Control Administrativo". También será necesario, como hemos expuesto ya,

llevar a cabo la obra en tal forma que cumpla con su propósito y tenga el factor de seguridad adecuado; como en el caso anterior, no es posible esperar a terminar el trabajo para conocer si tiene el factor de seguridad dado por el proyectista y cumple con el cometido para el cual se diseñó. Habrá que revisar continuamente que la obra en ejecución se vaya construyendo acorde con este propósito. Esto se logra en forma similar a lo anterior, tomando muestras para compararlas con el estándar y si hay desviaciones significativas, influyendo en el proceso, tendremos que corregir la desviación. A esto se le llama "Control de Calidad"; en realidad estos dos controles constituyen un proceso en sí, capaz también de ser planeado, que se conoce con el nombre de Control ó Retro - alimentación, y actúa modificando el proceso principal.

Gráficamente puede representarse el proceso constructivo, como se muestra en la fig. N° 4. Por otra parte, el mecanismo retroalimentador del control, se ilustra con el diagrama de flujo de la fig. N° 5.

Para que el proceso de Control sea efectivo, es necesario fijar un plan de acción que contenga cuatro pasos:

- a) Establecimiento de estándares
- b) Verificación ó comparación de lo real contra el

estándar

c) Acción correctiva cuando aparezcan desviaciones

d) Mejoramiento de los estándares

Se ilustran a continuación dos casos simplificados como ejemplo de lo anterior; uno relativo al control de calidad y otro relacionado con el control administrativo.

Figura Nº 4 Proceso Constructivo

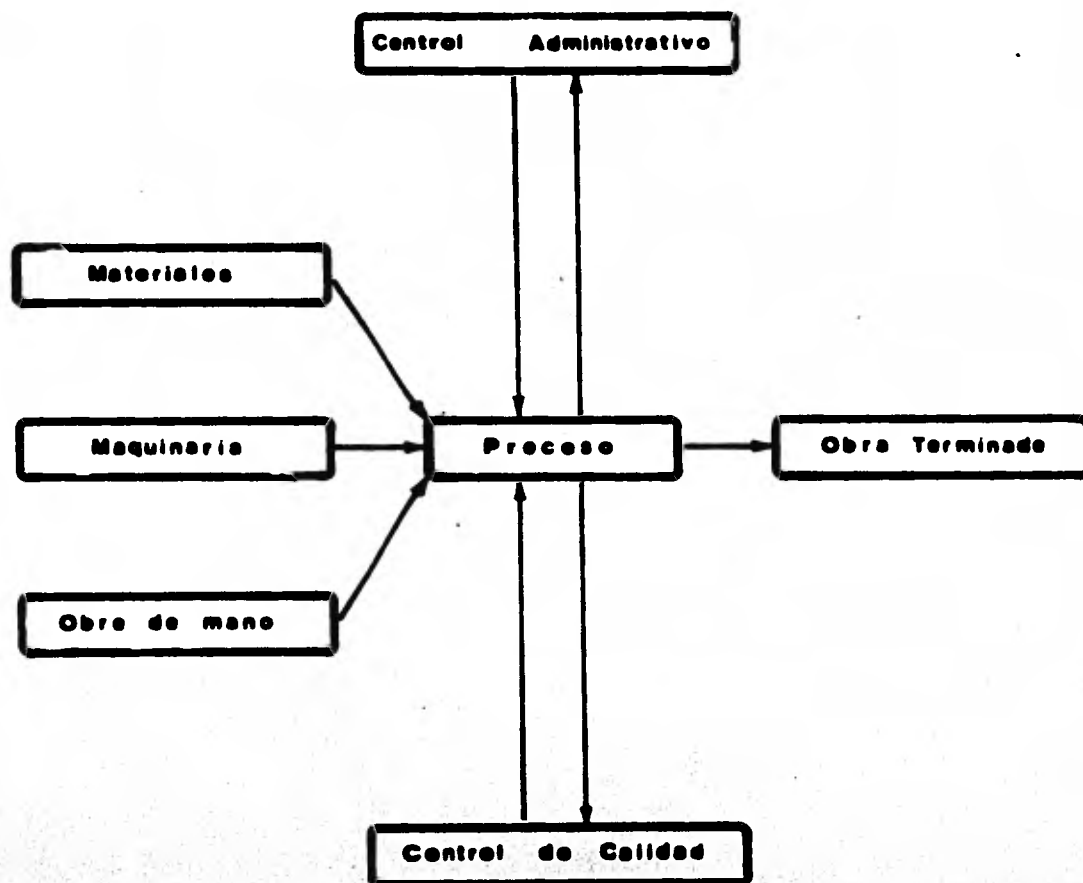
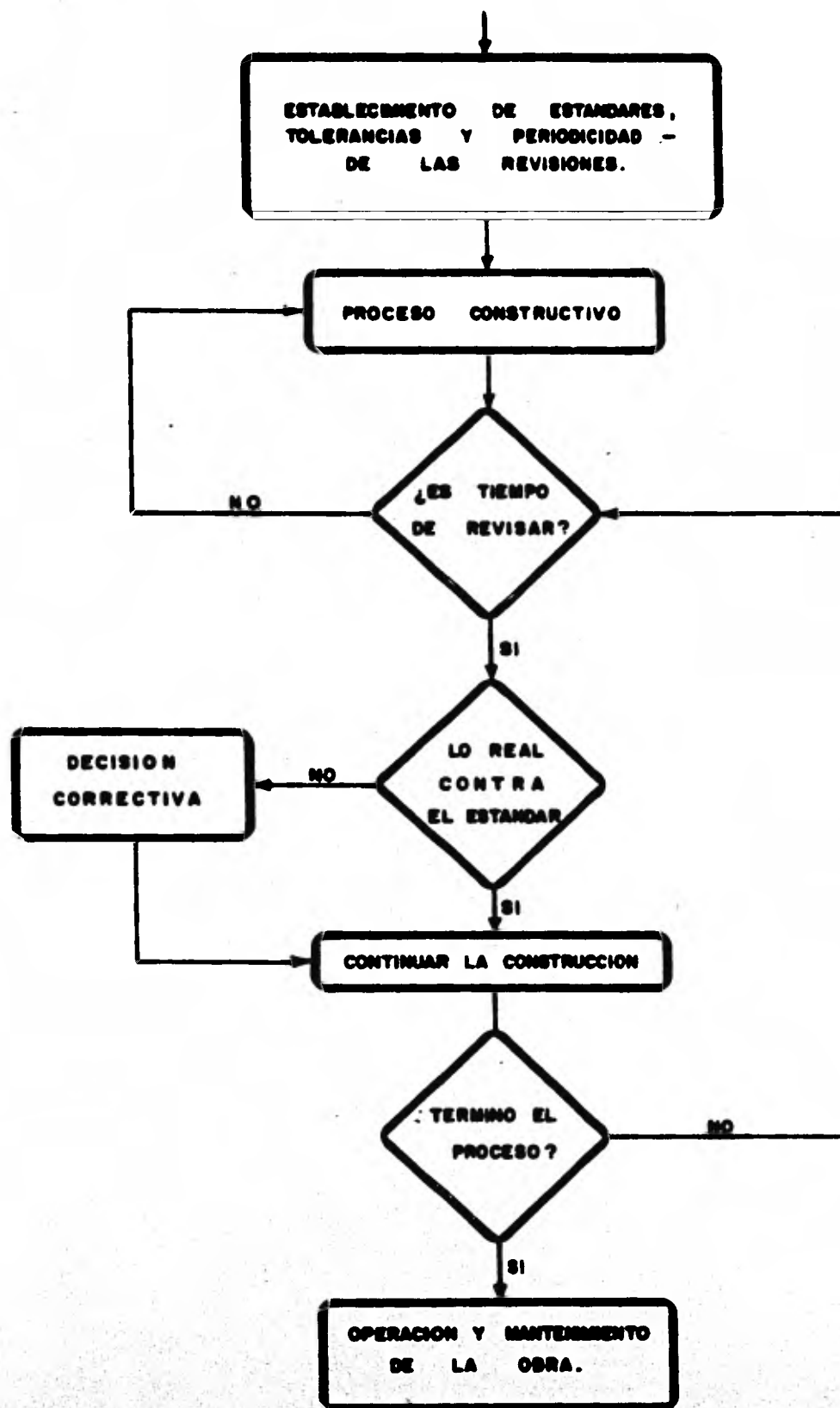


Figura N° 5 Diagrama de Flujo



CONTROL DE CALIDAD

a) Establecimiento de estándares.

Una de las características importantes del concreto, es su resistencia a la compresión. El estándar que actualmente se utiliza para medir ésta resistencia, se conoce como $f'c$, y está expresado en kg/cm^2 .

La $f'c$ del concreto, se refiere a la resistencia de un cilindro de concreto sujeto a compresión simple, elaborado bajo condiciones especificadas como son:

- Se utiliza un molde metálico previamente sellado para evitar pérdidas de agua, de forma cilíndrica, de 15 cm de diámetro interior y 30 cm de altura.
- Una vez sellado, se aceita ligeramente la superficie interior del molde.
- Se procede a llenar el molde en 3 capas, siendo cada una de ellas de aproximadamente un tercio del volumen total del cilindro.
- Al vaciar cada capa, con porciones del concreto muestra, tomadas con un cucharón metálico de tipo rectangular, se debe girar éste sobre el borde del cilindro a medida que se vaya descargando, para asegurar una correcta distribución.
- En seguida, se distribuye el concreto del molde con una varilla metálica redonda y lisa con diámetro de 16 mm y 60 cm de largo, con la que se procede a compactar: La primera capa, que debe tener una altura aproximada de 10 cm, se compacta

con 25 penetraciones siguiendo el trazo de una espiral, de la orilla al centro (figura N° 6-A); si quedan oquedades superficiales, se golpea ligeramente con la varilla varias veces, de abajo hacia arriba sobre el cuerpo del molde, para que cierren los vacios que hayan quedado al compactar; la segunda capa, con la que se debe alcanzar una altura máxima de 20 cm dentro del molde, se compacta con 25 penetraciones de la varilla, de la misma manera que se hizo al compactar la primera capa, procurando que en cada golpe la varilla penetre 2 cm aproximadamente en la capa inferior (figura N° 6-B). Después de haber compactado la segunda capa, si hay oquedades se repite el golpeo lateral de igual forma que en la primera etapa. Con la tercera capa, debe llenarse totalmente el molde y agregar una cantidad extra suficiente, para que, después de compactar ésta última con 25 golpes de la varilla, quede totalmente lleno el molde con un ligero excedente. Si hay oquedades se repite el golpeo lateral (figura N° 6-C).

- Al terminar la compactación se procede a enrasar con una regla metálica de aproximadamente 30 cm de longitud, 2.5 cm de ancho y 5 cm de espesor; con aristas rectas y libres de melladuras; haciendo un movimiento de vaivén sobre el borde

superior del molde con lo cual quedará una superficie plana y uniforme que esté a nivel y que no tenga depresiones ó promontorios de más de 3 mm (figura N° 6-D).

- Para identificar los cilindros, se marcan con trazos muy finos sobre la parte superior del cilindro con las claves de identificación que tengan designadas.
 - Para evitar la evaporación del agua de los cilindros recién elaborados, se deben cubrir inmediatamente con una tapa de material no absorbente, ni reactivo ó con una tela de plástico (figura N° 6-E).
 - Una vez elaborados los cilindros, se podrán retirar de los moldes de preferencia 24 horas después, permitiéndose un margen entre 16 y 48 horas y almacenar de inmediato en una condición húmeda, a la temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta el momento de la prueba.
 - Antes de efectuar el ensaye se deben cabecear los cilindros con un material y espesor de capa tales que no fluya ni se rompa al aplicar la carga.
- Supongamos en este caso, que nos ha sido fijada una resistencia para el concreto que estamos utilizando en obra de 250 kg/cm^2 , con ciertas tolerancias fijadas de acuerdo a criterios estadísticos.
- b) Verificación ó comparación de lo real contra el

estándar.

Para llevar a cabo ésta etapa debemos tener en cuenta las consideraciones siguientes:

1^a) Que de todo el concreto que estemos utilizando, debemos obtener las muestras representativas que nos sean exigidas en las especificaciones de construcción.

2^a) Para poder correlacionar los resultados de las muestras con el estándar, éstas deberán ser elaboradas y probadas bajo las mismas condiciones del estándar.

Se efectúa el ensaye de la muestra elaborada, en una máquina de prueba universal que cumpla con los requisitos establecidos para este tipo de pruebas. Si al determinar la resistencia de nuestro concreto, estamos dentro de los límites especificados, podremos seguir adelante con su utilización; si por el contrario, excedemos la tolerancia estipulada, emprenderemos una serie de acciones tendientes a corregir la desviación.

c) Acción correctiva cuando aparezcan desviaciones.

Si en el caso que nos ocupa, el concreto se estuviera fabricando en obra mediante una planta móvil, los aspectos que tendríamos que corregir estarían entre los siguientes: Verificación del diseño de la mezcla, revisión de la calidad de los agregados, calibración de la planta, verificación de la correcta elaboración de las muestras, etc.

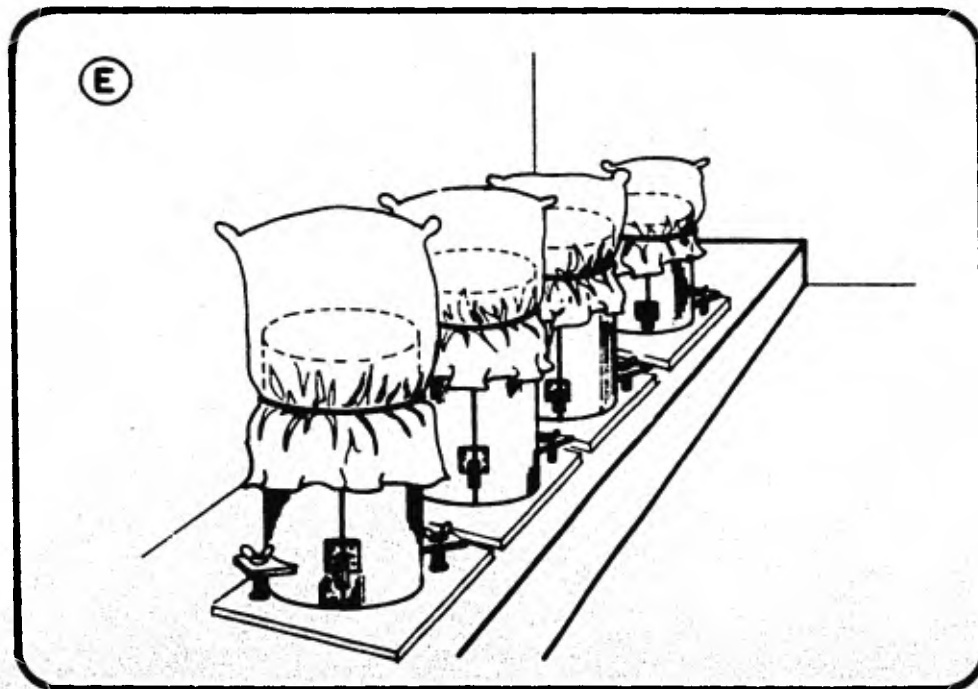
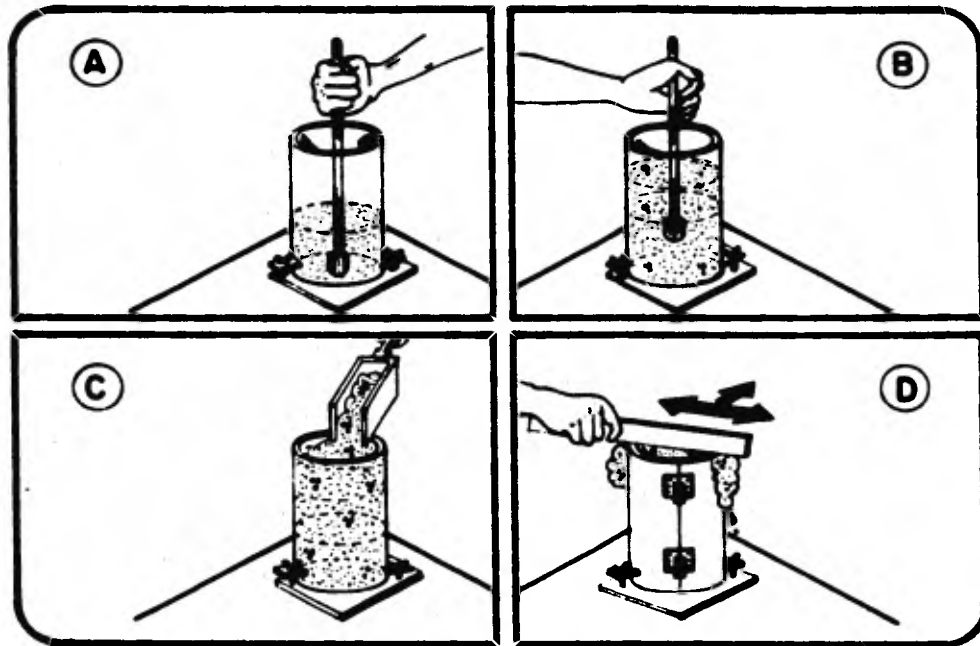
Una vez tomada alguna o algunas de las medidas correctivas necesarias, repetiríamos el proceso para verificar resultados.

d) Mejoramiento de los estándares.

Los estándares establecidos, se van modificando para mejorarse, conforme al avance de las investigaciones que se hacen sobre el comportamiento de los materiales.

En el caso del concreto, en la actualidad se llevan a cabo investigaciones y pruebas con concretos polimerizados, con los cuales se alcanzan resistencias muy por arriba de las convencionales. Si, en un momento dado es técnico y económicamente posible construir con este nuevo material, el estándar que se fije en cuanto a resistencia tendrá que ser sin duda, superior al actual.

Figura N° 6 Prueba del Concreto



CONTROL ADMINISTRATIVO

Durante la construcción de una carretera, podemos llevar el control del tiempo de ejecución de las actividades, de la siguiente manera.

a) Establecimiento de estándares.

Teniendo como base los volúmenes de obra, los recursos por emplear y la interrelación de los trabajos por desarrollar, es posible dibujar un esquema que represente la duración y orden de las actividades que, en forma simplificada, integran la construcción del camino (figura N° 7).

En este diagrama, hemos señalado mediante barras, la duración estimada en semanas, para la terminación de cada una de las actividades; lo cual constituye el estándar contra el que habremos de comparar.

b) Verificación o comparación de lo real contra el estándar.

Establecida la periodicidad de nuestras revisiones, señalaremos sobre el mismo diagrama los avances reales obtenidos en obra, verificando que se apeguen a lo programado. Si en alguna actividad detectamos un atraso significativo, habremos de tomar una medida correctiva que impida un mayor atraso tanto en la actividad que estamos analizando como en las actividades con las que se interrelacionan.

c) Acción correctiva cuando aparezcan desviaciones.

Observando el diagrama, encontramos que la actividad

3 (estructuras de drenaje) se encuentra atrasada conforme al programa original; por lo que es necesario revisar y corregir los aspectos relacionados con ella, tales como cantidad y calidad de la obra de mano, procedimiento constructivo, supervisión, tiempo efectivo de trabajo, etc.

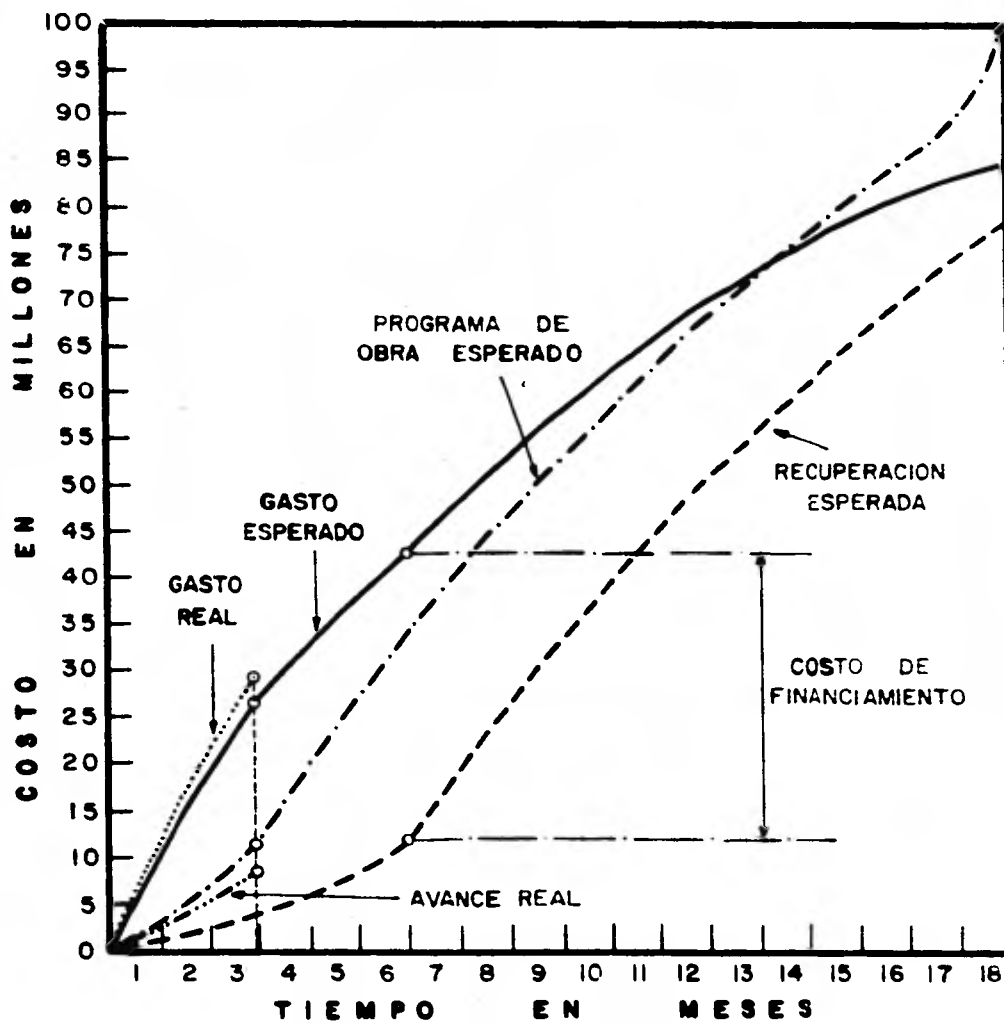
d) Mejoramiento de los estándares.

Con base en la experiencia que se vaya acumulando en cada obra, podremos realizar nuestros programas con un rango de seguridad mayor y más apegados a la realidad en cuanto a los tiempos empleados en la ejecución de las actividades del proyecto.

Los ejemplos anteriores, aunque expuestos de una manera simple, nos dan idea del mecanismo a seguir durante el proceso de control, a la vez que destacar su importancia en la consecución de los objetivos fijados.

Otro ejemplo de este tipo de control, lo tenemos en la gráfica de la figura N° 8, la cual nos muestra el programa de obra y gastos esperados, así como la recuperación correspondiente; al ir avanzando en la construcción iremos señalando los resultados reales, y tomando las medidas correctivas pertinentes cuando observemos desviaciones.

FIGURA N° 8



CONCLUSIONES

Al término del presente trabajo, podemos elaborar las siguientes conclusiones:

- El alumno deberá tener conocimiento, tanto de cada uno de los campos de acción en particular, así como de la interrelación que existe entre ellos, ya que cada uno representa una fuente de trabajo para el Ingeniero Civil.
- En ésta tesis se ha enfatizado más en el campo de la construcción, por el porcentaje tan alto de Ingenieros Civiles dedicados a la construcción, pero no por ello deberán descuidar su preparación en los demás campos, ya que todos tienen una cierta relación que influye en el logro del objetivo final.
- Que el panorama que se vislumbra en materia de construcción obliga a perfeccionar los procedimientos tradicionales de ejecución de las obras y a realizar investigaciones sobre la utilización de nuevos materiales.
- El representar la construcción esquemáticamente permite al alumno visualizar de manera general y sencilla el proceso constructivo y los diferentes elementos que intervienen en él.
- Es necesario recalcar durante la formación profesional del alumno, las ventajas que presenta el establecer sistemas de control realistas en la ejecución de sus obras, ya que de ello dependerá

en gran parte, el éxito o fracaso de la
construcción.

BIBLIOGRAFIA

-
- LA INDUSTRIA MEXICANA DE LA CONSTRUCCION 1980;
CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCION.

 - LA ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCION EN MEXICO / 1980;
CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCION.

 - REVISTAS DEL COLEGIO DE INGENIERO CIVILES.

 - REVISTAS "INGENIERIA", EDITADAS POR LA FACULTAD
DE INGENIERIA.

 - INGENIEROS Y LAS TORRES DE MARFIL: HARDI CROSS

 - INTRODUCCION AL PROCESO CONSTRUCTIVO.
APUNTES DE CONSTRUCCION I
EDITADOS POR EL DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION.