



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
Facultad de Ingeniería

11460 3 1
2ef

**LA INGENIERIA DEL VALOR Y SU APLICACION
EN LA CONSTRUCCION**

ALBERTO MARIO MADERO BACA

T E S I S

PRESENTADA A LA DIVISION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

DE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

COMO REQUISITO PARA OBTENER

EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERIA

(CONSTRUCCION)

TESIS CON
FALLA DE CR.GEN

CIUDAD UNIVERSITARIA

1 9 9 1



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

LA INGENIERIA DEL VALOR Y SU APLICACION EN LA CONSTRUCCION

INDICE

- 1.0 INTRODUCCION. 1
- 2.0 CONCEPTO DE INGENIERIA DEL VALOR. 3
 - 2.1. Historia. 4
 - 2.2. Definición y terminología. 7
 - 2.3. Tipos de valor. 8
- 3.0 METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE LA INGENIERIA DEL VALOR. 10
 - 3.1. Identificación de componentes. 11
 - 3.2. Fase de información. 13
 - 3.2.1. Recolección de información. 14
 - 3.2.2. Análisis de la función. 14
 - 3.2.2.1. Definición funcional. 16
 - 3.2.3. Evaluación funcional. 19
 - 3.2.3.1. Determinación del costo. 19
 - 3.2.3.2. Valor de diseño o valor estándar de las funciones críticas. 19
 - 3.2.3.3. Cociente Costo/Valor. 19
 - 3.3. Fase de Especulación. (Creatividad). 21
 - 3.3.1. Creatividad. 21
 - 3.3.2. Utilización de la creatividad en el plan de trabajo. 23
 - 3.4. Fase de Evaluación y Selección. 25
 - 3.4.1. Evaluación. 25
 - 3.4.2. Comparación de las ideas. 26
 - 3.4.3. Comparación de costos. (Costeo del ciclo de vida). 26
 - 3.4.4. Evaluación ponderada. 28
 - 3.5. Fase de Presentación. (Propuesta). 33
 - 3.5.1. Venta de la propuesta. 33
 - 3.5.2. Procedimiento utilizado para vender la propuesta. 34
 - 3.5.3. Pasos específicos. 34
 - 3.5.4. Preparación del reporte. 34
 - 3.6. Fase de Implantación y Seguimiento. 37
- 4.0 PROCEDIMIENTO Y ORGANIZACION PARA EL ESTUDIO DE LA INGENIERIA DEL VALOR. 39
 - 4.1. Objetivos de los estudios. 40
 - 4.2. Selección del coordinador, líder y miembros del equipo. 40
 - 4.3. Documentación e información requerida para el estudio. 42
 - 4.4. Procedimiento de estudio. 44
 - 4.5. Relación del equipo con el diseñador. 46
 - 4.6. Relación del equipo con el constructor. 46
 - 4.7. Intensidad de los estudios en un proyecto. 46
 - 4.8. Costo de los estudios. 47
- 5.0 APLICACION DE LA INGENIERIA DEL VALOR EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION. 48
 - 5.1. Diseño. 50
 - 5.2. Construcción. 51
 - 5.3. Mantenimiento. 52
 - 5.4. Cláusulas a ser incluidas en los contratos. 53

6.0 PROYECTOS EN DONDE HA SIDO APLICADA LA INGENIERIA DEL VALOR Y PERSPECTIVAS DE SU UTILIZACION EN LATINOAMERICA. 55

- 6.1. Proyecto de la presa Elgo en el estado de Arizona (E.U.A.). 55
- 6.2. Proyectos para la construcción de carreteras en el estado de Oregon (E.U.A.). 59
- 6.3. Perspectivas de su utilización en latinoamérica. 62

7.0 APLICACION DE LA INGENIERIA DEL VALOR AL PROYECTO "LA ZURDA". PRIMERA ETAPA, CRUCE DEL RIO SANTIAGO EN LA CONDUCCION PRESA CALDERON - PLANTA DE TRATAMIENTO. 65

- 7.1. Antecedentes del proyecto. 65
- 7.2. Descripción y alcances. 67
 - 7.2.1. Primera etapa Proyecto Calderón-San Gaspar. 71
 - 7.2.2. Segunda etapa. Proyecto El Purgatorio (Primera fase) y Presa El Salto. 71
 - 7.2.3. Tercera etapa. Proyecto Presas La Zurda I y II y El Purgatorio (Segunda fase). 73
- 7.3. Estructura y esquema financiero. 73
 - 7.3.1. Esquema operativo - financiero. 74
 - 7.3.2. Plazo de recuperación de las inversiones. 76
- 7.4. Definición del área de estudio. 76
- 7.5. Características del sitio en el cruce de la conducción sobre el río Santiago. (Sifón). 78
 - 7.5.1. Geología. 78
 - 7.5.2. Topografía. 80
 - 7.5.3. Limitaciones al procedimiento constructivo. 80
 - 7.5.4. Variables y condicionantes de diseño. 80
- 7.6. Ingeniería del Valor aplicada al cruce del acueducto en el río Santiago (Sifón). 81
 - 7.6.1. Aplicación al trazado del acueducto en el sitio del cruce. 81
 - 7.6.1.1. Fase identificación de componentes 81
 - 7.6.1.2. Fase de Información. 84
 - 7.6.1.3. Fase de Especulación (Creatividad) 88
 - 7.6.1.4. Fase de Evaluación y Selección. 89
 - 7.6.1.4.1. Comparación de las ideas. 7.6.1.4.2. Costeo del ciclo de vida. 7.6.1.4.3. Evaluación Ponderada.
 - 7.6.1.5. Fase de Presentación (Propuesta). 96
 - 7.6.1.6. Fase de Evaluación y Seguimiento. 101

8.0 CONCLUSIONES. 147

ANEXO 1. Nivel de Abstracción. 149

ANEXO 2. Sistema técnico para el análisis de la función (STAF). 152

ANEXO 3. Técnica de lluvia de ideas. 155

ANEXO 4. Costeo del ciclo de vida. 159

ANEXO 5. Evaluación ponderada. 166

ANEXO 6. Cláusula con incentivos para la aplicación de la Ingeniería del Valor en un contrato de construcción en E.U.A. 169

BIBLIOGRAFIA. 174

RESUMEN

El presente trabajo consiste en hacer una descripción del concepto de Ingeniería del Valor, enfocando su aplicación a proyectos que tengan relación con la industria de la construcción.

A continuación se describen los capítulos en los cuales se ha dividido el trabajo, y su contenido:

CAPITULO 1 - INTRODUCCION - En este capítulo se menciona la importancia que tiene la industria de la construcción en las economías latinoamericanas; se analiza la forma como han sido ejecutados los proyectos de Ingeniería y se exponen los nuevos esquemas que se están implantando para ejecutar las obras públicas. Se describe la importancia que tiene la Ingeniería del Valor en otros países y que papel puede desempeñar en los proyectos de construcción en Latinoamérica.

CAPITULO 2 - CONCEPTO DE INGENIERIA DEL VALOR - Se expone el concepto de Ingeniería del Valor, los tipos de valor en que se basa para efectuar los estudios, su historia, definición y las diferentes terminologías utilizadas para identificarla.

CAPITULO 3 - METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE LA INGENIERIA DEL VALOR - Como su nombre lo indica, en este capítulo se describe la metodología empleada para llevar a cabo un estudio formal de Ingeniería del Valor, haciendo una exposición del plan de trabajo incluyendo sus respectivas fases.

CAPITULO 4 - PROCEDIMIENTO Y ORGANIZACION PARA EL ESTUDIO DE LA INGENIERIA DEL VALOR - Se establece el procedimiento a utilizar para efectuar los estudios de Ingeniería del Valor, y se dan parámetros para estructurar y organizar el equipo de trabajo.

CAPITULO 5 - APLICACION DE LA INGENIERIA DEL VALOR EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION - Se estudia la forma de aplicar la Ingeniería del Valor en las diferentes etapas de un proyecto y se recomienda la inclusión de ciertas cláusulas en los contratos para que el contratista considere su utilización.

CAPITULO 6 - PROYECTOS EN DONDE HA SIDO APLICADA LA INGENIERIA DEL VALOR Y PERSPECTIVAS DE SU UTILIZACION EN LATINOAMERICA - Se hace una exposición detallada de dos proyectos en E.U.A., en donde fueron aplicados los estudios de Ingeniería del Valor. Se analiza la situación actual de la Industria de la Construcción y la perspectiva de utilizar estos estudios en Latinoamérica, principalmente en los nuevos esquemas implantados para ejecutar las obras públicas. (concesionamiento).

CAPITULO 7 - APLICACION DE LA INGENIERIA DEL VALOR AL PROYECTO "LA ZURDA". PRIMERA ETAPA, CRUCE DEL RIO SANTIAGO EN LA CONDUCCION PRESA CALDERON - PLANTA DE TRATAMIENTO. Se aplica la metodologia al proyecto descrito, el cual tiene una relación directa con la Industria de la Construcción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES - Se dan una serie de recomendaciones obtenidas en base a los conocimientos adquiridos en el desarrollo del trabajo, y se exponen ciertas conclusiones para ser consideradas en la aplicación de la Ingeniería del Valor a los proyectos que se realicen en los países latinoamericanos. Se dan ciertas pautas para que este trabajo sea posteriormente ampliado o complementado en base a las experiencias que se obtengan al aplicar los estudios.

1.0 INTRODUCCION

La Industria de la Construcción es un sector que tiene gran ingerencia en el comportamiento social y económico de los países latinoamericanos. En épocas de auge impacta de manera favorable en los índices económicos y sociales por su efecto multiplicador y por absorber una cantidad apreciable de mano de obra; en épocas de crisis es palpable la recesión en este ramo.

En la forma convencional de ejecutar los proyectos de ingeniería, se ha notado una falta de coordinación entre los diferentes sectores que intervienen en ellos. Observamos que tradicionalmente se contrata a una firma consultora para efectuar el diseño, al constructor por medio de su oferta se le asigna el proyecto, y a la firma supervisora se le contrata para llevar el control administrativo y técnico. En casos aislados se han utilizado esquemas de contratación que coordinan el proyecto desde su diseño, tales como: contratos de LLave en Mano, Gerencia de Proyecto y/o Administración de la Construcción.

El alto endeudamiento externo de los países latinoamericanos, los altos costos del dinero, la importancia del factor tiempo, y el surgimiento de la aplicación del enfoque de sistemas; ha obligado a buscar nuevos esquemas de contratación y formas para evaluar y ejecutar los proyectos. Adicionalmente el estado está desincorporando de su organización a empresas paraestatales, y ha dado mayor participación a la iniciativa privada en el desarrollo de la infraestructura del país.

En el sector público se ha empezado a utilizar el esquema de concesionamiento, principalmente en la construcción de carreteras, con la expectativa de poder implantarse en el ramo de los servicios y otras obras de infraestructura. Lo anterior motivará a las empresas que participan en el sector de la construcción a eficientar los procesos utilizados en la ejecución de los proyectos, con el fin de reducir los costos y obtener un mayor valor del bien a producir.

El concepto de Ingeniería del Valor puede desempeñar un papel importante en estos nuevos esquemas de ejecución de los proyectos, ya que al estar integradas todas las entidades y etapas que intervienen en su elaboración, suministra al diseñador y contratista herramientas y técnicas para reducir los costos y obtener el máximo valor.

La Ingeniería del Valor en países como Estados Unidos, Japón, Italia, Canadá, Australia y otros; ha sido adoptada como una técnica formal para evaluar el valor y rendimiento de un proyecto. En Estados Unidos las entidades oficiales encargadas de impulsar y construir grandes proyectos de ingeniería, la han incorporado a su estructura de evaluación técnica y económica.

Es posible afirmar que la Ingeniería del Valor en nuestro medio ha sido aplicada de alguna forma, pero esto se ha hecho solo de manera intuitiva por parte de las personas que intervienen en la evaluación de un proyecto; por lo tanto hay que distinguirla de la técnica formal que conduce a utilizar criterios y metodologías definidas para realizar un estudio sistemático.

El objetivo del presente trabajo consiste en describir y emplear el sistema de evaluación denominado "Ingeniería del Valor", orientando su aplicación hacia proyectos de la Industria de la Construcción.

El trabajo se estructura en tres partes:

En la primera parte se hace una reseña histórica, se describe el marco teórico y la metodología de estudio.

En la segunda parte se estudia la forma de aplicar la Ingeniería del Valor a las diferentes áreas de un proyecto, se dan ciertas recomendaciones para ser consideradas en los contratos, se analiza la perspectiva de su utilización en latinoamérica y se describen a manera ilustrativa, algunos proyectos de construcción en donde ha sido utilizada.

En la tercera y última parte, se aplica la Ingeniería del Valor al proyecto "La Zurda" primera etapa, -Cruce del río Santiago en la conducción de la Presa Calderón a la Planta de tratamiento-, queriendo con esto ilustrar el tema con un caso real.

Se ha dado por dar al presente trabajo el título de: *La Ingeniería del Valor y su aplicación en la Construcción* entendiéndose a esta última como un sistema en donde intervienen varios subsistemas, elementos y componentes; especialmente en un proyecto de construcción.

2.0 CONCEPTO DE INGENIERIA DEL VALOR.

La filosofía de la Ingeniería del Valor consiste en identificar los procesos que intervienen en la construcción de un proyecto y revisar el sistema desde el punto de vista del valor para el propietario. Se hace un análisis sistemático que identifica la función de un elemento en un proyecto y se busca satisfacer esta función al costo total más bajo sin disminuir su rendimiento.

Se aplica la Ingeniería del Valor a sistemas específicos dentro de un proyecto, pudiendose realizar el análisis en diferentes niveles, según como se muestra en la figura (1); ya sea en el nivel sistema, en el nivel subsistema o finalmente al nivel componente del proyecto. El objetivo es tener un valor máximo, no sólo del proyecto, sino de todas sus partes.

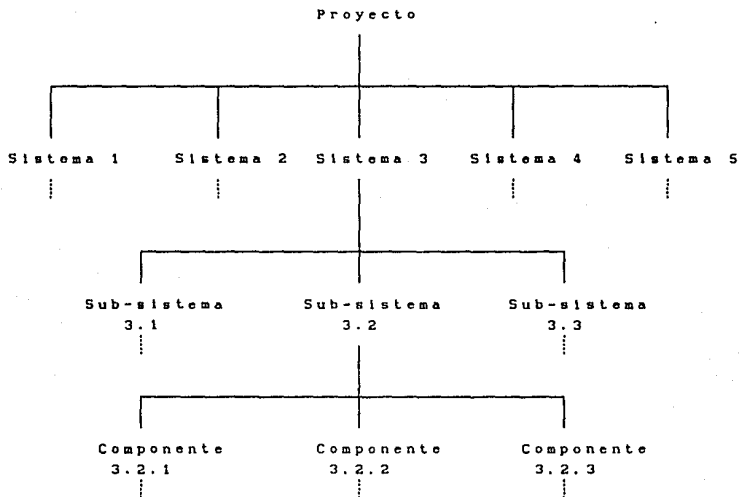


Figura (1)

Análisis de la Ingeniería del Valor en un sistema o proyecto.

Haremos referencia al proyecto, estando este formado por un conjunto de sistemas y subsistemas, los cuales a su vez, contienen varios elementos y componentes o materiales.

La Ingeniería del Valor no es un medio para substituir o ignorar otras técnicas convencionales usadas en los proyectos para reducir los costos. Tales técnicas analizan el costo del

elemento y posteriormente estudian la forma de reducir el costo de los recursos para construir el elemento; la Ingeniería del Valor examina la necesidad y uso de ese elemento dentro del proyecto.

La Ingeniería del Valor se mantiene actualizada con respecto a los últimos avances en tecnología e identifica a las normas, especificaciones y prácticas que originan procedimientos y especificaciones excesivas.

La figura (2) ilustra los ahorros adicionales que pueden obtenerse al utilizar un programa sistemático de Ingeniería del Valor, con respecto a los métodos convencionales de reducción de costos.

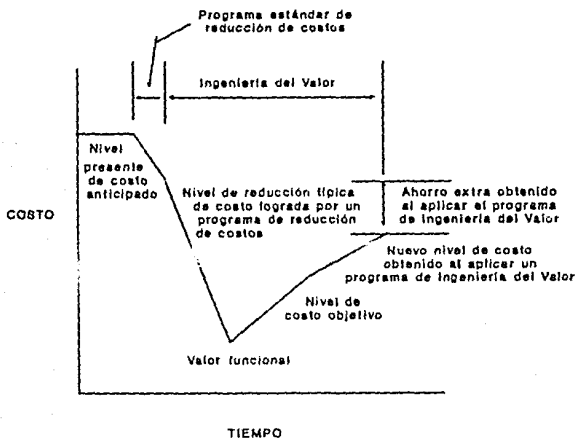


Figura (2) Ahorros adicionales obtenidos al aplicar un programa de Ingeniería del Valor.

2.1. HISTORIA.

El Análisis del Valor se desarrolló durante la Segunda Guerra Mundial, en la Compañía Norteamericana General Electric, cuando la escasez de materiales obligo a introducir muchos substitutos. El Vice-Presidente de Compras - Harry Erlicher-, noto que a menudo estas substituciones reducían los costos y aumentaban el valor del producto. La compañía trataba de encontrar la razón del porque sucedía esto. Lawrence Miles, quien trabajaba para Harry Erlicher fue

comisionado para resolver el anterior interrogante. Miles desarrollo un sistema de técnicas, las cuales el llamo Análisis del Valor, obteniendo sustanciales mejoras ocurriendo estas más bien sistemáticamente que por accidente. Estos métodos fueron adaptados a otros procesos productivos, y el nombre fue cambiado a Ingeniería del Valor.

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos adoptó la Ingeniería del Valor en 1954 cuando la Oficina Naval aplicó el concepto en acciones de procuramiento; Lawrence Miles fue el director en el desarrollo de este programa. El Secretario Robert McNamara, en 1964, expandió el programa de reducción de costos, lo cual motivó a utilizar la Ingeniería del Valor. Con el tiempo muchos estados federales y agencias del gobierno de los Estados Unidos adoptaron o consideraron las ventajas de utilizar un programa de Ingeniería del Valor.

En la Industria de la Construcción, el concepto fue implantado por Alphone J. Dell'Isola en el Mando de Servicios Navales en 1963, al ser introducidas cláusulas en los contratos de construcción del Departamento de Defensa, que incluían incentivos con el fin de que el constructor utilizara la Ingeniería del Valor. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos siguió con el programa en 1965. Algunos autores dicen que en el desarrollo de este programa fue que se dio el nombre de Ingeniería del Valor al Análisis del Valor.

La Administración de Servicios Generales de Edificios Públicos de los Estados Unidos, introdujo en sus contratos de construcción, cláusulas adicionales con incentivos no contemplados por el Departamento de Defensa.

El Servicio de Edificios Públicos fue la primera Agencia en utilizar los requerimientos de Ingeniería del Valor durante los contratos de diseño arquitectónico e ingeniería (1968). La División de Servicios de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), utilizó los servicios de consultoría en Ingeniería del Valor durante la puesta en marcha de diseños en 1968.

A principios de la década de los setenta se presentó un incremento en la aplicación de la Ingeniería del Valor, con la introducción en el Servicio Público de Construcciones (1972) de los Estados Unidos, de requerimientos de Ingeniería del Valor dentro de sus proyectos.

En este mismo año la veintava conferencia anual de la Sociedad Americana de Ingeniería del Valor (SAVE), recomendó aplicar la Ingeniería del Valor en la Industria de la Construcción. Posteriormente en 1975 la Agencia de Protección del Medio Ambiente exigió la incorporación de estudios de Ingeniería del Valor en todos los grandes proyectos para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, con un costo superior a los US 10 millones.

Organismos del gobierno de los Estados Unidos que han creado programas formales de Ingeniería del Valor para la construcción:

- U.S. Army Corps of Engineers (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos).
- Navy Facilities Command (Mando de Servicios Navales).
- Bureau of Reclamation (Oficina de Reclamaciones).
- Post Office Department (Departamento de Correo).
- National Aeronautics and Space Administration -NASA- (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio).
- U.S. Department of Transport (Departamento de Transporte de Estados Unidos).
- General Services Administration, Public Building Service (Administración de Servicios Generales, Servicio de Edificios Públicos).

Todas estas empresas han tenido éxito en la aplicación de la Ingeniería del Valor.

En el sector privado, el uso de la Ingeniería del Valor en las compañías del sector comunicaciones de los Estados Unidos fue adoptado en 1972, posteriormente otras firmas privadas fueron introduciendo el concepto a sus proyectos de construcción, incluyendo a la Canada Bell System, Dravo, Morrison Kundsen, B.F. Goodrich, Ciba-Geigy, Union Carbide y otras.

En otros países, los Japoneses introdujeron la Ingeniería del Valor en 1970, a través del auspicio del Instituto de Negocios y Administración de Tokyo. En 1978, los Italianos empezaron a utilizarla a través de la firma CHEMINT de Milán, los Australianos siguieron en 1979 a través de la Brian Farmer of Woolworth Inc y el Grupo McLachlan. En Canadá, en adición a la Bell of Canada, la British Columbia Building Corporation estableció el programa en 1978.

Actualmente se esta practicando la Ingeniería del Valor orientada a la construcción en Japón, India, Sudáfrica, Inglaterra, Francia, Suiza y Alemania.

En Latinoamérica como técnica formal, no se tienen antecedentes de haberse utilizado la Ingeniería del Valor en la ejecución de proyectos por parte de firmas o empresas locales.

El primer Seminario de Ingeniería del Valor se llevo a cabo en 1952 durante cuatro semanas con el nombre de "Seminario de Análisis del Valor". Una de las primeras organizaciones en promoverla y publicitarla fue la Asociación de Agentes de Compras de los Estados Unidos. En 1958 fue formado el sub-comité de Ingeniería del Valor. En 1959 la Asociación de Industrias Electrónicas organizo la primera conferencia en los Estados Unidos sobre la Ingeniería del Valor, en la Universidad de Pensilvania (Filadelfia). La Sociedad Americana de Ingeniería del Valor fue iniciada en Washintong, D.C. el día 22 Octubre de 1959, la cual organiza una conferencia cada

año desde 1963, y tiene organizaciones afiliadas en Inglaterra, Escocia, Canadá y otros países. La Sociedad publica mensualmente un Boletín titulado "Save Cumunicattions".

En México la Sociedad de Ingeniería Económica y de Costos tiene la intención de realizar un Seminario sobre Ingeniería del Valor en la Construcción, con apoyo de la SAVE (Sociedad Americana de Ingeniería del Valor), con duración de 40 horas, teniendo como objetivo lograr que los participantes obtengan la licencia de Ingeniero del Valor.

2.2. DEFINICION Y TERMINOLOGIA.

Terminología.

Tres términos son usados generalmente para designar el proceso de estudio del valor:

- Análisis del Valor.
- Ingeniería del Valor.
- Administración del Valor.

Estos aplican técnicas semejantes para el estudio del valor, y son sinónimos entre si.

El término más comunmente utilizado es el de Ingeniería del Valor.

Algunos autores asocian el término Ingeniería del Valor al estudio del valor de un proyecto en su fase de iniciación (Diseño Arquitectónico, Ingeniería, etc.). Análisis del Valor al estudio del valor de algo que ha sido diseñado -como el que se efectúa en el proceso de construcción,- y el término Administración del Valor al estudio del valor en las dos etapas anteriores. Esto crea algunas dificultades, ya que implica al parecer que hay una diferencia en las técnicas o en la forma en las cuales ellas son aplicadas durante las diferentes fases del programa, y contrastan con el hecho de que las técnicas del estudio del valor son en su naturaleza semejantes, y pueden ser aplicadas en igual forma.

Anteriormente al exponer el concepto de Ingeniería del Valor, se anotó que visualizando a la Industria de la Construcción como un sistema, la Ingeniería del valor puede ser aplicada a todo el sistema, a cualquier nivel del sistema, o a alguno de sus componentes; por lo cual no es conveniente dividir el estudio del valor, asignándole un nombre a cada etapa del sistema que se quiere estudiar.

En base a lo anterior optaremos por utilizar el término de Ingeniería del Valor, aplicándose a cualquier nivel y componente del sistema que en este trabajo se identificaron como Industria de la Construcción.

Definición.

En 1962, la Asociación de Industrias Electrónicas y el Comité de Ingeniería del Valor de los Estados Unidos decidió la siguiente definición:

Ingeniería del Valor es la aplicación sistemática de reconocidas técnicas las cuales:

- Identifican la función de un producto o servicio.
- Establecen el valor para la función, y,
- Procuran suministrar ésta función a un costo total más bajo sin degradar la calidad del producto o elemento estudiado.

A esta definición le fue adicionada la siguiente declaración: "Análisis del Valor es considerada como sinónimo con Ingeniería del Valor".

Alphonse J. Dell'Isola sugiere:

La Ingeniería del Valor aplica la creatividad, enfocada a optimizar el costo y/o función de las instalaciones o sistemas. A través de una metodología de investigación, los gastos innecesarios son evitados, resultando en una mejora del valor y economía del proyecto. La Ingeniería del Valor propuesta, esta encaminada a analizar estas funciones. Esto implica la eliminación o modificación de los elementos que aumentan los costos. Dentro de este proceso son considerados los desembolsos o gastos relacionados con el diseño, construcción, mantenimiento, operación, remplazo, etc.

Se considera que la siguiente definición es la que mejor encaja dentro del contexto en estudio:

Ingeniería del Valor es la aplicación consciente y sistemática, de una serie de técnicas que identifican las funciones necesarias, establecen valores para estas funciones y desarrollan alternativas para realizarlas a un costo menor.

2.3 TIPOS DE VALOR.

Según Aristóteles, se pueden considerar las siguientes clases de valor:

Económico, moral, estético, social, político, religioso y judicial; de todos estos, solo el valor económico puede considerarse mensurable.

En la Ingeniería del Valor, valor indica un valor económico que se expresa principalmente en los siguientes tres términos:

1.- Valor de Costo. Es la suma de los costos requeridos para producir un elemento. Considerando al dinero como un medio de cambio, el cual sirve como instrumento de comparación entre los elementos.

2.- Valor Estético. Es aquel que puede hacer a un elemento deseable, además de algún uso que pueda asignarsele. En la construcción en muchos casos hay materiales o componentes menos costosos capaces de desempeñar las mismas funciones que los elegidos por el diseñador, pero debido a la apariencia o al prestigio se desean más los elementos costosos.

Para este propósito se asigna un valor en pesos al valor estético con el fin de facilitar el análisis. En algunos casos puede ser necesario decidir cual es la prima de gastos que se va a asignar a la apariencia estética de un elemento con el objeto de lograr la aceptación del proyecto en el medio ambiente. Algunas veces el valor estético puede entrar en el análisis de la función y puede suministrar la posibilidad de ser la función esencial.

3.- Valor de Uso. Es el valor asignado a un elemento de acuerdo a las funciones o servicios que aporta al proyecto. En un extremo, si algo no tiene ningún uso, no tiene valor y se descarta, en el otro la inclusión de un elemento en un proyecto puede ser muy importante para su operación por su alto uso. La función que realiza un elemento esta estrechamente relacionada con el valor de uso.

El valor de intercambio es poco utilizado en los estudios de Ingeniería del Valor.

En la Ingeniería del Valor se consideran una o todas las formas de valores anteriores, y se dice que:

"El Máximo Valor se obtiene cuando se logra una función esencial a un costo mínimo".

Esta definición puede ser expresada matemáticamente en términos generales de la siguiente forma:

$$V_{\text{máx}} = \frac{F}{C_{\text{mín}}}$$

$V_{\text{máx}}$ = Máximo Valor.
 F = Función.
 $C_{\text{mín}}$ = Costo mínimo.

El valor varía inversamente con los costos, permaneciendo la función constante. Muchas veces el esfuerzo de Ingeniería del Valor no resulta en una reducción de costos, sino en una mejora de la función, y consecuentemente en el valor, permaneciendo los costos constantes.

Esta ecuación ilustra una diferencia fundamental entre la Ingeniería del Valor y los procesos normales de reducción de costos, en que un incremento en el valor no resulta de una reducción de costos, y puede ir acompañada de un incremento en la función.

3.0 METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE LA INGENIERIA DEL VALOR

Los principales conceptos en los cuales se apoya la metodología son: función, costo y valor.

El análisis de la función es el elemento clave en el estudio de la Ingeniería del Valor, siendo el objetivo de ésta obtener la función requerida a un costo más bajo. Los costos juegan un papel importante en la metodología ya que son la base para estimar todos los ahorros y una guía para seleccionar las áreas en donde deba aplicarse la Ingeniería del Valor. Valor, representa llevar a cabo la función requerida a los mínimos costos, actúa como un estimulante a la creatividad, a la generación de alternativas, y a un entendimiento básico de las áreas por estudiar.

Se puede definir la función, como aquello que hace que un elemento trabaje o se venda. La palabra "trabajo" se relaciona directamente al valor de uso y la palabra "vender" se relaciona al valor de prestigio (estético).

La metodología para el estudio de la Ingeniería del Valor se basa en la elaboración de un plan de trabajo, el cual se ejecuta por fases, aplicando paso a paso todas las técnicas establecidas, de una manera organizada.

El plan de trabajo es un proceso que identifica y analiza la función, genera alternativas para su ejecución, y selecciona la de menor costo.

El número de las fases utilizadas en el plan de trabajo y los nombres con los cuales se les identifica, son materia de opiniones encontradas. Algunos autores usan cinco, otros seis y hasta siete fases; adicionalmente se pueden encontrar identificadas con diferentes nombres, pero estos son simplemente variaciones en la nomenclatura; los conceptos fundamentales del plan permanecen.

Utilizaremos las siguientes seis fases para llevar a cabo el plan de trabajo:

- Identificación de componentes.
- Información. (Valuación funcional).
- Especulación. (Creatividad).
- Evaluación y Selección.
- Presentación.
- Implantación y Seguimiento.

Para su estudio sirve de gran ayuda efectuar las siguientes preguntas acerca del elemento bajo análisis:

1. ¿Qué es?
2. ¿Qué hace?
3. ¿Cuanto cuesta?
4. ¿Cuál es el valor de la función?

5. ¿Qué otro elemento o método puede ser usado para hacer el mismo trabajo?

6. ¿Cuánto costará el elemento o método alterno?

En la tabla (1) se ilustra la secuencia de las seis fases propuestas, incluyendo sus objetivos, interrogantes, técnicas, y actividades utilizadas.

3.1 IDENTIFICACION DE COMPONENTES.

En esta fase se seleccionan las áreas del proyecto a ser estudiadas, y se determina en donde puede ser aplicada la Ingeniería del Valor.

La figura (3), ilustra que un gran potencial en el ahorro de los costos ocurre en las etapas iniciales del proyecto, esto se presta para que el equipo de Ingeniería del Valor pueda seleccionar las áreas de estudio en las primeras etapas.

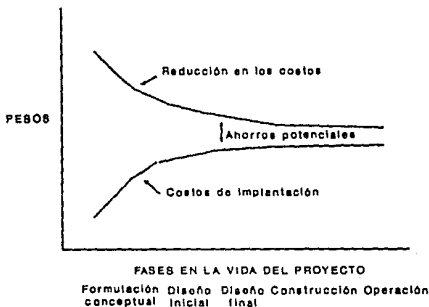


Figura (3)
Potencial de ahorros en las diferentes etapas del proyecto al implantar la Ingeniería del Valor.

El proyecto que será objeto de análisis, deberá en primera instancia dividirse en sistemas, subsistemas o elementos funcionales, (a los cuales normalmente se les asigna un costo), siendo en estos donde se aplicará el estudio de Ingeniería del Valor.

Una regla general es aplicar los estudios a las áreas que presentan los mayores costos en el proyecto, o áreas que en el pasado han ocasionado altos costos y dificultades en su construcción; además de identificar áreas que tengan ahorros potenciales y en las que se puedan eliminar costos innecesarios.

Las áreas a estudiar se establecen en base a los siguientes parámetros:

FASES DEL PLAN DE TRABAJO

Fase	Objetivo	Pregunta	Técnicas y Actividades.
1) Identificación de componentes	Seleccionar área de estudio	¿Qué se va a estudiar? ¿Qué debe conocerse de antemano antes de iniciar el estudio?	Solicitar ideas para el proyecto. Identificar los elementos con alto costo. Identificar las áreas de ahorros potenciales Ley de Pareto.
2) Información (Valuación Funcional)	Definir las funciones	¿Qué es? ¿Qué hace? ¿Cuanto cuesta? ¿Cuál es su valor?	Recolección de la información. Análisis de la función (Nivel de abstracción, S. técnico para el análisis de la función - STAF) Evaluación Funcional (Cociente costo/valor) Gráficas
3) Especulación (Creatividad)	Generar alternativas	¿Qué otro elemento o método puede ser usado para hacer el mismo trabajo o ejecutar la función? ¿En que otra parte se puede realizar la función?	Lluvia de ideas (Pensamiento creativo). Juicio diferido
4) Evaluación y Selección	Evaluación y selección de la alternativa con menor costo.	¿Cuál es el costo de la alternativa? ¿Cuál de las alternativas puede realizar la función requerida? ¿Cuál es la alternativa de menor costo?	Costeo del ciclo de vida Evaluación ponderada. Seleccionar la mejor alternativa.
5) Presentación	Presentar la alternativa seleccionada	¿Método de presentación? ¿Cuál es el mejor método? ¿Cuánto se ahorrará?	Planear la presentación Lluvia de ideas Gráficas Uso de audiovisuales.
6) Implantación y Seguimiento	Implantar la alternativa y realizar una auditoría o comprobación a los resultados.	¿Quién implantará? ¿Qué recursos extras se pueden necesitar? ¿Cuáles son los cambios extras que se deben hacer? ¿Funciona la alternativa? ¿Costo real? ¿Satisface las expectativas?	Poner el plan en acción Incorporar el elemento recién diseñado al diseño global del proyecto. Solicitar retroalimentación al usuario Presentar informes del progreso.

Tabla (1)

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA INGENIERÍA DEL VALOR

- a) Estimativos preliminares de los ahorros potenciales.
- b) Tiempo requerido para la investigación y análisis.
- c) Tiempo y costo de implantación si se altera el elemento.
- d) Probable aceptación de los cambios propuestos.

Algunas técnicas son utilizadas en la selección de las áreas del proyecto a ser estudiadas, entre la que se encuentra las reglas del 20-80 por ciento de Pareto que facilita identificar las áreas en donde se concentran los mayores costos, sugiriendo que el 20 por ciento de los elementos ocasionan el 80 por ciento de los costos; esta distribución se muestra en la figura (4).

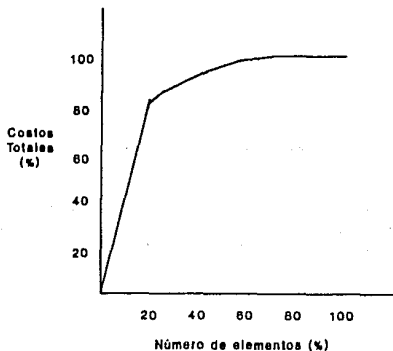


Figura (4)
Ley de distribución de Pareto

3.2 FASE DE INFORMACION

En esta fase se identifica y define claramente la función o funciones de un elemento en el proyecto.

El proceso de la fase de información se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Recolección de la información.
2. Análisis de la función - Se define la función utilizando un verbo y un sustantivo, determinando las funciones básicas y secundarias.
3. Evaluación Funcional - Se determinan los siguientes parámetros:
 - Costo del elemento, dividiéndolo entre las funciones primarias y secundarias.
 - Valor de diseño de las funciones críticas, por comparación con otro elemento que tenga una función semejante o que sea de forma, tamaño o materiales análogos. Se pueden utilizar los costos históricos.
4. Hallar el cociente costo/valor, con esto se puede determinar si el elemento bajo estudio tiene poco valor o un costo alto.

Durante la fase de información se examina el elemento bajo consideración y se hacen las siguientes preguntas:

- a) ¿Qué es?
- b) ¿Qué hace?
- c) ¿Cuanto cuesta?
- d) ¿Cuál es su valor?

Otras preguntas que deben ser consideradas durante esta fase incluyen:

- a) ¿Cuanto tiempo de haberse realizado tiene el diseño en estudio? La edad del diseño es importante ya que se puede considerar una posible sustitución de materiales y/o métodos por el desarrollo de nuevas tecnologías.
- b) ¿Qué sistemas alternos, materiales o métodos fueron considerados durante el concepto original?
- c) ¿Qué problemas especiales fueron, o son ahora, únicos en este sistema o elemento en estudio?
- d) ¿Cuál es el uso repetitivo de este diseño?

El formato (1) es una guía para acopiar este tipo de información.

3.2.1. Recolección de la Información.

Inicialmente se debiera realizar una recolección de información con respecto a las diferentes variables que intervienen en el elemento, y que son necesarias o requeridas para ejecutar la función.

Se debe recolectar la información más actualizada y de la fuente más confiable. La información se obtiene de la fuente original, de autoridades reconocidas tales como: consejos de normas, instituciones académicas o de investigación. Se deben incluir los conceptos que se requieren para ejecutar la función como: exigencias del dueño, especificaciones, leyes, reglamentos, requerimientos de programa, etc.

La constante evolución en la tecnología origina que las personas que intervienen en el estudio de la Ingeniería del Valor se mantengan al corriente de las nuevas ideas y técnicas. Continuamente surgen hechos que no eran conocidos en el momento del diseño original, por lo tanto, la información recabada debiera estar actualizada. Las decisiones concernientes a la Ingeniería del Valor pueden carecer de validez si la información no esta completa o no es la apropiada.

3.2.2. Análisis de la función.

El análisis de la función comienza con un listado de los componentes del elemento y de las funciones a ser ejecutadas por estos. Una clara y concisa descripción de esas funciones debe ser generada y se debe clasificar cada función como básica o secundaria.

ESTUDIO DE INGENIERIA DEL VALOR

Estudio No.

Fecha de estudio

Título del estudio

Lider del equipo:

Miembros del equipo

Describir el problema a ser estudiado.

Formato (1)
Acopio de la información

3.2.2.1. Definición funcional.

Para facilitar el análisis de la función; la función de algún elemento es definida literalmente por dos palabras: *Un Verbo* y un *Sustantivo*.

El verbo responde a la pregunta ¿Qué hace?. Esta pregunta concentra la atención sobre la función más bien que sobre el diseño en particular. Esta es una razón que muestra la diferencia con los métodos tradicionales de reducción de costos, los cuales hacen la pregunta ¿Qué es?, y concentran los esfuerzos en tomar elementos iguales menos costosos para responder a la pregunta ¿Cómo pueden reducirse los costos de diseño?. Los métodos tradicionales para reducir los costos dan poca importancia a la función que se necesita para que el elemento realice su trabajo.

El análisis de la función obliga a pensar en porque un elemento es necesario.

Un sustantivo mensurable junto con un verbo suministra una descripción de la función, lo cual establece un estado cuantitativo.

Las funciones que contienen un verbo y un sustantivo no mensurable son clasificadas como funciones de venta. Ellas establecen estados cualitativos.

Las ventajas de utilizar un verbo y un sustantivo son:

- a) Obliga a ser conciso en el estudio de la función. Si no se puede definir la función en dos palabras; se puede decir que no se tiene suficiente información o no hay un entendimiento del problema.
- b) Evita combinar diferentes funciones, asegurando que solo una función puede ser definida todo el tiempo.
- c) Facilita la distinción entre función básica y secundaria, ayudando a identificar cada función en la forma más específica posible.

Algunos verbos y sustantivos típicos, que pueden ser usados para definir la función se listan a continuación:

Verbos:

Absorber	Reducir	Interrumpir
Soportar	Disminuir	Separar
Bombear	Condicionar	Protejer
Cambiar	Filtrar	Reducir
Aumentar	Generar	Juntar
Desarrollar	Contener	Mover
Controlar	Aplicar	Colectar
Conducir	Incrementar	Soportar
Encerrar	Aislar	Protejer
Transmitir	Dividir	Excluir
Mejorar	Prevenir	Reflejar
Rechazar	Atraer	Identificar

Sustantivos mensurables:

Contaminación	Personas	Daño
Corriente	Presión	Flujo
Peso	Calor	Fluido
Carga	Sonido	Líquido
Espacio	Pérdidas	Ruido
Energía	Oxidación	Fuerza
Flujo	Agua	Protección

Sustantivos no mensurables (estéticos).

Apariencia	Efecto	Prestigio
Belleza.	Figura	Estilo
Conveniencia	Forma	Simetría
Seguridad	Recreación	Comodidad

Después de ser recolectada la información, se pueden determinar las *funciones básicas (primarias)* y *secundarias* del sistema, elemento o componentes y relacionar esas funciones a costo y valor. Un diseño generalmente tiene componentes que incluyen funciones básicas y secundarias.

La *función básica*, es el objeto primario del diseño, es la función sin el cual el elemento perdería virtualmente todo su valor, es además primordial en la tarea final. Es en ésta función donde debe concentrarse el trabajo. Un elemento puede poseer más de una función básica.

Las *funciones secundarias*, son funciones de soporte y usualmente resultan de una configuración particular del diseño. Generalmente hay más flexibilidad en la selección de alternativas para realizar la función secundaria, y de esta manera se amplía el alcance en la aplicación de la Ingeniería del Valor. Responden a la pregunta ¿Qué otra cosa puede realizar la función?. Para el objetivo del análisis de la función, muchas funciones secundarias pueden carecer de valor de uso. Generalmente contribuyen poco a los costos, y pueden no ser esenciales en la ejecución de la función básica. Donde las funciones secundarias son esenciales para la ejecución de la función básica o son requeridas por especificación se le asigna un valor.

Como ayuda para definir la función, se utilizan las técnicas del Nivel de Abstracción y el Sistema técnico para el análisis de la función. (STAF), que son descritas en el Anexo 1 y 2.

El formato (2), es una guía para describir las funciones en estudio.

BODEGAS	SUPERESTRUCTURA	SOPORTAR CARGA	
Proyecto	Elemento	Función básica.	Fecha

Unidad: Miles de pesos

Cantidad	Unidad	Componente	Función		Clase	Costo Original	Valor
			Verbo	Sustantivo			
		NIVEL DE VIGAS	Distribuir	carga	B	65124	23400
		EXCAVACION Y RELLENO	suministrar	espacio	S	7775	-
		VOLADIZO PRECOLADO	Soportar	cargas	B	72770	5000
		VIGAS COLADAS EN SITIO	Soportar	cargas	B	12430	4000
		LOSA SOBRE NIVEL	Soportar	cargas	B	22198	20000
		PISOS PRECOLADOS	Soportar	cargas	B	113425	92000
		ESCALERAS	Conectar	pisos	S	3677	-
		PILOTAJE	Soportar	cimiento	B	67451	40000
		CUBIERTA	Controlar	elementos	B	62900	2600
		MUROS DE CARGA	Soportar	pisos			
			Controlar	elementos	S	147121	100000

* Ilustración de un caso.

C/V = 2.00

TOTAL 574871 287000

Formato (2)
Análisis de la función

3.2.3. Evaluación funcional.

La función básica y las funciones secundarias esenciales son llamadas funciones críticas y son el medio necesario para que el elemento realice su trabajo. El costo total de ejecutar esas funciones críticas es conocido como el Valor de diseño o Valor estándar.

Las funciones secundarias que proporcionan valor estético son esenciales solo en la medida en que ellas sean necesarias para permitir el diseño o trabajo del elemento, produzcan renta o sean impuestas por requerimientos del propietario.

3.2.3.1. Determinación del costo.

La evaluación de la función separa los costos requeridos para la ejecución de la función básica de los costos requeridos para la ejecución de las funciones secundarias esenciales y no esenciales. Una vez que estos costos son identificados, es fácil reducir los costos de las funciones secundarias no esenciales y esto origina que el diseño sea más atractivo. La Ingeniería del Valor tendera a eliminar o reducir muchas de las funciones secundarias como sea posible, y a disminuir los costos de la función básica.

3.2.3.2. Valor de diseño o Valor estándar de las funciones críticas.

Un paso importante es el de determinar el valor de las funciones críticas o el valor de diseño.

El valor puede ser establecido por costos históricos, o por comparación al utilizar costos recabados de elementos que ejecutan funciones similares. La determinación del valor puede aproximarse, usando los costos mínimos de otros proyectos recientemente ejecutados. El precio es usado como un indicador del valor en la ejecución de una función en particular. No es necesario emplear extrema precisión en determinar estos costos ya que serán simplemente utilizados como base de comparación.

No se le asigna valor a las funciones secundarias no esenciales.

3.2.3.3. Cociente Costo/valor.

El paso final en la fase de información es el de determinar para la función el llamado Cociente de Costo/Valor, que consiste en una relación de la suma de los costos originales contemplados en el diseño para la ejecución del elemento y la suma del valor de diseño para ejecutar las funciones críticas.

El coeficiente costo/valor suministra una indicación de la eficiencia del diseño o elemento. Como regla general, elementos con cocientes de costo/valor arriba de dos son candidatos para significativos ahorros, ya que indican costos

altos y bajo valor. El aislar las áreas en estudio es de gran ayuda ya que los elementos que contienen altos costos o valores bajos se pueden identificar fácilmente. Ver formato (2).

El cociente de Costo/Valor suministra un indicio de la eficiencia del diseño o elemento.

Hay otros métodos para ejecutar el análisis de la función, uno de ellos es el de utilizar gráficas, en el cual mediante el uso de diagramas de barras horizontales, se colocan en estos los costos originales y los valores de diseño estimados para las funciones críticas, tal como se muestra en la figura (5). Posteriormente se calcula el cociente costo/valor.

Pesos (Millones)

Aguas Residuales
Proyecto

Tratar aguas.
Función básica.

Tanque de sedimentación

Elemento

Fecha

80 Colector de lodos 150

50 87 Válvulas y Tuberías.

28 84 Muros.

10 30 Losa de piso y cimentación.

10 26 Bombas.

18 Excavación.

16 Vigas y acero misceláneo.

6 Barandas - Pasamanos.

2 Cubierta sobre bombas.

2 Escaleras a bombas.

2 Electricidad.

2 Rejillas.

1.5 Ventiladores.

Valor	Costo
Costo =	426.5
Valor =	178.0
C/V =	2.40

Figura (5)
Análisis funcional utilizando diagrama de barras.

3.3. FASE DE ESPECULACION (CREATIVIDAD).

En esta fase se buscan alternativas para los resultados obtenidos en el estudio de la fase de información (Valor funcional), haciéndose la pregunta ¿Qué otro elemento o método puede ser utilizado para hacer el mismo trabajo o ejecutar la misma función ?, ¿En que otra parte se puede realizar la función?.

Utilizando técnicas de creatividad, se generan un número de ideas las cuales suministran alternativas a un costo más bajo. El objetivo de esta fase es generar ideas evitando hacer un juicio sobre ellas.

Es importante recordar que en la Ingeniería del Valor se define la función que cumple un elemento con dos palabras, un verbo y un sustantivo. La función en estudio puede ser ubicada en una escala del nivel de abstracción, desde el cual se puede elegir con más exactitud la función que se identifica con nuestro real objetivo de estudio. Al usar más de una definición funcional se pueden generar más ideas.

El uso de la definición funcional a distintos niveles de abstracción suministra diferentes orientaciones y líneas de pensamiento. La variedad de ideas puede ser incrementada al efectuar combinaciones entre ellas.

El formato (3) es utilizado como ayuda para la generación de ideas.

3.3.1. Creatividad.

Apartandonos del concepto que define a la creación como el hacer algo de la nada (algo divino), se puede decir que la creatividad es el hecho de combinar, asociar, y estructurar conjuntos originales, con base en algo ya existente.

La creatividad es algo que todos los seres humanos poseen, siendo pocos los que la desarrollan, debido a que es necesario pensar, y como dice la frase "Pensar es el esfuerzo más arduo, por eso son pocas personas lo que lo realizan".

El proceso de creatividad se inicia a temprana edad en cada persona y llega a su máximo a los 4 o 5 años. Posteriormente es restringido por los padres, el colegio, la sociedad, y ordenamientos legales; hasta perderse mucho la habilidad inherente a ser creativo. Se puede reducir o limitar la creatividad al ejecutar trabajos en base a la experiencia; lo anterior se ilustra en la figura (6).

Generación de ideas

PLANTA DE TRATAMIENTO

ADECUAR SITIO

Título del estudio

Función básica

Equipo

Esta es la etapa creativa en los estudios de Ingeniería del Valor. Se deben generar muchas ideas que cumplan con las funciones básicas que el elemento bajo estudio debe ejecutar.

1- Revisar los planos de diseño y reducir la longitud de la tubería.

2- Levantar todas las estructuras hidráulicas dos metros.

3- Eliminar las vías perimetrales.

4- Reducir el número de espacios asignados al estacionamiento.

5- Eliminar el acceso sobre el lado oeste del edificio de administración central.

6- Relocalizar el sistema de almacenamiento de lodos.

7- Conservar en su sitio la línea de agua.

8- Utilizar material de grava sobre las vías secundarias.

9- Reducir el área de estacionamiento para empleados.

10-

11-

12-

13-

14-

15-

16-

17-

18-

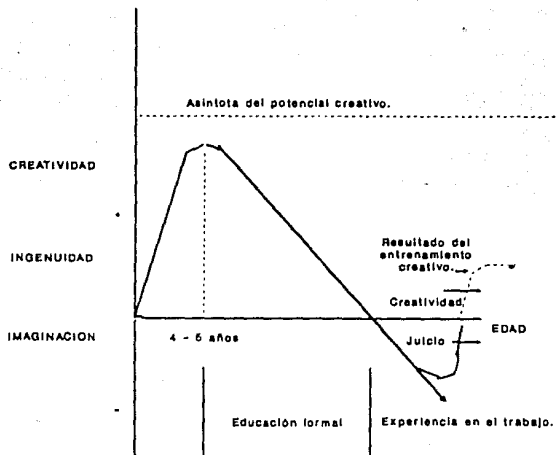
19-

20-

Listar las ideas y diferir su juicio

*Ilustración de un caso.

Formato (3) Fase de Especulación - Generación de ideas.



*Proceso de Creatividad
Figura (6)*

La regeneración de la creatividad puede ser obtenida a través del entrenamiento. Este fenómeno se indica en la gráfica por la sinuosidad de la curva. Por intermedio del entrenamiento y la práctica, la habilidad de ser creativo puede ser mejorada aprendiendo a reconocer y vencer las barreras.

La creatividad es utilizada en la Ingeniería del Valor, para generar una variedad de ideas. Ayuda a mejorar el valor del proyecto, al incrementar la probabilidad de seleccionar la mejor idea durante las fase de evaluación y selección.

La creatividad encuentra una gran aplicación en la fase de especulación, pero no se limita solo a ésta, en razón a que tiene muchas oportunidades de utilizarse en todas las fases del plan de trabajo.

3.3.2. Uso de la creatividad en el plan de trabajo.

i) Fase de Información: En esta fase la creatividad ayuda a definir el problema y al sistema o elemento a ser estudiado, a generar un listado de las funciones que posee el sistema o elemento, y a definir la función en base a dos palabras (Un verbo y un sustantivo).

ii) Fase de Especulación: La creatividad ayuda a desarrollar una variedad de alternativas para ejecutar la función básica y las funciones secundarias esenciales requeridas por el sistema o elemento al cual se le quiere incrementar su valor.

iii) Fase de Evaluación y Selección: Lista criterios, los cuales son comparados y evaluados con las alternativas generadas.

iv) Fase de Propuesta: La creatividad en ésta fase ayuda a encontrar el camino para seleccionar la alternativa recomendada, así como también a anticiparse a posibles barreras, objeciones, u obstáculos que puedan presentarse para oponerse a la propuesta. Después de que la propuesta ha sido aprobada, ayuda a encontrar vías para asegurar que la alternativa seleccionada sea implantada de acuerdo al plan y programa.

Varias técnicas son identificadas para realizar el pensamiento creativo y generar ideas, una de estas es la Lluvia de Ideas que se expone en el anexo (3).

3.4 FASE DE EVALUACION Y SELECCION.

Todas las ideas y alternativas propuestas en la fase de especulación se someten a consideraciones críticas relativas a la factibilidad física, conveniencia económica y posibilidad financiera. La crítica que antes estuvo fuertemente contenida, debe ahora desbordarse libremente y sin contemplaciones. El inicio de esta fase marca el momento del análisis exhaustivo de cada una de las ideas generadas en la fase anterior.

La alternativa seleccionada será la que ejecute la misma o mejor función por un costo menor; podría aceptarse (como se comento al principio del trabajo), una alternativa que ejecute una mejor función aunque el costo permanezca constante, y si se incrementa, este aumento no sea tan grande como para no merecer el nuevo valor real del producto o servicio.

3.4.1. Evaluación.

Debido a que en la fase de especulación se obtienen normalmente un conjunto de ideas concebidas sin ninguna crítica, algunas de estas serán imposibles de realizar. Un primer paso es someter todas las ideas a una evaluación, clasificando las alternativas propuestas en base a los siguientes criterios:

- a) Factibilidad física
- b) Conveniencia económica
- c) Posibilidad financiera.

Se comparan las alternativas, ponderando las ventajas y desventajas de cada una, agrupando los costos en orden, y asegurandose de que se satisfacen todos los requisitos funcionales.

En el proceso de revisión de las ideas, se deberán efectuar las siguientes consideraciones; ya que resulta dispendioso realizar una completa investigación de todas las ideas normalmente generadas:

-Ideas que son consideradas imposibles de realizar, o que no cumplen con los requisitos del propietario son descartadas
-Ideas que tienen un alto potencial de ahorros, pero que requieren de una tecnología más avanzada que la existente, son registradas y mantenidas en reserva para ser posteriormente consideradas y evaluadas a medida que se progresa en los procesos de fabricación.

Habiendose establecido las mejores ideas generadas por el equipo de Ingeniería del Valor, ahora tienen que desarrollarse en soluciones prácticas, haciendose las siguientes preguntas:

- ¿Funcionará?
- ¿Cumplirá con todos los requisitos?
- ¿Quién tiene que autorizarlas?
- ¿Cuáles son los problemas en la implantación?
- ¿Cuáles son los costos?
- ¿Cuáles son los ahorros?

Las ideas que quedan de la revisión anterior y que son factibles de realizar son otra vez analizadas. Estas ideas son listadas, incluyendo sus ventajas y desventajas. Las ventajas pueden ser bajo costo, mantenimiento mínimo, peso ligero, etc. Las desventajas pueden ser; alto costo de mantenimiento, excesivo tiempo de construcción, o elevado número de piezas.

Cuando los miembros del grupo consideran las desventajas de cada idea en particular, se pueden hacer la siguiente pregunta ¿Cómo se puede superar esta desventaja?. El grupo realiza una lista acerca de la información, pruebas, aprobaciones, especificaciones o acciones que son requeridas para hacer que la desventaja sea aceptada y como consecuencia se pueda aplicar la alternativa. Por ejemplo, un cambio en las especificaciones o criterios de diseño pueden ser necesario.

Cada miembro del equipo es asignado a un aspecto del problema, a investigar y determinar si la desventaja puede ser superada. Durante esta fase los fabricantes, constructores, y especialistas deben ser consultados.

3.4.2. Comparación de las ideas.

Una ayuda en el proceso de evaluación puede ser la hoja de trabajo del Formato (4). La hoja de trabajo es utilizada para calificar y seleccionar las ideas que merecen ser consideradas para otra evaluación e investigación. El uso de una calificación para cada idea puede ser un tipo de técnica inducida. Para esto, si existen diez ideas a ser evaluadas, se fijará un rango de calificación de uno a diez. A la mejor idea se le asignará una calificación de uno y a la peor una calificación de diez. Utilizando esta técnica, a las ideas se les asigna diferentes rangos, lo cual origina que estas se puedan seleccionar en forma sencilla, para su posterior evaluación empleando técnicas como las que se describen a continuación.

3.4.3. Comparación de Costos. -- Costeo del ciclo de vida.

El equipo de Ingeniería del Valor puede utilizar todos los recursos de información para determinar si la alternativa seleccionada es verdaderamente la de más bajo costo, y a la vez ejecuta la función requerida sin dañar la calidad del elemento.

Un paso importante es la determinación de los costos. Una solución puede ser tomar como base el precio de adquisición más bajo o el costo inicial, pero esta decisión puede resultar en costos altos durante el ciclo de vida del proyecto. Esto es, el costo inicial puede ser bajo, pero el costo total durante el ciclo de vida del proyecto, puede ser alto, debido a que se incrementan los costos de operación y mantenimiento.

Comparación de ideas

PLANTA DE TRATAMIENTO.

ADECUAR SITIO.

Fase de Evaluación y Selección

Estudio No

Seleccione las ideas más factibles incluyendo sus ventajas y desventajas.

Idea	Ventaja	Desventaja	Calificación
1- Revisar planos de diseño.	Disminuye el costo inicial.	Rediseño.	1
2- Levantar las estructuras hidráulicas.	Disminuye el costo inicial.	Rediseño.	1
3- Eliminar las vías perimetrales.	Disminuye el costo inicial.	Ninguna aparente.	1
4- Usar grava sobre vías secundarias.	Disminuye el costo inicial.	Estética.	5
5- Reducir el área de estacionamiento para empleados.	Disminuye el costo inicial.	Ninguna aparente.	3
6- Eliminar el acceso sobre el lado oeste.	Disminuye el costo inicial.	Reduce accesibilidad.	5
7- Conservar en su sitio la línea de agua.	Disminuye el costo inicial.	Ninguna aparente.	1

* Caso ilustrativo.

Se debe comprobar la información con asociaciones de comercio, sociedades técnicas, reportes de investigaciones, especialistas, y especificaciones utilizadas por las entidades, de tal manera que confirmen la factibilidad de las ideas.

Formato (4) Comparación de las ideas.

La Ingeniería del Valor considera los costos totales generados durante el ciclo de vida del proyecto (Diseño, construcción, operación, mantenimiento, adquisiciones, y recuperación).

Es recomendable utilizar hojas de trabajo para organizar la información sobre el costo de las alternativas seleccionadas. La primera acción es determinar el costo inicial de la alternativa, Formato (5); la segunda acción es determinar un nuevo estimado

El formato (6) es una guía de trabajo para obtener los costos totales del ciclo de vida. En estas hojas de trabajo se determinan los costos anticipadamente; para su estimación se efectúa un juicio de las diferentes variables que intervienen durante el ciclo de vida del proyecto, (Costo del dinero en el tiempo, inflación, devaluación, estabilidad económica y política, etc). Por eso es vital que estas variables sean estudiadas por el equipo de trabajo para incrementar la probabilidad de emitir juicios acertados.

En el anexo (4) se expone el concepto del costeo del ciclo de vida de un proyecto, y se explica en detalle las técnicas utilizadas para su determinación.

3.4.4. Evaluación Ponderada.

Después de seleccionar las alternativas sobre la base de los costos, es posible considerar otros elementos, a los cuales no se les puede asignar fácilmente valores en pesos. (seguridad, durabilidad, estética, facilidad de venta, etc).

En el anexo (5), se expone una metodología para el análisis del costeo del ciclo de vida incluyendo la evaluación por ponderación, esta técnica es utilizada en el estudio de la Ingeniería del Valor. Formatos (7) y (8).

Después del uso de esta técnica, el equipo selecciona la alternativa de más bajo costo y mayor puntaje en la evaluación ponderada para ser propuesta al propietario o diseñador.

Fase de información.

Elemento	Cantidad	Mano de Obra.		Material		Costo Total
	N Unidades	Precio Unit.	Total	Precio Unit.	Total	

Formato (5)
Determinación del costo inicial.

Fase de Información.

Elemento: SISTEMA DE AIRE AC. Ciclo de vida: 20 años. Fecha: _____	Original		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
	Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente
COSTOS INICIALES Y COLATERALES.								
Costo Base		\$816,000		\$536,000		\$738,000		
-Costos de Interfase								
a. Eléctricos.		\$120,000		\$100,000		\$160,000		
b.								
Otros costos iniciales.								
a. Equipo suplementario.		\$64,000		\$64,000		\$2,000		
b.								
Total Costos Iniciales.		\$1,000,000		\$700,000		\$900,000		
COSTOS DE RESCATE Y REMPLAZO.								
1. Año <u>8</u> Factor de VP <u>10%</u> Interés 0.4665			\$200,000	\$93,300				
2. Año <u>10</u> Factor de VP 0.3855					\$200,000	\$7,710		
3. Año <u>16</u> Factor de VP 0.2176	\$10,000	\$2,180	\$200,000	\$43,520				
4. Año <u>20</u> Factor de VP 0.1486								
Rescate <u>20</u> Factor de VP 0.1486	(\$80,000)	(\$11,890)	(\$100,000)	(\$14,860)	(\$75,000)	(\$11,145)		
Costos totales de rescate y remplazo		(\$9,710)		\$121,960		(\$3,435)		
COSTOS ANUALES								
Costos anuales <u>10%</u> Interés								
a. Mantenimiento								
Rata de Escal. <u>0%</u> Factor VPA 8.5135	\$25,000	\$212,840	\$20,000	\$170,270	\$16,000	\$136,216		
b. Operación.								
Rata de Escal. <u>0%</u> Factor VPA 8.5135	\$30,000	\$255,405	\$35,000	\$297,975	\$25,000	\$212,840		
c. Otros								
Rata de Escal. <u>0%</u> Factor VPA								
Costos totales anuales		\$468,245		\$468,245		\$349,056		
COSTOS TOTALES EN VALOR PRESENTE.		\$1,458,535		\$1,290,205		\$1,245,621		
AHORROS EN VALOR PRESENTE DURANTE EL CICLO DE VIDA				\$168,330		\$212,914		

VP= Valor Presente

VPA= Valor Presente de la anualidad.

* Ilustración de un caso.

Formato (6) Análisis del costo de ciclo de vida - Método del Valor Presente

Fase de Evaluación y Selección.

Procedimiento para la evaluación ponderada.

Proyecto	Elemento	
Equipo	Fecha	
CRITERIO	PESO	CALIFICACION
A. COSTO INICIAL	8	6
B. ESTETICA.	2	1
C. MANTENIMIENTO.	9	7
D. VERIFICACION DE LA CALIDAD.	10	9
E. IMPACTO EN EL EQUIPO MECANICO.	9	7
F. TIEMPO DE REDISEÑO.	6	5
G		
H		
I		

Grado de importancia

- 4. Mayor preferencia.
 - 3. Media preferencia.
 - 2. Menor preferencia.
 - 1. Nula (No prefrente)
- Un punto a cada letra/letra

Matriz para la calificación del criterio

	B	C	D	E	F	G	H	I
A	A-2	C-3	D-4	E-2	A-4			
B		C-2	D-2	E-2	B-1			
C			C-1	C-1	F-1			
D			D-1	E-1	F-4			
E				D-1	D-1			
F					E-1			
G								
H								
I								

*Caso ilustrativo.

Formato (7)
Procedimiento para la evaluación ponderada del criterio.

Fase de evaluación y selección.

Función básica.

Criterio deseado.

Listar las mejores ideas seleccionadas por calificación y técnicas de comparación. Determinar la mejor idea al compararla con el criterio deseado.

	Costo inicial	Estética	Mantenimiento	Verificar Calidad	Impacto en el equipo mecánico	Tiempo de rediseño		
	a	b	c	d	e	f	g	Total
Peso	8	2	9	10	9	6		
1. Diseño del edificio. (Proyecto actual).	16	4	18	30	9	6		83
	2	2	2	3	1	1		
2. Diseño del edificio. (Alternativa propuesta).	32	4	27	30	27	18		138
	4	2	3	3	3	3		
3. Altura del edificio (Proyecto actual).	16	4	18	30	18	6		92
	2	2	2	3	2	1		
4. Altura del edificio. (Alternativa propuesta).	32	4	27	30	27	18		138
	4	2	3	3	3	3		
5. Superestructura actual. (Concreto y acero).	8	6	27	30	18	6		95
	1	3	3	3	2	1		
6. Superestructura propuesta. (Toda en construcción de acero).	32	6	18	30	27	18		131
	4	3	2	3	3	3		
7. Procedimiento constructivo actual.	8	8	27	30	0	6		79
	1	4	3	3	0	1		
8. Procedimiento de construcción propuesto. (simplifica y estandariza).	32	6	27	20	0	18		103
	4	3	3	2	0	3		
9								
10								
11								
12								
13								

Excelente 5 Muy buena 4 Buena 3 Regular 2 Pobre 1

Buscar la mejor idea- No la perfecta.

*Caso ilustrativo.

Formato (8)

Análisis de la matriz.

3.5 FASE DE PRESENTACION (PROPUESTA).

En esta fase, las recomendaciones del equipo se resumen para presentarlas a los que toman la decisión. Esta presentación debiera hacerse por medio de la versión escrita detallando las bases que la soportan. También debiera hacerse una presentación oral durante la cual se puedan utilizar figuras, transparencias, y otros medios de comunicación. La presentación verbal habrá de ser breve y hasta donde sea posible se debiera mencionar el material que respalda la propuesta y el cual podrá ser consultado.

Durante esta fase tres acciones deberan ser consideradas para obtener una buena presentación:

- 1.- El grupo debiera hacer una revisión a fondo de todas las soluciones alternas a ser propuestas y asegurar que un alto valor y significativos ahorros serán realmente ofrecidos.
- 2.-Una buena propuesta debe ser hecha al director del proyecto.
- 3.- El grupo debe presentar un plan para implantar la propuesta. Esta acción es crítica, ya que si la propuesta no convence al director del proyecto a efectuar el cambio, todo el trabajo realizado puede ser negativo.

3.5.1. Venta de la Propuesta.

Durante la presentación de la propuesta se pueden manifestar una serie de obstáculos o barreras que deben ser superados.

En la planeación de la propuesta, se deben considerar los tipos de barreras u obstáculos que pueden ser encontrados en su presentación. Frases que pueden obstruir o arruinar la propuesta y que pueden ser comentadas por las personas que hacen la evaluación:

- Siempre se ha hecho así.
- Hicimos la prueba una vez y no resultado.
- Costaría demasiado.
- Organicemos un comité para estudiarlo.
- El jefe no lo aceptaría.
- Es una buena idea, pero ahora necesitamos algo más práctico.
- A duras penas tenemos tiempo para el trabajo del día.
- Eso no es trabajo mío.
- Lo tendremos en cuenta en el presupuesto del año entrante.
- Estoy demasiado cansado.
- ¿Qué pensaría la gente?
- Hay que esperar las condiciones propicias para hacerlo.
- Eso puede esperar.
- No puedo.
- No se como hacerlo.
- Esa solución es peor que el problema o el caso estudiado.
- Si la computadora lo hizo, debe estar bien.
- No estamos preparados para hacer eso.
- Eso exige una decisión de arriba.

- Lo hare más tarde.
- Mañana si lo hare.
- Si fuera buena esa idea, ya se me habria ocurrido antes.
- O simple y llanamente no hay tiempo.

3.5.2. Procedimiento para vender la propuesta.

El procedimiento general para enfrentar las barreras, es determinar la posible validez de estas y encontrar vías para prevenir las, o minimizar la gravedad de incidencia si llegaran a presentarse.

Algunas acciones deben ser realizadas con el fin de enfrentar las barreras, objeciones, o frases que puedan arruinar la propuesta, tales como:

- Realizar una cuidadosa investigación de todos los factores relevantes.
- Utilizar la creatividad para encontrar vías que ayuden a evitar o superar las barreras.
- Aplicar el pensamiento funcional (Usar la lógica, preguntas ¿Por qué? /¿ Cómo?).
- Acudir a las buenas relaciones humanas.

Una técnica que puede suministrar una ayuda valiosa es la de hacer una presentación verbal de los resultados al final del estudio.

Los resultados pueden ser presentados al delegado del propietario, preferiblemente con asistencia del personal de diseño. La propuesta debe exponerse en un medio ambiente creativo y se solicitaran comentarios que puedan mejorarla y facilitar su implantación. La figura (7) es un diagrama lógico de STAF, recomendable para llevar a cabo el procedimiento de venta de la propuesta.

3.5.3. Pasos específicos.

Con la ayuda de la técnica de lluvia de ideas se debera realizar una lista de las posibles barreras, objeciones, frases disociadoras y otros obstáculos; que puedan anteponerse a la propuesta.

Se evaluara cada una de las posibles barreras, obtenidas por intermedio de la lista generada en la lluvia de ideas, en términos de probabilidad de ocurrencia; y de la posible gravedad de incidencia si llegaran a ocurrir.

3.5.4. Preparación del Reporte.

Un reporte completo debe incluir:

1. Una breve descripción del proyecto estudiado, y un resumen del problema y algunas recomendaciones.
2. Los resultados del análisis funcional.

← ¿ Por qué ?

¿ Cómo ? →

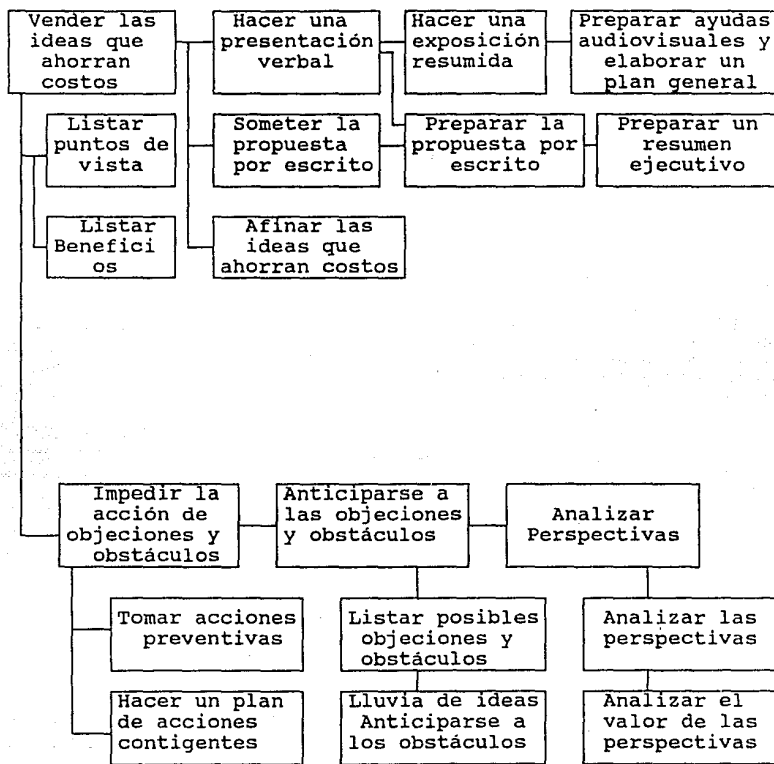


Figura (7)
Diagrama lógico ¿Por qué? /¿Cómo? para presentar la propuesta

3. Un resumen del estado previo y posterior al estudio de Ingeniería del Valor, mostrando los cambios propuestos.
4. Datos técnicos que soporten la selección de la alternativa.
5. Análisis de costos, incluyendo los del diseño actual y el propuesto, anexando los datos asociados y las cotizaciones.
6. Reconocimiento de las contribuciones dadas por otros.
7. Una exposición resumida listando todas las razones para aceptar la propuesta, y alguna acción requerida para su implantación.

3.6 FASE DE IMPLANTACION Y SEGUIMIENTO

Algunas acciones deben ser llevadas a cabo para evitar obstáculos en la implantación de un programa de Ingeniería del Valor. Las principales son:

1. Asegurarle al personal de diseño que los estudios efectuados por el equipo de Ingeniería del Valor no alteran sus decisiones. El grupo tiene solo autoridad para recomendar, dentro de una empresa cumple con los lineamientos definidos en la organización Staff, y estará enmarcado por varios principios éticos los cuales deberán ser respetados.
2. El Director del Proyecto puede participar activamente en el estudio.
3. El Director del Proyecto puede periódicamente revisar el programa para comprobar:
 - a. Qué el programa no este siendo usado para tareas ajenas a las asignadas para la implantación de la Ingeniería del Valor.
 - b. Qué el programa no se oponga a la organización, al no llevarse un seguimiento del mismo.

Teniendo en cuenta las anteriores recomendaciones, el plan se pondrá en acción, incorporando el elemento recién diseñado al diseño global del proyecto.

Se asignara la persona o personas encargadas de llevar a cabo el programa de Ingeniería del Valor; se examinaran cuáles son los cambios contractuales que se deben hacer y los recursos extras que puedan necesitarse.

En el proceso de seguimiento se evaluara constantemente si la alternativa funciona, cuál es su costo real, que ahorros podran obtenerse y si esta satisface las expectativas.

Debera buscarse una retroalimentación de todo el personal implicado en la incorporación de las recomendaciones de la Ingeniería del valor, permitiendo que se validen o auditen los resultados del programa.

Como conclusión puede decirse que todas las fases del plan de trabajo son importantes, apoyandose en el buen juicio, creatividad y relaciones humanas.

La tabla (2) indica la secuencia o flujo utilizado como base para llevar a cabo los estudios de Ingeniería del Valor en un proyecto.

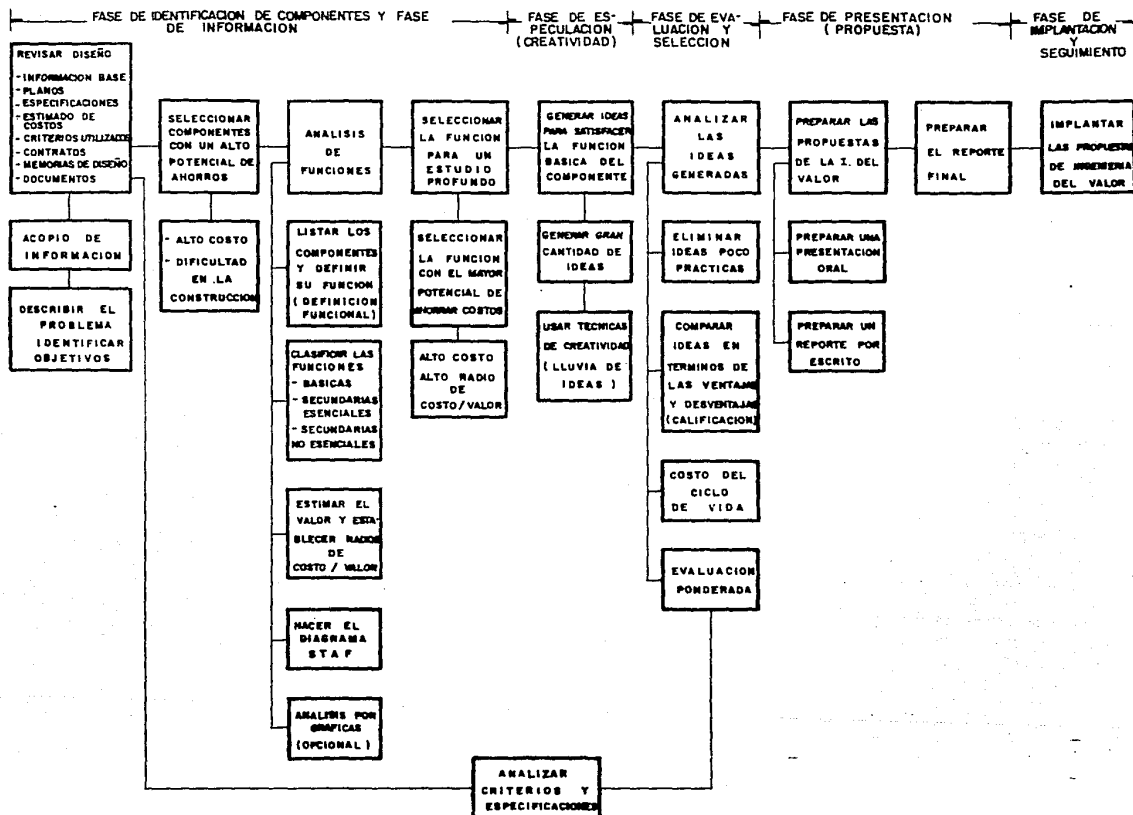


DIAGRAMA DE FLUJO UTILIZADO PARA APLICAR LOS ESTUDIOS DE INGENIERIA DEL VALOR
TABLA (2)

4.0 PROCEDIMIENTO Y ORGANIZACION PARA EL ESTUDIO DE LA INGENIERIA DEL VALOR

El estudio de Ingeniería del Valor puede iniciarse durante la fase conceptual, ingeniería preliminar, o en el diseño inicial del proyecto y podrá enfocarse sobre áreas claves en donde se efectúan decisiones importantes desde un principio, por ejemplo; áreas en donde grandes decisiones afectan al camino crítico. La implantación del estudio en la fase inicial del proyecto, reduce la posibilidad de efectuar cambios posteriores en los costos, a evitar alguna reacción y a que se utilice la frase "falta tiempo para hacer los cambios", como justificación para no adoptar las ideas.

Requisitos de programación, localización del sitio, configuración de la estructura del edificio, impacto en el medio ambiente, criterios y estándares, layout, y conceptos de sistemas son ejemplos de áreas que requieren una revisión temprana por parte de la Ingeniería del Valor, "Un estudio inicial puede ser realizado cuando la fase de diseño se encuentre en un avance no mayor del 30%".

La segunda revisión puede ser ejecutada cuando el diseño este en un proceso de avance de aproximadamente del 50% al 60%, comprendiendo un análisis detallado del diseño arquitectónico, eléctrico, mecánico, y estructural.

Finalmente, cuando el diseño este en un estado de avance del 90%, es recomendable realizar una revisión detallada para emitir un reporte final sobre las alternativas del estudio de Ingeniería del Valor a ser incorporadas y a evaluar algunos cambios que han ocurrido desde la segunda revisión, los cuales pueden haber ocasionado costos innecesarios.

En muchos proyectos donde una sola revisión por parte de la Ingeniería del Valor ha sido efectuada (generalmente cuando el diseño tiene un avance del 50% al 60%), se ha observado que la aplicación en este estado es tardía debido a que los cambios básicos resultantes son costosos para poder ser implantados.

Quando solo una revisión es propuesta, el equipo puede realizar un balance razonable entre la conveniencia de implantar las ideas de Ingeniería del Valor en las etapas iniciales del proyecto, y el potencial para aumentar los ahorros cuando la información de diseño de detalle esta siendo completada, a un nivel de 30% a 40%. Iniciar alguna revisión al diseño después de un avance del 70% no es recomendable, porque se presentarán costos asociados con los cambios de implantación en un estado tardío, y habrá una mayor resistencia de todas las partes al cambio. Algunas veces si todas las partes vinculadas al estudio entienden que el cambio o rediseño puede ser realizado, los trabajos de Ingeniería del Valor pueden resultar en ahorros significativos.

4.1 Objetivos del estudio de la Ingeniería del Valor.

Como ya se ha expuesto, el objetivo de un estudio de Ingeniería del Valor es obtener el mayor valor del proyecto por medio de la aplicación de una metodología organizada. Hay un número de beneficios que pueden obtenerse al realizar los estudios, algunos de los cuales se enuncian a continuación:

-Tiempo- La aplicación del estudio en las etapas iniciales de diseño del proyecto puede ahorrar tiempo al clarificar el alcance, reducir falsos inicios, y prevenir rediseños y presupuestos excesivos. El estudio de Ingeniería del Valor puede ser superpuesto al programa de ejecución normal de diseño, con lo cual no se necesita de tiempo adicional.

-Estandarización y Simplificación- La Ingeniería del Valor considera alternativas de simplificación y estandarización para reducir costos, a través del análisis de funciones redundantes e innecesarias.

-Ayuda a resolver problemas- La Ingeniería del Valor es una de las mejores metodologías para resolver problemas.

-Considera estudios especiales y programas- Los estudios de control de costos, medio ambiente, y el análisis del ciclo de vida económico, pueden ser llevados a cabo simultáneamente con los estudios de Ingeniería del Valor.

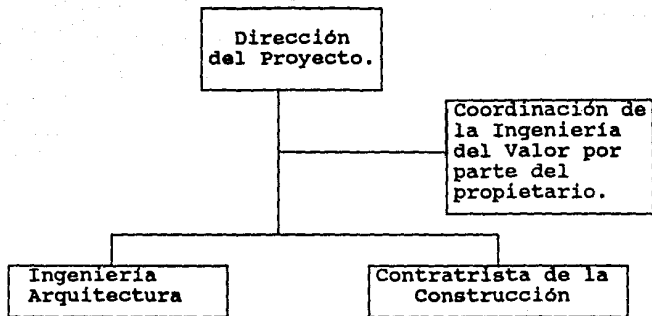
4.2 Selección del coordinador, líder y miembros del equipo de estudio.

El primer paso para implantar un programa de Ingeniería del Valor es el desarrollar un plan de estudio, seleccionar al coordinador, y al equipo que habrá de participar. Generalmente el coordinador puede ser un profesional en la Ingeniería del Valor. En los Estados Unidos un profesional en Ingeniería del Valor, es una persona que tiene una certificación de la Sociedad Americana de Ingenieros de Valor (SAVE), con una constancia o calificación equivalente a especialista en Valor. El coordinador puede ser un consultor, a no ser que el propietario o el diseñador del proyecto tengan personal calificado en su organización.

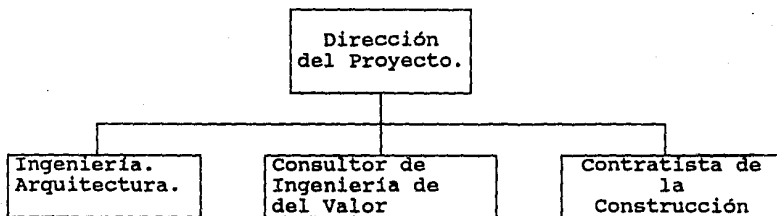
El equipo de Ingeniería del Valor puede formarse en base a personal calificado del propietario, miembros de una firma consultora, y/o miembros de la firma de diseño; ésta deberá suministrar una certificación en donde garantice que los miembros del equipo de trabajo no participan en alguna área del proyecto en estudio. Ver figura (8).

Cuando se emplea una firma ajena a la empresa, la selección del coordinador de la Ingeniería del Valor puede ser aprobada

Caso 1



Caso 2



Caso 3

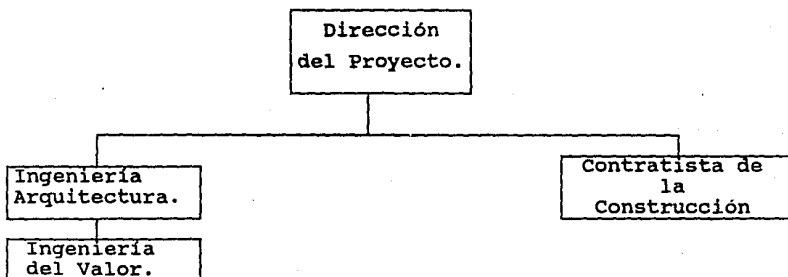


Figura (8)

Integración de la Ingeniería del Valor en un Proyecto.

por el propietario, caso (2) En general, en los Estados Unidos los estudios actuales, indican que el uso de un consultor directamente contratado por el propietario, normalmente finaliza con mejores resultados.

En la selección del coordinador y los miembros del equipo se deben considerar los siguientes factores:

a) El coordinador propuesto deberá demostrar su experiencia en el uso reciente de las diferentes técnicas utilizadas para el estudio de la Ingeniería del Valor principalmente en el área de la Construcción.

b) Los participantes propuestos para el estudio pueden tener experiencia convencional en diseño, construcción, procuramiento, operación o administración. Un equipo típico de Ingeniería del Valor tiene de tres a cinco miembros quienes dirigen con habilidad interdisciplinaria el proyecto. Para un estudio de servicios, el equipo puede estar integrado por ingenieros eléctricos, mecánicos, civiles, arquitectos, y un estimador de costos. En algunos proyectos puede ser necesario conformar más de un equipo para otras disciplinas o programas de especialidades.

"Es vital que los miembros del equipo sean completamente aislados de sus obligaciones normales durante el estudio".

Los miembros del equipo pueden ser profesionales con experiencia en su propio campo. Un líder o guía para cada equipo debe ser designado, preferiblemente con experiencia previa en estudios de Ingeniería del Valor. Otras personas que diseñan ingeniería pueden constituir una parte del total del grupo de estudio. Personal de mantenimiento y operación, asistentes de investigación, y otros con posiciones similares, a menudo pueden contribuir al estudio del valor por poseer experiencia sobre los costos totales; ellos aportaran sus puntos de vista en áreas no previamente exploradas a profundidad.

Es recomendable que el propietario tenga como mínimo un representante en las sesiones de trabajo, preferiblemente su director o administrador de proyectos. Si el propietario tiene su staff, lo ideal para él, será tener un miembro por cada equipo de estudio.

4.3. Documentación e información requerida para el estudio de la Ingeniería del Valor.

Cierta información y documentación deberá ser suministrada por el diseñador a los miembros del equipo por intermedio del coordinador del proyecto en estudio. Esto permitirá a los equipos prepararse en su particular área de estudio, y los ayudara a determinar que material de referencia puede ser empleado.

El director y el diseñador del proyecto, y el coordinador de

los estudios de Ingeniería del Valor podrán seleccionar y aceptar el volumen de información que se usara como referencia.

Copias de planos del proyecto, programación del propietario detalles de datos de costo, especificaciones, datos de diseño en borrador, y regulaciones pertinentes; son requeridos en número suficiente para permitir a los miembros del equipo investigar varias áreas simultáneamente. La disponibilidad de ésta información al inicio del proyecto en estudio es crítica para la organización apropiada de los equipos.

Los documentos necesarios para cada equipo incluyen:

1) Planos: Un juego completo de planos sera suministrado a cada equipo. Si se decide que cada equipo tenga solo una copia de los planos correspondientes a su área de estudio, se necesitará referenciarlos para que puedan ser consultados por todos los equipos. Si finalizado el diseño los planos no se encuentran disponibles, el diseñador puede suministrar un bosquejo con el levantamiento del proyecto, disposición del equipo, etc. Estos planos no deben ser necesariamente para cubrir el diseño final, pero deberan estar legibles y a escala.

2) Reporte de antecedentes: Estos reportes deben incluir la ingeniería preliminar, los requisitos del proyecto, condiciones del sitio, datos del suelo, planos del terreno, criterios de diseño, datos hidrológicos y tiempos; los cuales pueden influir en el diseño. Se deben anexas también una lista de códigos, requisitos y permisos locales. Los nombres y números telefónicos de los miembros de la firma de diseño y personal del propietario deberan estar disponibles, en caso de que se requiera alguna información adicional. El paquete completo de información puede ser discutido y aceptado solo por el diseñador y el coordinador de la Ingeniería del Valor. En la primera sesión el diseñador puede presentar el reporte de antecedentes y responder a las preguntas de los miembros del equipo de Ingeniería del Valor.

3) Datos detallados: Deben suministrarse a los miembros del equipo copias de las especificaciones, criterios de diseño y algunas regulaciones pertinentes al proyecto. Si las especificaciones no estan disponibles al momento de hacer el estudio de Ingeniería del Valor, un perfil de estas puede ser suministrado. Ellas podrán ser suministradas por el diseñador quien también deberá listar la filosofía del diseño, exponer las alternativas que fueron consideradas y presentar los primeros cálculos estructurales, mecánicos, eléctricos y/o equipo seleccionado, incluyendo un programa de necesidades.

4) Datos de costo: El equipo de Ingeniería del Valor podrá analizar y evaluar cuando se requiera, los costos originales estimados antes de la iniciación del estudio. La importancia de este paso no debe ser sobreemfatizado porque en él se estableceran las bases (costos unitarios, cantidades, etc) de comparación para otras alternativas generadas en el estudio.

El coordinador de la Ingeniería del Valor, el director del proyecto por parte del propietario, y el diseñador pueden usar en el transcurso del estudio, los mismos estimadores de costos que sirvieron de base para calcular el costo del proyecto en el diseño original. El enfoque anterior acepta los estimadores originales como válidos. Una debilidad de este enfoque es que si en los estimadores iniciales se presentan errores, el valor absoluto de todos los otros costos estimados presentarían también errores. En otros casos, el consultor de valor, si tiene la capacidad, puede contratar a un especialista de costos externo como un consultor para el estudio. El especialista de costos puede valorar una mayor cantidad de elementos y revisar los precios unitarios usados. Si se presentan diferencias significativas, el diseñador y el coordinador de la Ingeniería del Valor pueden acordar una base común para estimar los costos, por lo que el estimado original puede ser revisado.

4.4. Procedimiento de estudio

La interacción entre el director y diseñador del proyecto, el coordinador de la Ingeniería del Valor, el contratista y el propietario se relacionan en la tabla (3), la cual describe las facilidades e información que deben suministrarse al equipo.

El propietario selecciona al coordinador quien podrá desarrollar un plan detallado para el estudio, siendo este revisado y aprobado. Como se menciono anteriormente, el estudio puede ser coordinado por personal que este vinculado a la empresa, por un consultor, o por el diseñador al suponer éste que tiene personal calificado no comprometido con el diseño inicial del proyecto.

Para llevar a cabo un estudio detallado se requiere la utilización de equipos multidisciplinarios, asignandole a cada uno de estos un área de estudio, con el fin de que puedan analizar los costos innecesarios.

Posteriormente, el coordinador de la Ingeniería del Valor prepara un borrador del reporte, copia de este es presentado a los representantes del propietario y al grupo de diseño, quienes lo evaluarán. Deben reunirse el propietario, el diseñador y el coordinador de la Ingeniería del Valor para asegurar que las recomendaciones dadas no sean rechazadas por falta de entendimiento o comunicación entre el personal de diseño del proyecto y los equipos de Ingeniería del Valor. El diseñador del proyecto debe tomar acciones para incluir los cambios aprobados al diseño en ejecución (actual). El propietario debe compensar al diseñador, por algún rediseño adicional llevado a cabo para implantar los cambios, asegurandole que le serán reconocidos honorarios por este trabajo.

INGENIERIA DEL VALOR - PROCEDIMIENTO DE ESTUDIO.

Responsable	Planeación Conceptual Presupuestación Análisis del Valor.		Diseño Ingeniería del Valor.							CONSTRUCCION Propuestas de cambios originadas por la aplicación de la IV	
	Director del Proyecto	1. Selecciona el proyecto a desarrollar		5 Selecciona y autoriza el diseño a efectuar	7 Selecciona y autoriza los estudios de Ingeniería del Valor	9. Revisa y aprueba el plan de estudios	12. Suministra información al estudio	15. Revisa y aprueba las recomendaciones de la IV para darlas al diseño			21. Adjudica el contrato de construcción incluyendo incentivos
Entidad o Corporación Propietaria.	2 Selecciona el proyecto para su aprobación	4 Autoriza el diseño final					16 Revisa y aprueba las recomendaciones de la IV (opcional)		20 Revisa el reporte final mostrando las acciones aprobadas		25 Revisa la PCIV desarrollada
Coordinador de la Ingeniería del Valor	3 (Opcional) Estudio del valor o validación de costos.		8 Prepara el plan de estudio	10 Realiza un seminario de introducción al personal.	13 Realiza: Taller de estudio Evaluación del costo (opcional) Redacta el reporte Presentación oral (opcional)			18 Prepara el reporte final			
Diseño Ingeniería Arquitectura			6 Inicia el diseño		11 Suministra datos de diseño	14 Suministra datos al estudio cuando sea requerido	17. Incorpora las recomendaciones aprobadas	19 Completa el diseño		22 Hace comentarios a las PCIV a petición del propietario.	
Contratista de la Construcción										23 Somete a evaluación las propuestas de cambio - PCIV	26 Completa la Construcción

Los pasos 11 y 17 pueden ser repetidos una o más veces

Tabla (3)
Acciones a desarrollar para efectuar el proceso de estudio de la Ingeniería del Valor.

El reporte preparado por el coordinador de la Ingeniería del Valor, inducirá al propietario a implantar cada recomendación suministrada.

4.5 Relación del equipo de Ingeniería del Valor con el diseñador.

En un estudio de Ingeniería del Valor el diseñador puede reconocer, que ésta suministra una visión adicional para ir más lejos de las convencionales prácticas de diseño usadas para la optimización de los costos; y que es esencial para llevar a cabo algunos ahorros que beneficien al propietario del proyecto, los cuales pueden ser superiores a los costos del estudio. Los estudios de Ingeniería del Valor no son una reflexión sobre la capacidad profesional del diseñador, si no que intentan realizar mejoras sobre el resultado del diseño original. Es un trabajo que tiene como objetivo encontrar innovaciones que puedan ser introducidas en el diseño, con el fin de llevar a cabo la función básica a un precio más bajo.

La tabla (3) indica los datos a ser suministrados por el diseñador con el objeto de ser utilizados en los estudios.

Un elemento importante es que algún trabajo adicional requerido para efectuar algún rediseño o suministrar datos para el estudio de la Ingeniería del Valor, es estimado y su costo pagado al diseñador.

4.6 Relación del equipo de Ingeniería del Valor con el constructor.

Un mayor énfasis esta siendo dado a la Ingeniería del Valor durante las fases iniciales del ciclo de un proyecto, donde pueden presentarse grandes oportunidades para llevar a cabo ahorros. Algunas veces, los propietarios reconocen que los contratos de construcción pueden también contribuir a obtener ahorros en los costos, al éstos facilitar la identificación de ahorros potenciales en los componentes para la construcción de un elemento o sistema. Los propietarios pueden alentar y promover la utilización de la Ingeniería del Valor, al incluir incentivos en sus contratos de construcción que consideren su aplicación. El contratista comparte con el propietario, los ahorros obtenidos en la ejecución del contrato. Este concepto será descrito en el capítulo 5.

4.7 Intensidad de los estudios de Ingeniería del Valor en un proyecto.

Dependiendo del tamaño y complejidad del proyecto, el trabajo de Ingeniería del Valor durante el desarrollo de el diseño puede variar desde el uso de un equipo y un estudio, al uso de múltiples equipos y/o múltiples estudios.

Cuando un proyecto ha sido dividido en distintos pasos secuenciales, el trabajo de Ingeniería del Valor requerido se

ve incrementado al ser necesario realizar pequeños estudios, incluyendo la coordinación, revisión y reporte de costos. Estos factores muestran como diferentes niveles de estudios de Ingeniería del Valor pueden ser adoptados para cada proyecto en particular.

El nivel propuesto puede tener una relación razonable con el potencial de ahorros, los cuales pueden ser de 10 a 1 con respecto al costo de los estudios; este índice se puede establecer como un objetivo.

Es factible determinar que para contratos con un valor superior a un monto establecido, puedan incluirse cláusulas para incentivar la utilización de los estudios de Ingeniería del Valor.

4.8 Costo de los estudios.

Como una guía, los costos de los estudios de Ingeniería del Valor, están entre el 0.20% y 0.50% de el costo de construcción.

Los honorarios para ejecutar el estudio de Ingeniería del Valor, pueden ser presupuestados por el número de horas-hombre requeridas, por el costo unitario de hora-hombre, o por costos globales.

Los servicios de Ingeniería del Valor pueden ser considerados como un servicio profesional y se debe procurar incluirlos como un contrato adicional, utilizando los mismos conceptos que son aplicados en los contratos de diseño de servicios; o a través de los contratos de arquitectura e ingeniería.

5.0 APLICACION DE LA INGENIERIA DEL VALOR EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

El alto costo del dinero, la incursión en el mercado de nuevas compañías dedicadas a la construcción, y la utilización de esquemas diferentes para la ejecución de las obras de infraestructura en diferentes países; ha originado que en la construcción pública y privada se busquen e implanten otros mecanismos que abatan los costos y le den un mayor valor al proyecto. Las anteriores variables, ha originado que en países como los Estados Unidos se haya instaurado en los proyectos la utilización de la Ingeniería del Valor, como una metodología de estudio para obtener una mejor función de los recursos y un incremento en su rentabilidad.

La Ingeniería del Valor puede ser implantada como complemento a las otras ingenierías y metodologías utilizadas en la evaluación de proyectos, tales: como la Ingeniería Financiera, Ingeniería de Costos e Ingeniería Económica. Las compañías, dependiendo de su tamaño pueden instaurar inicialmente un programa de Ingeniería del Valor, y a medida que se originen especialistas en este ramo utilizar los servicios de un consultor.

En los Estados Unidos varias entidades oficiales y empresas del sector privado han utilizado los servicios de la Ingeniería del Valor en las dos modalidades expuestas anteriormente, obteniendo significativos ahorros en los proyectos. A manera ilustrativa se presenta la relación entre los ahorros obtenidos y los costos de los estudios de Ingeniería del Valor de cuatro proyectos realizados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente en los Estados Unidos.

Dolares (miles)

PROYECTO	Costo original estimado	Estado de avance (diseño)	Ahorros estimados	Ahorros después de la implant	Costos de la I.del V	Rel. A/C
1.Planta de tratamiento	40.000	99 %	700	450	50	9:1
2.Planta de tratamiento	7.500	15 %	1.100	1.100	50	22:1
3.Estación de bombeo	2.500	100 %	83	69	15	4:1
4.Planta de tratamiento	24.000	60 %	960	960	35	27:1

En los resultados se observa que la mayor relación se obtiene cuando la Ingeniería del Valor se aplica en las etapas iniciales de diseño del proyecto.

Factores a ser considerados para la aplicación de la Ingeniería del Valor en la Industria de la Construcción.

Como se ha expuesto anteriormente los grupos que en mayor grado impactan los costos de un proyecto son: el propietario o las entidades contratantes a través de sus especificaciones, estándares, y criterios; y el diseñador por intermedio de sus decisiones. Ver gráfica (9).

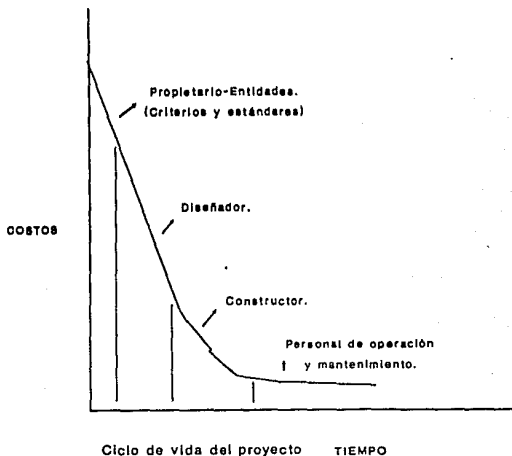


Fig (9) Influencia de las decisiones sobre los costos.

Sobre lo anterior se puede agregar que las entidades oficiales que intervienen en la concepción, diseño, y construcción de un proyecto, en ocasiones fundamentan éste en base a criterios utilizados en países desarrollados. Otras veces a los proyectos se les incluyen especificaciones que fueron concebidas para obras que se realizan en regiones y medio ambiente diferentes; originando que en algunos casos estas especificaciones sean excesivas o en otros deficientes. En este punto la Ingeniería del Valor puede ayudar a ubicar parámetros y variables realistas que encajen mejor dentro de la concepción del proyecto.

La tendencia en los países industrializados, de ser más especializados en un área, limita al hombre a desempeñar pocas actividades y ha concentrarlo en una sola función. En latinoamérica el ser humano ha incrementado las funciones que realiza la mano de obra, materiales, equipos, etc; utilizando el ingenio, en razón a que a tenido que hacer frente a la limitación de recursos (principalmente dinero y

tecnología). Esta mentalidad encaja y puede ayudar a entender e implantar la filosofía de la Ingeniería del Valor.

Otro factor a considerar, es hacia que etapas o áreas del proyecto el dinero del inversionista o propietario es utilizado en mayor porcentaje, tal como en el período de diseño, construcción, mantenimiento u operación. Este factor varía dependiendo de la clase, tipo y duración del proyecto. Al localizar la áreas que consumen la mayor cantidad de dinero, la Ingeniería del Valor entra a estudiar las diferentes variables que intervienen en estas.

En la ejecución de un proyecto de construcción intervienen varias disciplinas (Civil, Arquitectura, Mecánica, eléctrica, etc), un paso importante es identificar y determinar las disciplinas que en mayor grado impactan en los costos.

En la Ingeniería del Valor un factor importante a ser considerado, es la validez de los estimados para calcular los costos (índices). Los estimados de costos pueden ser desarrollados usando una base aproximada (presupuesto, concepto, tabuladores).

La figura (3) indica los ahorros potenciales que se obtienen en las diferentes etapas de un proyecto por medio de la aplicación de la Ingeniería del Valor, se observa que en las etapas de concepción y diseño del proyecto se obtienen los mayores ahorros, decreciendo en las etapas de construcción, operación y mantenimiento. De otra forma los costos de implantar los estudios aumentan en las etapas posteriores. Lo anterior induce a realizar los trabajos y estudios en las etapas iniciales. Este análisis ha sido tratado varias veces en este trabajo por considerarse de importancia.

Otro factor tratado anteriormente en la fase de identificación de las componentes a analizar, es la aplicación de la Ley de Pareto al proyecto, donde generalmente el 80% de los costos es causado por el 20% de los elementos. Figura (4).

La forma convencional de efectuar los proyectos en latinoamérica ha sido la de asignar a una empresa o varias empresas la ejecución de cada una de las etapas necesarias para concebirlos. Es así: como intervienen empresas para las etapas de planeación, diseño, construcción, supervisión, operación, mantenimiento, etc. Una forma de eficientar el proceso es aplicar el enfoque de sistemas, y una manera de lograrlo puede ser por intermedio de la Gerencia de Proyecto.

5.1 Aplicación de la Ingeniería del Valor al Diseño.

Como se ha comentado en el transcurso del presente trabajo, en la etapa de diseño se pueden obtener grandes ahorros al ser aplicados los estudios de Ingeniería del Valor.

La Ingeniería del Valor interviene eficientemente en el análisis del diseño conceptual y de detalle. Las mejoras que

resulten al ser aplicada en el diseño conceptual se traducirán en ahorros de los costos, la aplicación en la etapa de Ingeniería de Detalle puede eliminar fallas, y perfeccionar el diseño. "Una revisión del diseño original por parte del equipo de Ingeniería del Valor servirá para mejorarlo".

El proyecto en su etapa de construcción da poca oportunidad para efectuar prototipos de prueba, debido a sus altos costos y a las presiones que existen sobre las personas que tienen a cargo la obra, las cuales se enfocan en obtener alta producción, cumplir con el tiempo estipulado, obtener recursos, realizar funciones administrativas, etc. El diseño final deberá incluir todos los aspectos importantes y detalles para ejecutar el proyecto; se debe evitar que en obra se presenten continuamente dudas e interrogantes sobre la información contenida en el diseño.

La aplicación de la Ingeniería del Valor en el diseño requiere que continuamente se este obteniendo información en relación a los últimos avances tecnológicos, innovaciones en los procesos de construcción de las obras, experiencias de la empresa y otras entidades que intervienen en la Industria de la Construcción.

Al personal de diseño se le dara una instrucción y se le hara ver las ventajas que tiene la aplicación de la Ingeniería del Valor, este paso es importante debido a que éste personal por medio de sus decisiones tiene gran incidencia en los costos del proyecto. El programa puede ser establecido a un nivel administrativo donde se puedan cambiar criterios de diseño, modificar estándares establecidos, y tener acceso a los costos de operación y mantenimiento.

En un análisis preliminar, el estudio se puede aplicar a áreas en donde se detectan altos costos o bajo valor, al desarrollar alternativas de diseño.

En épocas recientes se han presentado crisis energéticas originadas principalmente por motivos políticos, impactando en la operación de proyectos que requieren de estos recursos; lo cual ha ocasionado que se busquen alternativas para evitar su dependencia y vulnerabilidad a variables que no se puedan controlar. Un ejemplo de lo anterior es la utilización actual del alcohol como combustible para autos en Brasil, el empleo de la energía solar como fuente para calentar agua en grandes conjuntos habitacionales en Bogotá (Colombia), o la utilización del gas natural como fuente energética para el proceso de obtener hierro en México. Esto confirma lo expresado inicialmente en el presente trabajo en relación a que la Ingeniería del Valor ha sido utilizada en latinoamérica, pero no siguiendo una metodología formal.

5.2 Aplicación de la Ingeniería del Valor en la Construcción.

Es común observar en los procesos de construcción, actividades que se realizan de manera repetitiva a las cuales se les puede aplicar un estudio de Ingeniería del Valor, con el fin

de obtener ahorros en los costos de ejecución que beneficien al contratista, situándolo en una posición ventajosa cuando se hacen ofertas o concursan obras. Los contratistas normalmente se inclinan por ejercer su actividad en un área específica, ejecutando obras como terracerías, concreto, mampostería, estructuras, instalaciones hidráulicas y sanitarias, pavimentos, etc.

La implantación del concepto de Ingeniería del Valor en una empresa de construcción puede introducirse gradualmente, concientizando al personal de que considere su aplicación, esto se puede lograr inicialmente al darse una capacitación e ilustrar las ventajas de utilizar los estudios.

Las posibilidades de poder aplicar la Ingeniería del Valor en la etapa de construcción de un proyecto están en donde se encuentran los conceptos con un costo elevado.

Se debe contemplar en las licitaciones y ofertas que los contratistas presenten como un procedimiento normal especificaciones, normas, y métodos alternativos para ejecutar el proyecto. Estos en un gran porcentaje poseen habilidades o equipos especiales que, si los ponen en juego, reducen el costo de la construcción, dándoles una ventaja cuando concursan por una obra. "La Ingeniería del Valor puede afinar un estimado antes de la presentación de la oferta".

Los contratistas pueden estimular programas continuos de Ingeniería del Valor en sus propias especialidades, alentando las sugerencias de las personas que intervienen en los procesos y de las cuales se pueden obtener importantes ahorros, al ser aplicados a un trabajo tradicional y repetitivo.

Para que el contratista se sienta alentado a aplicar e implantar los estudios de Ingeniería del Valor en la construcción, es necesario que el contratante o propietario del proyecto incluya en los contratos, cláusulas que estimulen su utilización y consideren la participación económica del contratista en los beneficios o ahorros obtenidos. Este punto será tratado detalladamente en el inciso 5.4.

5.3 Ingeniería del Valor aplicada al mantenimiento.

Se aplica en los programas de mantenimiento al realizar un examen de los sistemas, equipos, servicios, y suministros; con el propósito de lograr las funciones esenciales al costo total más bajo. Para cumplir con este esquema, el programa de Ingeniería del Valor debe enfocarse desde la etapa de diseño, en obtener los mínimos costos de mantenimiento durante la vida útil del proyecto.

Otro punto importante es el de estudiar las especificaciones de los materiales y componentes utilizados en el mantenimiento del elemento. Estas deberán asegurar el suministro de componentes intercambiables y versátiles, a las que se pueda dar servicio con facilidad y, si es posible sin tener que

retirar el elemento del sistema de Ingeniería. En resumen los componentes de mantenimiento deben ser durables y fáciles de retirar y remplazar.

La Ingeniería del Valor examinará los métodos y programas de mantenimiento para encontrar procedimientos de reparación que requieran menos tiempo.

Se debe lograr un alto grado de estandarización en los equipos y componentes e introducir técnicas eficientes de mano de obra. Se estudiaría que en el almacén estén disponibles las refacciones frecuentemente utilizadas para el mantenimiento, con el fin de disminuir tiempos muertos en el equipo y retrasos en las actividades del proyecto.

5.4. Cláusulas a ser incluidas en los contratos.

Anteriormente se comento que al contratista se le debe estimular para que considere aplicar los estudios de Ingeniería del Valor en un proyecto, incluyendo cláusulas en los contratos que consideren su participación en los beneficios económicos obtenidos. Los contratantes o dueños del proyecto pueden animar a los contratistas, al solicitarles que incluyan alternativas para la utilización de materiales y métodos de construcción, anexandolas a los documentos de la oferta.

El objetivo de las cláusulas con incentivos en los contratos son principalmente:

- 1)-Tomar ventaja de los conocimientos y experiencias del constructor.
- 2)-Mejorar los criterios utilizados para concebir el proyecto.
- 3)-Reducir los costos de operación y mantenimiento.
- 4)-Suministrar una forma contractual de reducir los costos.

La mayoría de los contratistas responderán a tales cláusulas sabiendo que sus sugerencias se tomarán en serio. Los concursantes habrán de ser animados a desarrollar sugerencias alternas a las especificadas en el concurso, las cuales si resultan ser técnicamente iguales, serán consideradas en las evaluaciones de las ofertas; un concursante que de otra manera no sería competitivo sobre la base de una oferta oficial, puede llegar a ser el concursante con la oferta más baja al utilizar su ingenio.

En el contrato se puede redactar una cláusula relacionada con la participación del contratista en un programa de Ingeniería del Valor, especificando que obtendrá un porcentaje de los beneficios económicos logrados al implantar las sugerencias suministradas por él. Un contratista puede ver contraproducente reducir el monto del contrato debido a que reducirá su utilidad, pero si se le ofrece una participación en los ahorros obtenidos al aplicar la Ingeniería del Valor, es seguro que responderá afirmativamente. En los Estados Unidos, en los proyectos que se ha experimentado éste procedimiento, los estudios han dado como resultado una

disminución en el tiempo de ejecución. Esto es importante dentro del marco actual en que se desenvuelven las economías latinoamericanas, en donde el alto costo del dinero, y la incertidumbre de los fenómenos de inflación y/o devaluación rondan los proyectos, originando en algunos casos que estos dejen de ser rentables. Una disminución en el tiempo de ejecución, normalmente origina un incremento en la tasa interna de retorno, y además disminuye los efectos de los fenómenos de inflación y devaluación.

Las sugerencias efectuadas por el contratista se canalizan por intermedio de *Las Propuestas de Cambio obtenidas por la aplicación de los estudios de Ingeniería del Valor (PCIV)*, las cuales describen las alternativas y suministran un estimado de los ahorros esperados en el costo. Los costos de rediseño resultante u otros gastos necesarios para implantar tales propuestas de cambio, deben compensarse con el monto de los ahorros esperados.

En los contratos se deberá establecer una cláusula que incluya incentivos en donde se manifieste que los contratistas tendrán derecho a un 50% a 60% de los ahorros en el costo de capital y a un 20% de los ahorros en los costos colaterales (mantenimiento, operación, etc), obtenidos como resultado de los cambios propuestos por ellos al utilizar los estudios de Ingeniería del Valor.

Otra cláusula del contrato debe alentar a los contratista a desafiar los requisitos, normas, y especificaciones poco realistas que originen bajo valor.

En algunos proyectos se han adicionado cláusulas en los contratos, donde se estipula que si el constructor ejecuta la obra en un tiempo menor al estimado contractualmente, se le dará una bonificación o premio por cada día, semana o mes de adelanto. La Ingeniería del Valor tiene como objetivo establecer formalmente en los contratos de construcción éste tipo de cláusulas que han sido utilizadas esporadicamente en los proyectos.

En el esquema actual de ejecución de proyectos para la obra pública, en donde se le ha dado al contratista la iniciativa y responsabilidad de tramitar su financiamiento; así como la de participar en el diseño, construcción, operación y mantenimiento del mismo (tal como en los proyectos de obra concesionada para carreteras), es posible integrar un programa de Ingeniería del Valor.

Es recomendable que las cláusulas de Ingeniería del Valor en los contratos sean incluidas después que se haya efectuado una inducción del concepto a las entidades y personal que tendrán participación activa en la aplicación y los estudios.

A manera ilustrativa en el Anexo 6 se describe un contrato de construcción, el cual incluye cláusulas con incentivos para la utilización de la Ingeniería del Valor, aplicado a un proyecto en los Estados Unidos.

6.0 PROYECTOS EN DONDE HA SIDO APLICADA LA INGENIERIA DEL VALOR Y PERSPECTIVAS DE SU UTILIZACION EN LATINOAMERICA.

6.1 PROYECTO DE LA PRESA ELGO EN EL ESTADO DE ARIZONA (E.U.A.).

El diseño original contemplaba la construcción de la presa con un valor de US 1 millón por arriba de lo presupuestado por la entidad oficial para la ejecución del proyecto. La inversión era posible que no se llevara a cabo, a menos que el proyecto pudiera ser ejecutado dentro de la asignación presupuestal de US 4 millones sumministrada por la Administración Federal para el Desarrollo Económico.

Para salvar el proyecto la tribu Apache asentada en la zona, contrato los servicios de una firma especializada en estudios de Ingeniería del Valor, con el fin de que ésta estudiara la posibilidad de reducir los costos. Como resultado, fue diseñada una nueva presa localizada 230 metros río arriba del sitio originalmente propuesto y con un valor menor a la asignación presupuestal.

6.1.1. Características del diseño original.

El proyecto comprendía la construcción de una presa pequeña, captando el flujo a través de una extensa cuenca de drenaje, sometida a lluvias torrenciales en invierno y a lluvias monzónicas similares durante los meses de verano. El diseño del aliviadero, por lo tanto, fue un factor crítico para el costo. Originalmente se concibió la presa con una altura de 22 metros, utilizando en toda la longitud del aliviadero un canal doble, junto con un canal de emergencia (llamado canal fusible). El canal doble fue diseñado para una crecida de 1 en 100 años (arriba de 1200 cms) y el canal de emergencia (fusible) para una crecida de 1 en 1000 años (arriba de 2600 cms).

La localización de la presa en el sitio inicialmente previsto presentaba mayores problemas. El aliviadero no podía ser cimentado sobre roca firme; su localización sobre el límite norte era en un área que estaba sobre 22 metros de grava. Los planos indicaban realizar una excavación a una profundidad de 9 metros y construir un muro de 0.90 metros de ancho excavando a través del material de grava hasta llegar a la roca. Para proteger el material del aliviadero de erosiones durante flujos máximos, era necesario recubrirlo superficialmente con una capa de concreto a costos elevados. En el terraplén se contemplaba la construcción de un corazón inclinado de arcilla impermeable; la fuente cercana para la extracción de éste material estaba a 32 km. Se necesitaban materiales procesados para las dos zonas de filtros (uno para la cama filtrante y otro para los cortes externos), los cuales incrementaban los costos de construcción.

6.1.2. Estudios de Ingeniería del Valor.

Los estudios de Ingeniería del Valor indicaron que la presa podría ser construida a un costo menor del presupuestado inicialmente; si ésta era relocalizada en un sitio 230 metros río arriba, con el fin de tomar ventaja de una cadena natural rocosa sobre la cual se podía ubicar el sitio del aliviadero, y a la vez rediseñar el terraplén, para así poder utilizar los materiales locales. La presa sería de 22 metros de altura, con longitud de 300 metros; el terraplén con un corazón central convencional y un solo canal para el aliviadero, debido a que éste se podía cimentar sobre roca y sería capaz de soportar una crecida de 1 en 1000 años, con un daño menor y sin la necesidad de construir un canal de emergencia (fusible). El concreto requerido para ser utilizado como recubrimiento con el fin de evitar la erosión en el aliviadero estaría limitado a colocarse sólo en la zona del cimacio y áreas adyacentes.

6.1.2.1. Diseño del terraplén.

El nuevo diseño del terraplén contemplo la construcción de una sección transversal más ancha, requiriendo de un mayor volumen de material que en el diseño original, principalmente por la diferencia en el grado de permeabilidad de los dos materiales utilizados para la construcción del corazón. Los estudios indicaron que los costos eran menores al construir un terraplén más ancho y al utilizar materiales no procesados disponibles localmente, en comparación con el terraplén original de dimensiones menores pero con la necesidad de utilizar materiales procesados que requerían ser transportados.

El limo arcilloso a excavar en las zonas adyacentes a la presa serviría para formar el corazón central.

El único material procesado utilizado en la construcción de la nueva presa fue para la sección de drenaje y el filtro.

La cantidad total de material utilizado para la construcción del terraplén (315.000 m³), fue aproximadamente el doble de la estimada para el diseño original (185.000 m³), no obstante los costos se redujeron de US 870.000 a US 494.000.

6.1.2.2. Muro interceptor de bentonita - cemento.

La utilización de una mezcla de bentonita - cemento fue seleccionada para la construcción de una barrera permanente para impedir el paso del agua; debido a la alta permeabilidad de la grava utilizada como cimentación de la presa.

Fueron consideradas para la construcción de la barrera la utilización de tablestacas de acero y el muro milán, pero fueron descartados por su alto costo y excesiva rigidez de la estructura. Al utilizar un muro rígido se presentaba el riesgo de que éste penetrara en el terraplén originando grietas que permitirían el paso del agua.

En base a lo anterior se generaron dos alternativas para la construcción de la barrera interceptora, estas fueron: la mezcla de suelo-bentonita y bentonita-cemento.

a) Características presentadas por la mezcla suelo-bentonita.

Ventajas.

- Utilización de equipo convencional (dragas y buldozer).
- Facilidad de realizar el procedimiento constructivo.
- No utilizar cemento para la fabricación de la mezcla.
- Posibilidad de poder suspender y restablecer las actividades de construcción sin dificultad.

Desventajas.

- Dificultad de mantener el control del alineamiento con una draga.
- No poder asegurar la penetración del equipo de excavación dentro de la roca.
- Necesidad de excavar una zanja con un ancho de 1.80 metros para asegurar que la mezcla suelo-bentonita alcanzara el fondo y rellenara todo los vacíos.
- Dificultad de realizar el trabajo en presencia de gravas gruesas, las cuales se acumularían en el fondo de la zanja reduciendo el área y por consiguiente el sello que le daría impermeabilidad a esta zona.

Características de la mezcla bentonita-cemento.

Ventajas.

- Poder realizar la excavación en presencia de gravas gruesas.
- Permitir la excavación de una zanja más angosta y la construcción de un muro de menor espesor (0.90 metros).
- El equipo empleado en la excavación puede asegurar un control del alineamiento y profundidad de la zanja.
- El muro proporciona una consistencia plástica, formando una barrera impermeable lo bastante deformable como para absorber futuros asentamientos del terraplén.

Desventajas.

- Bajo rendimiento en los trabajos de excavación.
- La excavación de cada panel debe realizarse sin interrupciones siendo necesaria terminarla antes de que la bentonita-cemento endurezca.

Tomando en consideración las ventajas y desventajas de las dos alternativas propuestas se selecciono la mezcla de bentonita-cemento para la construcción del muro.

Características del diseño final del muro interceptor de bentonita-cemento:

- Longitud 190 metros.
- Altura 20 metros (con penetración a través de gravas y arenas hasta la roca caliza)
- Area 2310 m2.

6.1.2.3 Aliviadero cimentado sobre roca.

En el sitio seleccionado con base a los estudios efectuados por la Ingeniería del Valor; se aprovecho la ventaja de ubicar el aliviadero sobre roca natural, además de utilizar el curso natural de drenaje de la corriente de un lecho tributario para la descarga del canal. La orientación del aliviadero se modifico de tal manera que la roca fuera aprovechada para permitir el acceso y descarga del canal, minimizando la cantidad de concreto necesario para el recubrimiento superficial de la zona de descarga. Los costos para la construcción del aliviadero fueron de US 885.000.

6.1.2.4. Datos estadísticos de la Presa ELGO.

Area de drenaje	133 km2.
Embalse	7.400.000 m3.

Terraplén

Altura máxima	22 mts.
Longitud de la cresta	300 mts.

Pantalla Interceptora.

Muro de bentonita-cemento de 0.90 metros de ancho, construido a través de material de aluvión de grava y arenas hasta la roca caliza.

Profundidad	20 mts.
Longitud	190 mts.

Aliviadero

Canal a un lado de la presa, con un ancho de 75 metros en el canal de acceso y de 24 mts en el canal de descarga, cimentado sobre roca caliza y localizado en el centro del canal tributario.

CONCLUSIONES.

Los estudios de Ingeniería del Valor redujeron los costos de construcción de la presa en un 25%. El proyecto considero dos principios fundamentales utilizados en el diseño de pequeñas presas de tierra.

1) El aliviadero es con frecuencia el elemento que más pesa en los costos; de tal manera, que la selección del sitio para la construcción de la presa debe ser en base a la ubicación de la mejor zona para la cimentación del aliviadero.

2) Una vez el sitio de la presa ha sido seleccionado, el diseño de el terraplen debe contemplar la utilización de materiales disponibles en el lugar (en razón a reducir el empleo de materiales procesados y disminuir los costos). El proyecto de la presa Elgo demostro que aunque el volumen total requerido para la construcción del terraplen fue

aproximadamente el doble del previsto para el diseño original, los costos de construcción disminuyeron en parte por no haber utilizado materiales procesados que requerían ser transportados.

6.2 PROYECTOS PARA LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS EN EL ESTADO DE OREGON (E:U:A).

El departamento de carreteras del estado de Oregon organizó un equipo de Ingeniería del Valor integrado por cinco miembros para trabajar por tres meses, con el fin de analizar posibles ahorros potenciales en los costos de cuatro grandes proyectos impulsados por el estado. El equipo emitió un reporte final y dio algunas recomendaciones.

Como resultado, los ahorros obtenidos tuvieron una relación de de US 80 por cada dólar invertido en los estudios de Ingeniería del Valor. El equipo empleo dos meses para evaluar algunos proyectos de diseño que eran candidatos para obtener ahorros.

Las recomendaciones emanadas incluyeron:

- Cambios al diseño de la superficie y de la sub-base de drenaje, en un proyecto interestatal que incluía rehabilitación, repavimentación, y restauración; obteniéndose ahorros anticipados por una cantidad de US 750.000.
- Cambios en el diseño de la sub-base de drenaje, anticipando ahorros por un monto de US 1.500.000
- Recomendaciones para el reacondicionamiento del pavimento en las etapas de mantenimiento del proyecto, anticipando ahorros por una cantidad de US 150.000
- Como complemento pudieron resultar ahorros anuales por un valor de US 200.000 a US 400.000, al incorporarse las recomendaciones emanadas de los estudios de Ingeniería del Valor a proyectos futuros.

6.2.1. Ilustración del proyecto en el cual se obtuvieron ahorros en los costos.

En los estudios de diseño para la reconstrucción de la línea norte del estado, se procedió a realizar una evaluación al revestimiento de concreto asfáltico propuesto. La línea norte fue construida en 1945. La carretera original consistía de una losa de concreto de cemento portland de 20 cm (8") colocada sobre una base granular de 7.5cm (3"). Los hombros constaban de una capa de concreto asfáltico sobre 24cm (9.5") de base granular y la sección típica era de dos carriles de 3.7m cada uno y de 3m para los hombros.

En 1958, el ancho de los hombros fue reducido a 1.80 metros y otro carril fue construido para permitir la construcción de la línea actual de cuatro carriles. En el año de 1964, las losas fueron estabilizadas y se colocó un revestimiento asfáltico de 8.75 cm (3.5").

En el diseño bajo estudio se propuso originalmente un revestimiento de 10 cm (4"), consistente de 2.5 cm (1") para

nivelación, 3.75 cm (1.5") de base, y 3.75 cm (1.5") para la capa de rodadura, como una solución para evitar la reflexión de grietas y suministrar una nueva superficie de rodamiento. En algunas losas fue necesario realizar una estabilización como parte del proyecto.

La administración sugirió que éste proyecto fuera revisado por el equipo de Ingeniería del Valor del con la idea de que el reciclado en caliente del concreto asfáltico podría ser una alternativa para obtener ahorros en los costos. Antes de que se sometiera esta alternativa al equipo, se trato de demostrar que esta opción, tenía no solo la ventaja de ahorrar costos, sino también satisfacía la función "Prevenir grietas".

En la fase de información, el equipo noto que eran necesarios datos adicionales para enfrentar con certeza el problema. Un estudio realizado a las condiciones del pavimento, fue enfocado a medir el espaciamiento, ancho, tipo, y extensión de las grietas. Los sitios que estaban en buen estado fueron tomados como modelo para determinar la profundidad de penetración y los efectos de la carga del agua sobre la estructura del pavimento.

Se hizo evidente a partir de observaciones de campo y análisis a los datos obtenidos, que una sección de 15.6 Km podía ser clasificada dentro de tres categorías de agrietamiento: El sector norte, con leve a moderado agrietamiento; el sector central, con moderado a severo; y el sector sur, con severo agrietamiento.

6.2.1.1. Evaluación de treinta alternativas generadas.

Como complemento al diseño original el equipo de Ingeniería del Valor generó aproximadamente treinta alternativas, incluyendo algunas variaciones para cumplir con la función de prevenir la reflexión de grietas. Se considero desde la alternativa de colocar una capa de 3.75 cm (1.5") de concreto asfáltico, hasta la construcción nueva de la sección. El equipo evaluó cada alternativa considerando los criterios de los costos, impacto sobre el medio ambiente, vida útil del pavimento, y otros factores. El estudio se enfocó inicialmente a eliminar las opciones que involucraban efectuar el reciclado en caliente a considerable profundidad, en razón a que derivaba en problemas de contaminación del aire, bajos niveles de producción, problemas de tráfico y dificultad de comercializar el material.

Originalmente, cuatro soluciones fueron propuestas:

- 1) Escarificación en caliente y rejuvenecimiento de la superficie existente a una profundidad de 2cm (0.75"), revistiendola con una capa de rodadura de 3.75 cm (1.5").
- 2) Colocación de una membrana de refuerzo sobre la superficie existente, colocando encima de esta una capa de rodadura de 3.75 cm (1.5").
- 3) Cepillado en frío de la capa de concreto asfáltico existente a una profundidad de 3.75 cm, repavimentando con un

nuevo material y colocando sobre este una capa de rodadura de 3.75 cm de espesor.

4) Cepillado en frío a la profundidad de 8.75 cm de la capa de concreto asfáltico existente, repavimentando con un nuevo material y colocando sobre este una capa de rodadura de 3.75 cm de espesor.

Esta última propuesta de cepillado en frío, a una profundidad de 8.75 cm fué seleccionada con algunas modificaciones.

La propuesta de Ingeniería del Valor consistía en realizar un cepillado en frío a la capa de concreto asfáltico existente con un espesor de 8.75 cm situada encima de la losa de concreto, en ambos carriles del sector sur y remplazarla con una nueva mezcla de asfalto en caliente.

Finalmente, todos los sectores recibieron en un ancho de 8 metros una impregnación de asfalto para sellar las fisuras existentes en la capa de rodadura de espesor 3.75 cm, colocada sobre la capa de concreto asfáltico de 12 metros de ancho.

Se encontro que el material producto de el cepillado podía ser empleado como agregado de base en una planta de conservación que sería construida en inmediaciones del proyecto. A ésta alternativa pudo acreditarse el ahorro obtenido en el suministro de agregados a un costo que estaba en proporción con el valor comercial.

En concordancia con el presente diseño, en el campo pudieron ser rellenadas las grietas y a la vez se efectuaron trabajos de parcheo en ambos carriles del sector norte.

La capa de impregnación de sello de asfalto proporciono una membrana impermeable y actuo como un complemento al sistema de drenaje existente, el cual fue evaluado también por el equipo de estudio. Se esperaba obtener también beneficios adicionales al esperarse una reducción en la reflexión de grietas.

Comparación de costos.

El costo considerando el espesor de revestimiento de concreto asfáltico propuesto inicialmente (10cm), fue estimado en US 1.728.180. Esta cifra también incluía los gastos que se generarían para controlar el tráfico, emplear equipos especiales y efectuar planes de contingencia.

La alternativa de Ingeniería del Valor, fue estimada en un costo de US 1.530.344 presentando ahorros de US 133.000 en comparación con la propuesta original, o sea una reducción en los costos del 11%. La colocación del sello asfáltico sobre la capa de rodadura proporciono ahorros adicionales en el diseño del subdrenaje, debido a la disminución de la rata de infiltración.

La propuesta del equipo de Ingeniería del Valor, dio origen a beneficios adicionales, tales como: el ahorro de 32.000 toneladas de agregado, 735 toneladas de asfalto, y 46.000 galones de combustible diesel.

6.3. PERSPECTIVAS DE UTILIZACION DE LA INGENIERIA DEL VALOR EN LATINOAMERICA.

La construcción en América Latina ha registrado en la última década tasas de crecimiento muy bajas comparadas con la de la década anterior; la baja en estas tasas se ha debido a una política inadecuada de endeudamiento externo, agravadas por el insuficiente uso de los recursos crediticios, los cuales debían haber impulsado el desarrollo de la región y sin embargo, sirvieron para cambiar las condiciones de transferencia de capitales, ya que al no haber sido rentables gran parte de los proyectos emprendidos, hubo, sin embargo que pagar la deuda y su servicio.

Como consecuencia de la deuda, los países latinoamericanos han destinado un porcentaje demasiado bajo del PIB a la construcción, lo cual ha provocado un rezago enorme en la infraestructura y vivienda.

Las políticas económicas, ligadas a la inflación y al tipo de cambio, han sido altamente perjudiciales para la mayor parte de las empresas constructoras medianas y pequeñas de la región (que son la mayoría), ya que se han descapitalizado por tener que subsistir en un mercado deprimido e inflacionario.

La población de América latina pasará de 448 millones de habitantes en 1990 a 760.3 millones en el año 2025, según la hipótesis de crecimiento medio manejada por la O.N.U.

Lo anterior significa que si se quiere incrementar los niveles de bienestar en la región, se tendrá que construir al menos el doble de la infraestructura actual, para dar cabida a esa nueva población y duplicar la producción industrial, energía y de servicios en solamente 35 años.

La capacidad técnica de las empresas regionales para construir obras es muy aceptable, se han construido en casi todos los países de la región: viviendas, carreteras, vías férreas, aeropuertos y aeropistas, puertos marítimos, líneas de transmisión, oleoductos, gasoductos y edificaciones tanto urbanas como industriales; sin embargo, los recursos para realizar esta amplia gama de proyectos provienen generalmente de fuera de la región a través de préstamos de la banca de desarrollo o de la banca comercial.

Los gobiernos de la región se han visto imposibilitados para atender la enorme demanda de infraestructura que se requiere y se han visto obligados a convocar a las empresas privadas para que estas financien aunque sea en forma parcial los proyectos.

Existe una tendencia en relación a que las empresas privadas participen en porcentaje cada día mayor en la construcción de obras del sector público.

El plan Brady para la reducción de la deuda de los países latinoamericanos está orientado a incrementar la participación del sector privado en la economía, reduciendo al estado a

funciones de regulación y vigilancia; este nuevo esquema esta permitiendo que las empresas participen desde la planeación y el diseño del proyecto, hasta su ejecución y mantenimiento.

La Corporación Financiera Internacional del Banco Mundial, ha ofrecido participar en la promoción y financiamiento de proyectos en países en desarrollo, haciendo énfasis para que los contratistas de obras se conviertan en promotores y principales gestores de tales obras en base a un sistema o esquema financiero denominado "Built-Operate-Transferir" (BOT): Construir-Operar-Transferir (COT).

La base de los llamados COT (denominados en el medio latinoamericano proyectos de concesionamiento), es la participación del capital privado en la construcción de infraestructura, con apoyo gubernamental y actuando como promotores en colaboración con las entidades financieras y constructores.

Con el COT, el sector privado se convierte en constructor, propietario temporal y operador de los proyectos de inversión y de las obras que realiza. Una vez pagado y habiendo rendido los beneficios el proyecto concesionado dentro del plazo convenido; las obras, la operación y el servicio se transfieren al sector público, el cual aplicará las modificaciones que al momento se requieran.

Este tipo de obras de concesionamiento ha sido aplicado a algunos proyectos en países desarrollados tales como: la construcción del túnel en el Canal de la Mancha y el puente Dartford-Thurrock en Gran Bretaña. En países en vías de desarrollo, Malasia se ha convertido en pionero en la construcción de obras por medio de este esquema, logrando realizar proyectos de suministro de agua potable a la isla de Labuan, la línea de interconexión al Fuerte de Labuan, la Autopista Norte-Sur de Tailandia a Singapur y caminos de libramiento y pasos a desnivel en la capital Kuala Lumpur.

En latinoamérica, México ha empezado a desarrollar varios proyectos adoptando para su ejecución el esquema de concesionamiento, es así como entre al año de 1989 y 1992 se adjudicaran en concesión a la iniciativa privada 4100 Km de autopistas, entre las cuales se destaca la autopista México-Acapulco. En otra área de la ingeniería se han adoptado esquemas de inversión con recuperación para la ejecución de proyectos de suministro de agua potable, tal como el proyecto "Sistema La Zurda - Calderón", el cual será descrito en el capítulo 7 de este trabajo. Se ha proyectado también establecer éste esquema en la construcción de plantas generadoras de energía, puertos, y puentes.

En relación a la infraestructura que necesitara latinoamérica para su desarrollo se pueden mencionar: la interconexión ferroviaria y terrestre de México con América del Sur a través del istmo centroamericano, la interconexión eléctrica de toda la región (aprovechando los recursos hidroeléctricos de

América del Sur), la modernización de puertos, infraestructura industrial especialmente en los sectores de petróleo, y petroquímica, minería, plantas ensambladoras; desarrollo de complejos turísticos, siderúrgicas, complejos habitacionales y otros.

En lo que concierne a tecnología y capacitación, muchas de las empresas constructoras de obras, han sido protegidas por sus respectivos países; en el futuro inmediato, esta situación va a cambiar radicalmente debido a la creación de acuerdos de libre comercio en la región. La sobreprotección dada a las empresas constructoras propició; por una parte, la seguridad en el trabajo para muchas empresas locales, pero de otra manera, causó la ineficiencia y retraso tecnológico de las mismas.

La globalización de la economía mundial hará en el futuro mucho más competido el mercado de la construcción, el cual ha sido clasificado dentro del seno del GATT como "Sector de Servicios". Lo anterior significa que cada día será más acentuada la penetración en el mercado latinoamericano de contratistas internacionales.

En base a lo anterior, es palpable observar que se presentaran cambios profundos en la metodología de ejecutar los proyectos, que originara una reestructuración en la organización de las empresas constructoras y a la vez una búsqueda de nuevos parámetros que sirvan para evaluar proyectos.

La Ingeniería del Valor deberá ser aplicada en los estudios de evaluación de los proyectos, como una ayuda a las otras ingenierías utilizadas (Ingeniería de Costos, Financiera y Económica), y ser empleada como una herramienta para incrementar el valor del proyecto.

La década de los noventa será el periodo propicio para implantar los estudios de Ingeniería del Valor en latinoamérica, en concordancia con los nuevos esquemas en proceso de adaptación, tales como: la construcción de obras de infraestructura por el sistema de concesionamiento, la apertura de las economías latinoamericanas a través de acuerdos de libre comercio y la inclusión en el GATT a la industria de la construcción en el ramo de los servicios.

7.0 APLICACION DE LA INGENIERIA DEL VALOR AL PROYECTO "SISTEMA LA ZURDA - CALDERON". PRIMERA ETAPA. CRUCE DEL RIO SANTIAGO EN EL ACUEDUCTO PRESA CALDERON - PLANTA DE TRATAMIENTO.

7.1. Antecedentes del Proyecto.

Para satisfacer la demanda de agua potable a la ciudad de Guadalajara; a través de su historia se han explotado diferentes fuentes de abastecimiento, que con el constante incremento de la población han resultado insuficientes para cubrir las necesidades de suministro.

En razón a lo anterior, continuamente se han considerado diferentes opciones, y es así como en el año de 1984 el Gobierno Federal y el Estado de Jalisco, suscribieron un acuerdo de coordinación para llevar a cabo la construcción y operación del acueducto Chapala - Guadalajara.

El lago de Chapala es un vaso natural de agua dulce que cubre un área de 1141 km², y recibe dos aportaciones: una proveniente de su propia cuenca y la otra del río Lerma, los volúmenes anuales de agua que se estimaron podían ingresar al lago fueron de 1030 millones de m³ por intermedio del río Lerma y 730 millones de m³ provenientes de su propia cuenca. De esta manera, se calculo que el lago podía recibir un total de 1760 millones de m³.

En base a estos cálculos, las entidades oficiales procedieron a impulsar la construcción del acueducto Chapala - Guadalajara en dos etapas, consistente en dos líneas de concreto presforzado de 2.10 m de diámetro (la primera etapa con una sola línea), y 42.6 Km de longitud con un gasto de 12.2 m³/s.

Dentro del estudio de las opciones para el suministro de agua potable, se considero a largo plazo la realización de los proyectos de aprovechamiento de las fuentes de los ríos Verde y Calderón.

A partir de 1987, y hasta la fecha, los niveles del lago de Chapala han sufrido una disminución alarmante; es así como las aportaciones del río Lerma en 1989 fueron de solo 80 millones de m³, con lo cual de continuar esta tendencia, el lago dejaría de ser una fuente de suministro.

En el cuadro (1) se describe la situación actual de suministro de agua potable y la demanda adicional requerida para la Zona Metropolitana de Guadalajara durante los próximos 15 años.

La situación anterior originó que los proyectos que estaban contemplados a ser fuentes de suministro a largo plazo (Río Calderón y Verde), se convirtieran en proyectos a ser ejecutados de forma inmediata para superar la problemática del lago de Chapala.

CUADRO No 1

SUMINISTRO DE AGUA POTABLE A LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA.

SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS.

SITUACION ACTUAL		
DEMANDA		13.4 m ³ /s.
OFERTA		
	Lago de Chapala	7.0 m ³ /s. (60%)
	Pozos	4.7 m ³ /s. (40%)
	Total oferta	11.7 m ³ /s.
DEFICIT		1.7 m ³ /s.
PERSPECTIVAS		
Considerando un incremento en la demanda de 4.8% anual, se necesitaran suministros adicionales con respecto a la oferta actual de :		
		4.7 m ³ /s. en 1995
		9.0 m ³ /s. en 2000
		15.9 m ³ /s. en 2005
Se estipulo como horizonte de planeación el año 2005, con proyección a mediano plazo.		

Para el aprovechamiento de las aguas de los ríos Verde y Calderón, se consideraron varias alternativas, las cuales se ilustran en el cuadro (2).

En la tabla (4) se puede observar, que al realizar la evaluación económica de las tres alternativas, la número tres es la que presenta el mínimo costo total y el menor costo de inversión y operación por m³ de agua en bloque.

Al efectuar el análisis de la alternativa 1, no se obtuvieron datos de costo para el proyecto en el río El Salto, sin embargo al sumar los costos de los proyectos río Calderón y río Verde, estos dan mayores a los de la alternativa 3.

A esta fuente de abastecimiento constituida por los ríos Calderón, El Salto y Verde; y su proyecto se les ha denominado Sistema Regional La Zurda - Calderón.

Es preciso aclarar que el Sistema Regional La Zurda - Calderón en su alcance, incluye también la realización de un conjunto de obras en la Zona Metropolitana de Guadalajara y áreas aledañas, que tienen como objetivo incrementar el abastecimiento y ampliar la red de distribución de agua potable, mejorar el alcantarillado y facilitar el desalojo de efluentes.

Para el objetivo de este trabajo al mencionar el sistema la Zurda - Calderón, éste estará referido a todas las obras civiles necesarias para captar, conducir y tratar el agua en bloque proveniente de las fuentes de abastecimiento de los ríos Calderón y Verde.

En el acuerdo creado para ejecutar el proyecto, en su alcance se define claramente que las obras a construir y financiar por la iniciativa privada bajo el esquema inversión con recuperación, son las que se definen en éste trabajo dentro del sistema regional La Zurda - Calderón.

7.2 Descripción y alcance del proyecto.

El proyecto del "Sistema Regional La Zurda - Calderón" en lo que concierne a la construcción de las obras civiles para el suministro de agua en bloque, consiste en el aprovechamiento de las aguas superficiales de los ríos Verde y Calderón; para esto se requiere que sean ejecutadas las siguientes obras de captación, conducción y potabilización de agua en bloque, con un caudal medio de 12 m³/s:

- Presa "Calderón".
- Acueducto Calderón - San Gaspar.
- Potabilizadora San Gaspar (En tres etapas).
- Sistema de bombeo "El Purgatorio" (En dos fases).
- Presa "El Salto".
- Presa "La Zurda I" y "La Zurda II".

La figura (10) ilustra el alcance de las obras del sistema La Zurda - Calderón.

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

ALTERNATIVAS ESTUDIADAS.				
Alternativa	Componentes físicos	Inversión (mil. mill. \$)	Costos de operación y mant. anuales (mil. mill)	Comentarios
1	<p>RIO CALDERON. Presa de almacenamiento. Conducción con tubería por gravedad a la Z.M.G.</p> <p>RIO EL SALTO. Presa de almacenamiento. Conducción con tubería por bombeo y gravedad a la Z.M.G.</p> <p>RIO VERDE. Presa de almacenamiento. Conducción con tubería por bombeo y gravedad a la Z.M.G.</p>	1995	66	Minimiza dificultades en la construcción de la conducción.
2	<p>RIO CALDERON. Presa de almacenamiento. Conducción con tubería por gravedad a la Z.M.G.</p> <p>RIO EL SALTO. Presa de almacenamiento. Conducción por tubería por gravedad a la Z.M.G.</p> <p>RIO VERDE. Presa de almacenamiento. Conducción con tubería por bombeo y gravedad a la Z.M.G.</p>	2116	37	Minimiza las necesidades de bombeo.
3	<p>RIO CALDERON. Presa de almacenamiento. Conducción con tubería por gravedad a la Z.M.G.</p> <p>RIO EL SALTO. Presa de almacenamiento.</p> <p>RIO VERDE. Presa de almacenamiento. Presa derivadora y planta de bombeo en el sitio el purgatorio Conducción con tubería a la Z.M.G.</p>	1250	92	Minimiza la longitud de conducción y de inversión inicial.

TABLA No 4

SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN BLOQUE PARA GUADALAJARA.

COMPARACION ECONOMICA ENTRE DIVERSAS ALTERNATIVAS

COMPONENTES FISICOS	CARACTERISTICAS.				COSTO TOTAL (A)	COSTO POR M3 (en bloque). (pesos)		
	Q med (m3/s.)	Longitud (km)	Diámetro. (m)	H. Bombeo. (m)		Inversión. (B)	Operación (C)	TOTAL
Alternativa 1								
a) RIO CALDERON	2	31	1.83	-	230	517	49	566
b) RIO EL SALTO	2.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
c) RIO VERDE	8	102	2.10 y 1.52	220	1439	1007	119	1126
Costos a + c					1669	1524	168	1692
Alternativa 2								
a) RIO CALDERON	2	31	1.83	-	230	517	49	566
b) RIO EL SALTO	2.4	89	1.83 y 1.22	-	447	936	50	986
c) RIO VERDE	8	102	2.10 y 1.52	220	1439	1007	119	1126
Costos Alternativa 2					2116	2460	218	2678
Alternativa 3								
a) RIO CALDERON	2	31	1.83	-	230	517	49	566
b) RIO EL SALTO								
c) RIO VERDE (D)	10				1015	646	270	916
Costos Alternativa 3					1245	1163	319	1482

(A) Miles de millones de pesos.

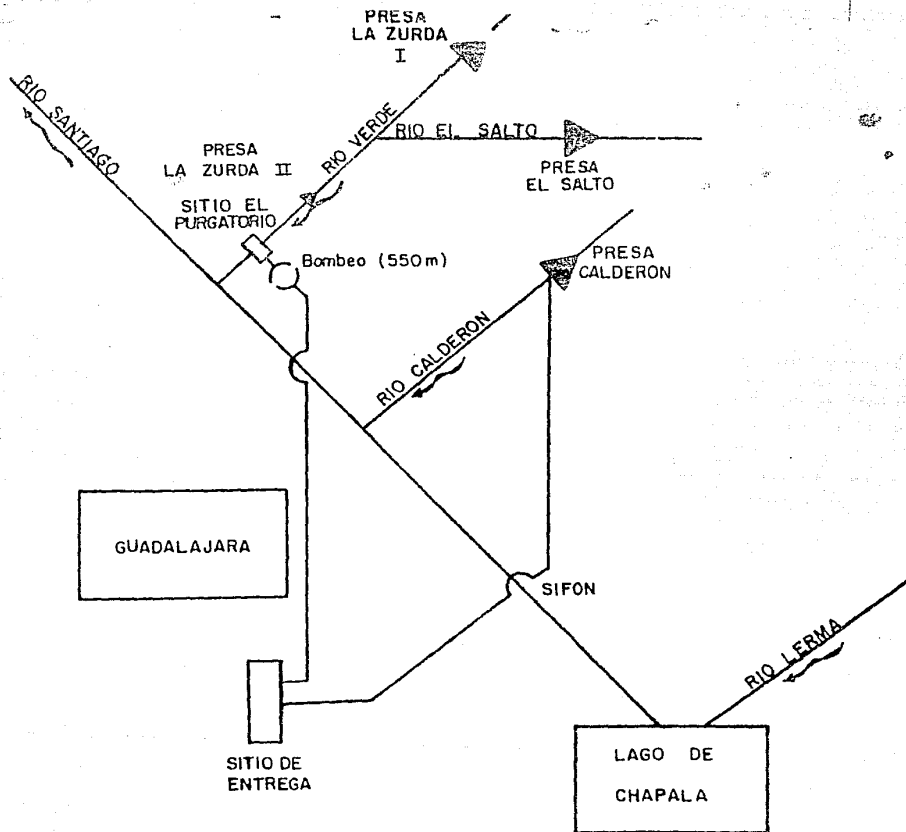
(B) Pesos constantes de noviembre de 1989, tasa de Interés: 12%.

(C) Incluye costos de operación, potabilización, conservación y reposición.

(D) Costos correspondientes a las obras terminadas (Tercera etapa, Q= 10 m3/s.).

(E) Vida económica: 30 años.

Tipo de cambio al 30 de Noviembre de 1989 \$ 2613/US.



ALCANCE DEL SISTEMA LA ZURDA - CALDERON

FIGURA (10)

La ejecución de las obras esta prevista realizarlas en tres etapas durante un periodo de 5 años (1990-1994).

7.2.1. I Etapa. Proyecto Calderón - San Gaspar.

Fecha de terminación: Junio de 1991.

Suministro: 2 m³/s.

Consiste en:

1) Construcción de la presa "Calderón", con una altura de 37 m y capacidad de almacenamiento de 70 millones de m³.

2) Construcción del acueducto Calderón - San Gaspar que operará por gravedad, con una longitud de 31 Km hasta el punto de entrega próximo al poblado de San Gaspar de las Flores. El gasto máximo de diseño es de 3 m³/s. La conducción es a base de tubería de concreto presforzado de 1.83 m de diámetro (28000 m), excepto en el cruce de algunos arroyos y especialmente en el sifón invertido en el río Santiago, en el que se utiliza tubería de acero de 1.52 m de diámetro.

3) Tanque de entrega de 87.480 m³ de capacidad en el sitio San Gaspar.

4) Planta potabilizadora de San Gaspar (primera etapa), con una capacidad máxima de 3 m³/s.

5) Construcción de 41 Km de caminos.

En la figura (11) se muestra el perfil del acueducto desde la Presa Calderón hasta la Planta de Tratamiento "San Gaspar".

7.2.2. II Etapa. Proyecto Presa "El Salto" y sistema de bombeo "Purgatorio" (Primera fase).

Fecha de terminación: Diciembre de 1993.

Suministro: 4.6 m³/s.

1) Construcción de la presa derivadora "El Salto", con una altura de 43m y capacidad de 80 millones de m³; ésta presa regulará un gasto de 2.4 m³/s que se conducirá por el cauce del río Salto y Verde hasta el sitio de bombeo "El Purgatorio".

2) Construcción de la presa derivadora en concreto "El Purgatorio".

3) Construcción de la planta de bombeo "El Purgatorio" (primera fase), con una carga de 550 m y caudal de 5 m³/s.

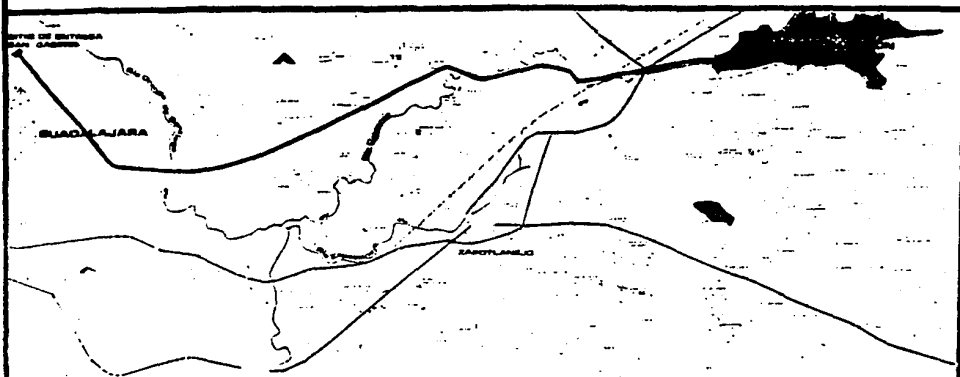
4) Planta potabilizadora de San Gaspar (segunda etapa), con una capacidad máxima de 5 m³/s.

5) Tanque de entrega con capacidad de 70.000 m³.

6) Construcción de 60 Km de caminos de acceso.



ACUEDUCTO PRESA PUENTE CALDERON-GUADALAJARA SISTEMA LA ZURDA-CALDERON



DATOS DE PROYECTO DEL ACUEDUCTO

Cano de diseño	30m ³ /s
Cano medio	70m ³ /s
Longitud de conducción	31.200m
Diámetro de conducción	180m
Material de la conducción	concreto armado

SIMBOLOGIA

Acueducto	—
Concreto existente	—
Concreto proyecto	—
Presa	—
Publicación	—
Rio	—

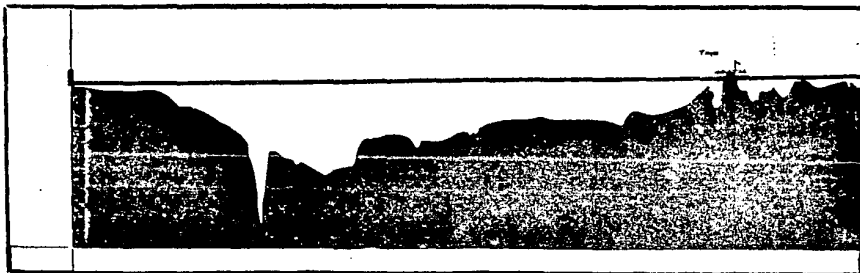


Figura (11)

PERFIL Esc. 1:50 000
Ver. 1: 2 500

Enero-1990

7.2.3. III Etapa. Proyecto Presa "La Zurda" y sistema de bombeo "Purgatorio" (Segunda fase).

Fecha de terminación: Octubre de 1994.

Suministro: 5.6 m³/s.

1) Construcción de las presas "La Zurda I" y "La Zurda II" con capacidad conjunta de 500 millones de m³, que regularan un gasto medio de 8 m³/s.

2) Sistema de bombeo "El Purgatorio" (segunda fase), incluyendo en su alcance el equipo electromecánico, con una capacidad de bombeo de 5 m³/s.

3) Construcción de la tercera etapa de la planta potabilizadora de San Gaspar con una capacidad de 5 m³/s.

4) Tanque de almacenamiento de 75.800 m³.

7.3. Estructura y Esquema Financiero.

La estructura financiera acordada para llevar a cabo las inversiones necesarias para ejecutar las obras contempladas en el alcance total del "Sistema La Zurda - Calderón" es la siguiente:

	Aportaciones (miles de mill)	US (millones)	%
a.) Recursos federales (No recuperables-subsidios)	400	153	22
b) Recursos estatales. (No recuperables-subsidios)	200	76	11
c) SIAPA (Recuperable via tarifas)	1250	478	67
Total	1850	707	100

El costo del proyecto en cada una de las etapas es el siguiente:

Etapa	Costo de las obras para suministro de agua en bloque (mil. de mill)	Costo del equipo montaje electro- mecánico y obras en ZMG (mil. de mill)	Costo Total (miles de mill)	Costo Total US (mill)
I	250	150	400	153
II	620	260	880	336
III	380	190	570	218
Totales	1250	600	1850	707

La aportación del SIAPA correspondiente a las obras a ejecutar para el suministro de agua en bloque en las tres etapas del sistema La Zurda - Calderón, se subdivide de la siguiente manera:

Origen de los recursos	Aportaciones (miles de mill de pesos).	Aportaciones US (millones)
-Fondos propios del SIAPA y provenientes de otros créditos.	439	168
-Fondos aportados por la iniciativa privada (Destinados a la ejecución de las obras civiles para el suministro de agua en bloque).	811	310
Valores totales	1250	478

Cuadro (3).

En el cuadro (4) se resume la participación en la inversión de las diferentes entidades oficiales y de la iniciativa privada, para la construcción del sistema regional La Zurda - Calderón.

Para ejecutar las obras civiles de captación, conducción y potabilización; la iniciativa privada dará su aportación por medio de una promotora creada para tal fin, por un monto de \$ 811.000.000.000.00 (Ochocientos once mil millones de pesos); US 310.000.000.00 (trescientos diez millones de dolares); a valor del 30 de Noviembre de 1989, antes del IVA (15%).

De éste total, la empresa constructora del proyecto (ICA), aportará el 10% del valor total de la inversión a cargo de la promotora privada, o sea la cantidad de \$ 81.100.000.000.00 (Ochenta y un mil cien millones de pesos), US 31.000.000.00 (Treinta y un millones de dolares), obteniendo una tasa interna de rendimiento anual equivalente al quince (15%) por ciento antes de impuestos.

Para la consecución de los recursos adicionales se ha de recurrir a la participación de los inversionistas privados a través de la emisión de obligaciones, aportaciones de los proveedores y obtención de créditos por intermedio de la banca comercial y de desarrollo.

7.3.1. Esquema Operativo - Financiero.

El esquema operativo - financiero tiene las siguientes características:

1) Los recursos financieros necesarios para ejecutar el proyecto Sistema La Zurda - Calderón, serán obtenidos a través de aportaciones de las entidades oficiales e inversionistas privados, según lo relacionado en el cuadro (4).

2) La iniciativa privada a través de su entidad representante PROIN (Promotora de Inversiones), formará parte del Consejo

SISTEMA REGIONAL LA ZURDA
PARTICIPACION EN LA INVERSION

DESCRIPCION	PARTICIPACION		
	Pesos mil. de millones	Dolares millones	%
1.0 GOBIERNO FEDERAL	400	153	21.6
1.1. Suministro, instalación y puesto en servicio del equipo electromecánico para el sistema de bombeo El purgatorio.	350	134	
1.2 Estudios, proyectos, supervisión técnica y control de calidad para las obras en los ríos Verde y Calderón y potabilizadora San Gaspar.	50	19	
2.0 ESTADO DE JALISCO	200	76	10.6
2.1 Colectores y saneamiento	129	49	
2.2. Rehabilitación canal Atequiza	2	0.7	
2.3 Estudios, proyectos y supervisión administrativa.	15	5.8	
2.4 Relocalización L. de Transmisión en Presa Calderón.	4	1.5	
2.5 Indemnizaciones para las obras.	50	19	
3.0 SIAPA	1250	478	
3.1 Obras directas.	439	168	23.8
3.1.1. Nuevos pozos para 2 m ³ /s.	59.7	23	
3.1.2. Anillo de transferencia (acuaférico)	136.1	52	
3.1.3. Acueducto Oriente, Periférico Oblatos y cierre perimetral	30.2	11.5	
3.1.4. Potabilizadora Las Huertas (3 m ³ /s)	26	10	
3.1.5. Infraestructura en 146 colonias	99.6	38	
3.1.6. Obras de contingencia	10	4	
3.1.7. Control de pérdidas	77.4	29.5	
3.2. Obras por conducto de la iniciativa privada	811	310	44
3.2.1. Presa Calderón	27	10.3	
3.2.2. Acueducto Calderón - San Gaspar	134	51.2	
3.2.3. Potabilizadora San Gaspar (3 etapas)	158	60.5	
3.2.4. Presa El Salto	81	31	
3.2.5. Presa río Verde (La Zurda I y II)	202	77	
3.2.6. Sistema Purgatorio (Obra Civil)	209	80	
TOTALES	1850	707	100

Administrativo del SIAPA (Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de la Zona Metropolitana de Guadalajara). Esta participación es con el fin de garantizar a los inversionistas la recuperación de las aportaciones financieras según lo acordado, y fiscalizar la operación y administración de la empresa cuidando de que el esquema tarifario sea aplicado.

7.3.2. Plazo de recuperación de las Inversiones.

En base a una tarifa estimada a cobrar por metro cúbico de agua suministrada en bloque, ésta podrá cubrir los créditos contratados y repagar la inversión de las empresas constructoras y proveedoras, así como la de los inversionistas privados en un periodo máximo de 10 años y 6 meses, con una tasa de rendimiento anual antes de impuestos del 15%.

De acuerdo a lo expuesto, el esquema técnico, operativo y financiero implantado en el proyecto "Sistema La Zurda - Calderón", se sale del marco tradicional por medio del cual se han ejecutado este tipo de proyectos y entra a formar parte de las nuevas políticas que se están aplicando en México para que el inversionista privado tome parte activa en la construcción de la infraestructura que requiere el país.

Este proyecto abre nuevos horizontes para concebir y desarrollar proyectos de infraestructura de servicios en otras áreas de la ingeniería y regiones del país.

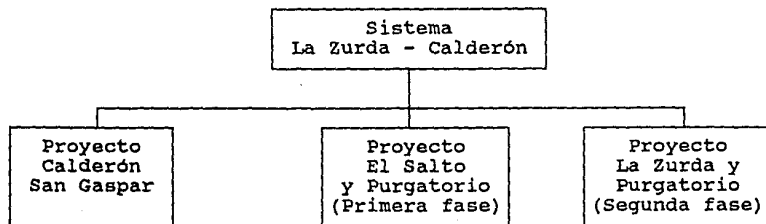
Como se ha mencionado en capítulos anteriores, en éste tipo de proyectos, la iniciativa privada participa activamente desde su inicio, tomando parte en el diseño y construcción de las obras, así como también en la consecución y aportación de los recursos financieros. Debido a lo anterior a medida que se den las condiciones, los inversionistas tratarán de eficientar los recursos utilizados en los proyectos con el fin de obtener una mayor rentabilidad de la inversión y un mayor valor del proyecto; para lo cual tendrán que recurrir a implantar nuevas metodologías para la evaluación, administración, construcción y control de los proyectos tales como: *Los conceptos de Ingeniería del Valor, Calidad Total y Aseguramiento de Calidad; la utilización de Sistemas Expertos en la Construcción y la Inteligencia Artificial.*

7.4 Definición del Area de Estudio.

En éste trabajo se ha considerado utilizar los estudios de Ingeniería del Valor a la I Etapa del Sistema "La Zurda - Calderón", específicamente en el acueducto de la Presa Calderón a la Planta de Tratamiento San Gaspar, en el cruce del río Santiago (Sifón).

Como se menciono anteriormente el proyecto Sistema La Zurda - Calderón, en lo que respecta a la construcción de las obras civiles para el aprovechamiento de las aguas superficiales de los rios Verde y Calderón, se divide en tres etapas:

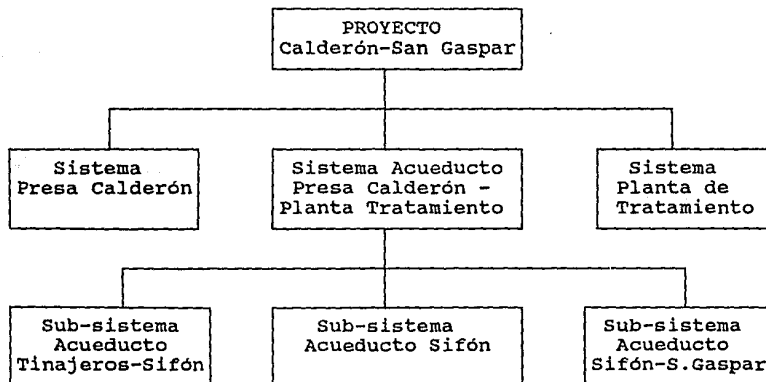
- I Etapa - Proyecto Calderón.
- II Etapa - Proyecto Presa "El Salto y Sistema de bombeo El Purgatorio (Primera fase).
- III Etapa - Proyecto Presa "La Zurda I " y "La Zurda II" y Sistema de bombeo Purgatorio (segunda fase).



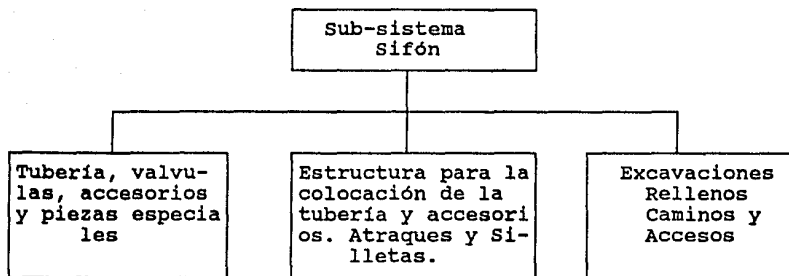
Para efectos de poder visualizar el área de estudio dentro de lo que comprende el sistema "La Zurda - Calderón", se efectúan las siguientes consideraciones:

La primera Etapa, Proyecto Calderón - San Gaspar, estará integrado por los Sistemas: Presa Calderón, Acueducto Presa Calderón San Gaspar y Planta de Tratamiento. El costo de las obras civiles en ésta primera etapa, para el suministro de agua en bloque tiene un valor aproximado de \$250 mil millones de pesos (US 96 millones de dolares).

El sistema "Acueducto Presa Calderón - Planta de Tratamiento", para efectos de construcción, control y logística se encuentra dividido en tres tramos que los denominaremos los Sub-sistemas:
 Acueducto Tinajeros - Sifón, Acueducto Sifón y Acueducto Sifón San Gaspar.



Se tomará el sub-sistema Acueducto Sifón como área de estudio para aplicar la metodología de la Ingeniería del Valor.



Estos elementos y/o componentes serán descritos durante los estudios de Ingeniería del Valor.

7.5. Características del sitio en el cruce de la conducción sobre el río Santiago. (Sitio del Sifón).

El Acueducto de la Presa Calderón a la Planta de Tratamiento San Gaspar, tiene como parte crucial el tramo de la conducción que atraviesa el cañon del río Santiago con condiciones geológicas, topográficas y constructivas muy especiales. Ver figura (11).

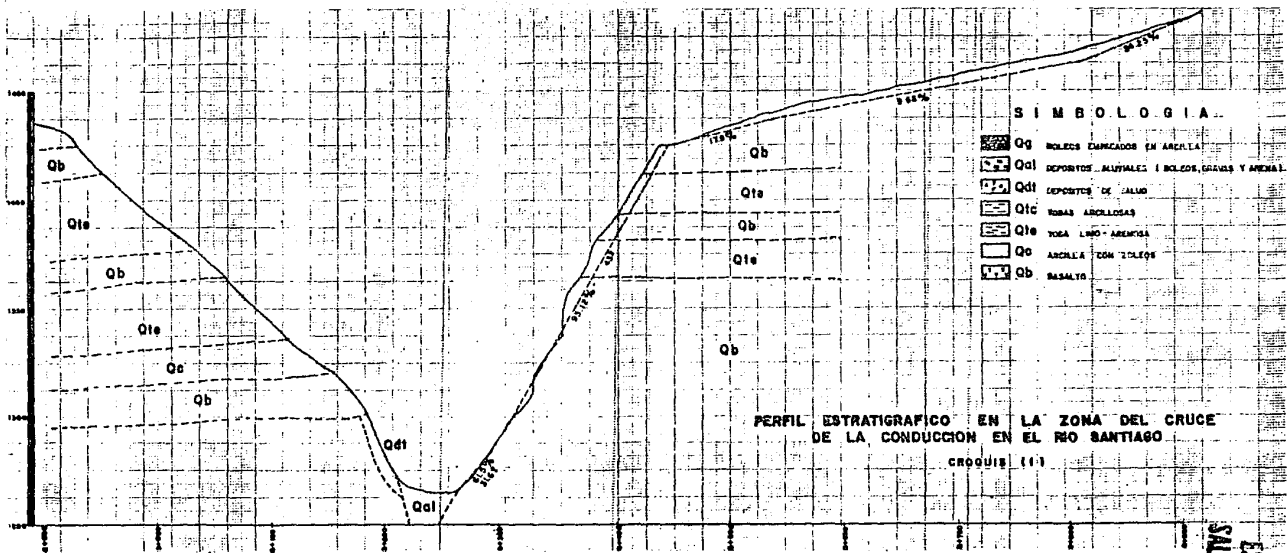
7.5.1. Geología.

La zona del cruce en el río Santiago presenta en su margen izquierda afloramientos de rocas basálticas con intercalaciones de tobas compactas cuya granulometría varía entre arena limosa y arcillosa. En el croquis (1) se ilustra el perfil estratigráfico que se presenta en la zona del cruce del acueducto en el río Santiago.

En la zona del cauce del río se encuentran depósitos aluviales con espesores de 6 m constituidos por boleos, gravas y arenas; debajo de estos una capa de roca fracturada de 5 m y finalmente basalto sano.

En la margen derecha existen tres coladas de basalto que presentan espesores variables entre 10 y 20 metros, con presencia de tobas de diferentes granulometrías así como dos capas de un aglomerado constituido por arcillas con gravas de basalto.

No se presentan problemas de capacidad de carga para el apoyo de silletas y atragues, en los basaltos y en las tobas limo arenosas compactas, siendo ésta superior a los 5 Kg/cm².



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

7.5.2. Topografía.

El acueducto en el tramo del cruce del río Santiago tiene una longitud aproximada de 1000 metros en proyección horizontal y 1100 metros de desarrollo.

Tiene un desnivel en el cauce del río de: 175 metros con la cabecera de la margen derecha y 225 metros con la de la margen izquierda.

Las pendientes del terreno en las diversas zonas consideradas para realizar el cruce, presentan un alto grado de dificultad para la construcción con valores hasta de 60 grados. En algunos puntos el cruce presenta paredes completamente verticales (acantilados), que dificultan la construcción.

7.5.3. Limitaciones constructivas.

Debido a las altas pendientes, se hace difícil trasladar el material, equipo y personal al sitio de obra.

Este criterio (grado de dificultad), es de mucha importancia al momento de efectuar el diseño; debido a las dificultades que se presentan para realizar la construcción, es recomendable adaptar el diseño al procedimiento constructivo a emplear.

Independientemente de la alternativa que sea seleccionada para llevar a cabo el cruce, las actividades de construcción se encontraran con limitaciones propias del terreno que haran difícil ejecutar los trabajos.

7.5.4. Variables y condicionantes incluidas en el diseño inicial.

Las principales variables para ser consideradas en el diseño resultantes de las condiciones especiales del terreno en el sitio del cruce en el río Santiago son las siguientes:

Lecho del río.

-Carga de operación en el lecho del río.	339.12 m.
-Presión de trabajo.	33.91 Kg/cm ²

La carga se incrementa en un 25% por efectos de la prueba hidrostática.

-Carga total en el lecho del río al considerar la prueba hidrostática.	423.90 m.
-Presión de trabajo	42.39 Kg/cm ²
-Gasto máximo de diseño	3 m ³ /s.

7.6. LA INGENIERIA DEL VALOR APLICADA AL CRUCE DEL ACUEDUCTO EN EL RIO SANTIAGO (SIFON).

Se aplicaran los estudios al trazado de la conducción en el sitio del cruce con el río Santiago, tomando como base el proyecto inicial elaborado por la Comisión Nacional del Agua (CNA).

El objetivo del estudio será el de analizar la posibilidad de obtener una alternativa de trazado, que implique un menor costo, un menor grado de dificultad y una disminución en el tiempo de construcción.

7.6.1. APLICACION DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERIA DEL VALOR AL TRAZADO DEL ACUEDUCTO EN EL CRUCE DEL RIO SANTIAGO (SIFON).

7.6.1.1. Fase de Identificación de Componentes.

En esta fase se describe el problema bajo estudio y se identifican y seleccionan los componentes a ser estudiados aplicando los estudios de Ingeniería del Valor.

7.6.1.1.1. Características del diseño original.

El diseño original establece realizar el cruce en base a la utilización de tubería de acero de 60" API - 5L - X - 42 con espesores de pared de 1/2, 5/8 y 3/4 de pulgada, utilizando silletas, atraques y una estructura de apoyo en concreto reforzado para la sujeción y apoyo de la tubería. Para la colocación de la tubería es necesario realizar excavaciones (voladuras) en ambas margenes, en el cauce del río se establece realizar la excavación de una zanja para instalar la tubería embebida en concreto a 8 metros de profundidad con el fin de protegerla contra futuras avenidas.

En el croquis (2) se ilustran las pendientes que se presentan en el terreno natural y las estipuladas para la razante de la tubería en diferentes tramos del cruce, así como también los tramos de tubería con sus respectivos espesores de pared.

El sitio del cruce propuesto por el diseño original presentaba condiciones topograficas que hacían difícil desarrollar el procedimiento constructivo.

Al analizar la razante de la tubería de diseño, se puede observar que ésta presenta cambios bruscos de la pendiente en diferentes tramos, es así como entre el cadenamamiento 13+258 al 13+530 se establecen pendientes con inclinaciones entre 2 y 56 grados (4% y 148%). Esta falta de uniformidad hace difícil aplicar algún procedimiento constructivo que facilite la instalación de la tubería, debido a que sería necesario construir en algunos puntos intermedios, zonas de apoyo para el transporte de la tubería.

Para soportar lo anterior se puede observar en el Croquis (2), que los puntos correspondientes a los cadenamientos 13+282.60, 13+300, 13+310, 13+360, 13+378, 13+400, 13+430, y 13+530, presentan deflexiones verticales con diferentes angulos de inclinación que impiden aplicar un sistema de transporte aprovechando la pendiente de la razante de la tubería.

La alternativa de cambiar la razante entre el cadenamiento 13+258 al 13+430, con el objeto de uniformizar la pendiente en éste tramo, no es posible en razón a que implica realizar grandes volúmenes de excavación con el consecuente incremento en los costos y tiempo de construcción.

En el diseño inicial se contempla la construcción de 20 atraques, colocados en los sitios en donde la razante de la tubería presenta deflexiones verticales.

Al efectuar un levantamiento topografico detallado del sitio, se pudo determinar que el terreno natural presenta pendientes mayores que las consideradas en los planos y acantilados hasta de 20 metros de altura en varios puntos del cruce. Otro factor observado, es la presencia de pendientes naturales en dos direcciones en la línea de trazado en la margen izquierda, que dificultan la construcción de caminos de acceso para el traslado de equipos, materiales y personal al sitio de la obra. Fotos (1) y (2).

El costo estimado del diseño inicial es de \$5.267.544.950.00, calculado en base al tabulador de precios unitarios emitido por la Comisión Nacional del Agua (CNA) para el año de 1990, expresado a costo directo. En éste estimado no fué incluido el costo para construir la estructura para el transporte e instalación de la tubería, la razón de esto se explicara más adelante.

7.6.1.1.2. Componentes a estudiar.

Como se describió en el capítulo 3 inciso 3.1, la selección de los componentes a ser estudiados por la Ingeniería del Valor se lleva a cabo teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- a) Componentes y/o elementos que presentan los mayores costos en el proyecto y un gran potencial de ahorros.
- b) Componentes y/o elementos con alto grado de dificultad para desarrollar el procedimiento constructivo.
- c) Componentes y/o elementos en los cuales se pueda disminuir el tiempo de construcción y eliminar costos innecesarios.

Tomando en cuenta las anteriores consideraciones se procedió a identificar los componentes listados a continuación:

1) Caminos y accesos, indispensables para trasladar al sitio de los trabajos el material, equipo y personal, con un costo de \$571.347.678.00 (11% del costo estimado inicial) y una longitud aproximada de 3 Km. La selección de ésta actividad se baso también en el alto grado de dificultad que se presenta en la zona para construir los caminos de acceso.

2) Las excavaciones (voladuras principalmente), necesarias para adecuar el terreno a la razante de tubería diseñada, cimentar los atraques, silletas y estructura de apoyo; con un volumen de 1766 m³ para los atraques y silletas y 3834 m³ para la razante de la tubería, con un costo de \$104.886.962.00 (2% del costo inicial del proyecto).

3) La estructura a construir para transportar e instalar la tubería. Como se expuso anteriormente, en el sitio de trazado seleccionado por el diseño inicial para efectuar el cruce del río, se observa un alto grado de dificultad para adoptar un procedimiento constructivo que sirva para llevar a cabo esta actividad, motivo por el cual fué escogida para aplicar los estudios.

No se incluye su costo inicial, en razón a que la Comisión Nacional del Agua (CNA), da la opción al constructor de proponer y aplicar el procedimiento más adecuado y económico; y en base también a que el estudio de esta componente estará concentrado a seleccionar la alternativa que implique un menor grado de dificultad.

4) Sujetadores y apoyos para la tubería. Se incluyen los atraques (20), silletas (45), la estructura de concreto diseñada para dar apoyo a la tubería entre el cadenamiento 12+940 al 13+187 y 13+282.60 al 13+920 (Figura 13) y el encamisado para embeber la tubería en el cauce del río entre el cadenamiento 13+187 al 13+282.60. Figura (14).

A continuación se incluyen las cantidades y costos de estos componentes:

	U	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
i) Atraques y silletas.				
-Concreto fc=100 Kg/cm ²	M3	80	119.142	9.531.360
-Concreto fc=200 kg/cm ²	M3	1588	140.947	223.823.836
-Acero de refuerzo.	KG	39098	4.718	184.464.364
Sub total Atraques y Silletas				417.819.560
ii) Encamisado				
-Concreto fc=200 Kg/cm ²	M3	271	140.947	38.196.637
-Acero de refuerzo	KG	1202	4.718	5.671.036
Sub-total encamisado				43.867.673
iii) Estructura de apoyo para la tubería.				
-Concreto fc=200 Kg/cm ²	M3	3601	140.947	507.550.147
COSTO TOTAL DE SUJETADORES Y APOYO				969.237.380

Estos componentes se seleccionaron en base a que participan en un porcentaje del 18.5% en el costo inicial del proyecto y presentan un alto potencial de ahorros en los costos.

5) La tubería como componente principal en una longitud de 1107 ml y un costo de \$2.679.638.121.00, representando un 51% del costo estimado inicial.

6) Las bridas de 68" con espesores de 5/8" y 1" a colocar en los atraques y sillatas para sujetar la tubería y absorber los esfuerzos cortantes, y las placas de acero complementarias. Figura (15)

	U	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
i) Brida de acero				
-Con placa de acero A-36 de 5/8" de espesor.	KG	13100	11.924	156.204.400
-Con placa de acero A-36 de 1" de espesor.	KG	17000	12.717	216.189.000
Sub-total bridas de acero				372.393.400
ii) Placas de soporte en acero.	KG	22400	7.950	178.080.000
TOTAL BRIDAS Y PLACAS DE ACERO				550.473.400

La selección de estos componentes se realizó en base a que participan en un 10.5% del costo estimado inicial y presentan un alto potencial de ahorros.

7) Las juntas dresser, con un costo de \$132.460.668 y una participación en el estimado inicial del 2.5%.

Los costos de los componentes relacionados anteriormente, sumados representan un 95.5% del costo estimado para ejecutar el diseño inicial, pudiendo apreciarse que los estudios de la Ingeniería del Valor serán aplicados a la mayor parte del proyecto.

En el formato (10) se listan los componentes descritos.

7.6.1.2. Fase de Información.

Las principales variables que deben ser consideradas durante el proceso de estudio, necesarias para realizar el cruce del río se listan en el formato (9).

7.6.1.2.1. Recolección (acopio) de la información.

En esta fase la información se acopió en base a los siguientes tramites y acciones:

1) Visita al sitio del proyecto, realizando entrevistas con el Superintendente del frente Sifón - Ing. Donaciano Angeles y al Superintendente General del Proyecto - Ing. Albano Anadón Nochebuena; ambos funcionarios de la empresa constructora IASA (Ingenieros y Arquitectos S.A.), encargada de la construcción de la Presa Calderón y el Acueducto Calderón-San Gaspar (Planta de tratamiento), filial del Grupo ICA.

2) Comisión Nacional del Agua - Ing. Bernardo Ramirez - entidad ejecutora del diseño inicial del proyecto y

coinversionista para su ejecución.

3) Entrevistas y reuniones con Ingenieros del Departamento de Hidráulica, de la firma consultora ICATEC, encargada del diseño del cruce del río en el proyecto en construcción.

4) Entrevista con el Ing. Rodolfo Valles Favela, Director General de Inversiones en Proyectos Concesionados Grupo ICA, creadores del esquema financiero adoptado para la obtención de recursos a ser aplicados al proyecto.

5) Consultas con fabricantes y proveedores de tuberías, instituciones de investigación y académicas, tales como:

-COMECOP (Tubería de concreto presforzado).

-ICHSA (Tubería de concreto presforzado).

-Tubacero (Tubería de acero).

-Comisión Federal de Electricidad (Instituto de Investigaciones Eléctricas - Cuernavaca).

-Instituto Mexicano del Petrolero.

-Instituto de Ingeniería.

6) Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

La información obtenida a través de las diferentes entidades mencionadas anteriormente, se utilizó para desarrollar y aplicar los estudios de Ingeniería del Valor al proyecto en referencia.

7.6.1.2.2. Definición funcional.

Posteriormente a la identificación de los componentes descritos en la fase anterior, se procedió a definir la función o funciones que desempeña cada uno de estos y a determinar su clase como función básica o secundaria, según se relaciona en el formato (10), siguiendo el procedimiento descrito en el capítulo 3, inciso 3.2.2.1.

La función que desempeña la estructura de apoyo de la tubería (Soportar tubería), se clasificó como función secundaria no esencial, en vista a que ésta puede ser realizada por los atraques y silletas. Se considera como una configuración particular del diseño que puede ser eliminada.

Las funciones de las bridas de acero en las silletas (Absorber esfuerzos y Sujetar tubería), se determinaron como funciones secundarias no esenciales, al poder estas funciones ser ejecutadas por las silletas de concreto modificando su diseño.

Las funciones de los componentes restantes se definieron como funciones básicas, debido a que son primordiales para ejecutar la función "Cruzar la depresión", en estas funciones el estudio de Ingeniería del Valor tratará de disminuir su costo de ejecución

Para facilitar la definición funcional de los componentes y hacer su clasificación como función básica o secundaria, se realizó el diagrama STAF mostrado en la figura (12).

Para la construcción de éste diagrama, se adoptó el procedimiento descrito en el anexo 2; y como ayuda para situarse en el nivel de estudio, el concepto de nivel de

abstracción expuesto en el anexo 1.

Se asumió como función de orden superior la de "Conducir agua", y la función "Cruzar la depresión", se definió como la función básica, siendo colocada en el nivel más alto de abstracción para el objeto del estudio. Posteriormente se colocaron en forma secuencial, las funciones a ser ejecutadas previamente, formando una cadena horizontal, de tal manera que sea posible moverse de un nivel de abstracción a otro, al hacer la pregunta ¿Cómo? o ¿Por qué?.

Cada función colocada en la cadena horizontal, se encuentra ubicada en un nivel de abstracción, y para que pueda ser llevada a cabo, es necesario el apoyo de alguna función concurrente.

Para ejecutar alguna función definida en el diagrama STAF, es necesario utilizar algún componente o elemento. La Ingeniería del Valor analizará la forma de utilizar algún componente que ejecute la función a un costo más bajo, siendo este paso el objetivo principal de los estudios desarrollados en éste trabajo.

Al dar varias definiciones funcionales situadas en diferentes niveles de abstracción (como en éste caso: construir estructura, instalar tubería, transportar tubería, adecuar sitio y proporcionar acceso), se pueden generar un mayor número de ideas y alternativas para llevarlas a cabo, y consecuentemente pensar en varios componentes o elementos.

Se definieron como objetivos específicos a ser considerados durante el proceso de diseño y construcción del proyecto; el cumplir con el tiempo estimado para la terminación de la I Etapa del Sistema La Zurda, siendo este el mes de Junio de 1991; y el reducir el grado de dificultad para efectuar el procedimiento constructivo.

La función "Proporcionar seguridad", estará presente en el transcurso del diseño y ejecución del proyecto, colocandose arriba de la cadena horizontal de funciones, al extremo derecho del diagrama.

7.6.1.2.3. Cociente Costo/Valor.

Se les asignó valor a los componentes descritos a continuación, en base a índices e indicadores obtenidos en la fase de información, al análisis y criterios de diseño utilizados en proyectos similares y a estimadores empleados para determinar presupuestos de estudios de factibilidad en diferentes entidades.

1) Al suministro e instalación de tubería de diámetro 1.80 m un valor de \$2.335.000.00/ML.

Este valor fué obtenido en la empresa consultora ICATEC y ésta fundamentado en un análisis que se realizó para estimar el costo del proyecto La Zurda en su etapa de prefactibilidad y el cual es también utilizado para estimar costos de otros

proyectos.

2) Caminos y accesos un valor de \$ 254.500.000.00/KM.

Este valor fué estimado tomando una licitación para la construcción de un camino de terracería en la zona 1 de la República Mexicana, preparada para la Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

3) A las juntas de expansión se les asignó un valor de \$7.555.000.00 por unidad, tomando como base la cotización presentada por un taller especializado para la fabricación de juntas de expansión denominadas "de manguito" figura (25), empleadas en proyectos similares con la finalidad de desempeñar las funciones de absorber expansiones, unir tubería y proporcionar seguridad.

Hay que tener en cuenta que éste tipo de junta suministra una función adicional (Proporcionar seguridad), no desempeñada por las juntas dresser incluidas en el diseño inicial.

4) El valor por m³ de la excavación a realizar para obtener la razante de tubería y la cota de cimentación para la estructuras de atraques y silletas, se determinó a partir del tabulador de precios unitarios de la SCT para el año de 1990, presentando un costo similar al del diseño inicial (\$19.274), por lo cual se considero como valor por m³ el mismo costo estimado para el proyecto inicial.

5) El valor para los sujetadores y apoyos de la tubería se determinó tomando como base criterios de diseño utilizados en proyectos similares. Se estimo el volumen de concreto reforzado y acero de refuerzo a utilizar en las silletas y atraques, a partir de un cálculo estimado de las fuerzas actuantes en los puntos de deflexión vertical que se presentan en el trazado del diseño inicial. En estos puntos de deflexión es necesario construir estructuras de concreto que contrarresten las fuerzas actuantes originadas por la presión hidrodinámica de la tubería. Estas estructuras corresponden a los atraques; adoptando el criterio anterior se estimó que sería necesario utilizar 488 m³ de concreto reforzado por Km para equilibrar dichas fuerzas.

Para las silletas se aplicó un criterio similar y se determino un volumen de 297 m³ por Km.

La cantidad de refuerzo estimado es de 40200 Kg incluyendo los anclajes.

El criterio utilizado contempla construir los atraques y silletas en concreto reforzado, anclados al terreno de cimentación.

Originalmente se determinó el volumen de concreto y acero de refuerzo a utilizar por cada estructura, y posteriormente se tomo la unidad Km para poder determinar el valor total del trazado.

El valor se determinó de la siguiente manera:

	U	Cant/km	Costo Unitario	Costo Total
1) Concreto Fc=200 Kg/cm2 para atraques y silletas	M3	785	140.947	110.643.395
ii) Acero de fy=4200 Kg/cm2 para refuerzo y anclajes. VALOR ATRAQUES Y SILLETAS	KG	40200	4.718	189.663.600 300.306.995

Este valor coincide para el proyecto en estudio debido a que la longitud de tubería a construir con atraques y silletas es de 1000 metros aproximadamente.

Para la estimación del valor se tomó como costo unitario del concreto y acero de refuerzo, el mismo costo empleado para el cálculo del estimado del diseño inicial, en razón a que son similares a los definidos en el tabulador de la SCT (\$142.570 para el concreto), para proyectos similares.

6) Para determinar el valor del encamisado de la tubería en el cauce del río, se adoptó el mismo criterio empleado en el numeral anterior, asignándole un valor igual al costo del diseño inicial.

7) A las estructuras de apoyo de la tubería y las bridas de acero no se les asignó valor, debido a que las funciones que realizan "Soportar tubería" y "Absorber esfuerzos", se definen como funciones secundarias no esenciales.

El cociente de Costo/Valor obtenido para los componentes enunciados anteriormente es de 1.22. (Formato 10).

Considerando que los caminos de acceso tienen una relación de costo/valor menor que 1, y cualquier alternativa que se genere tenderá a disminuir el grado de dificultad para su construcción y consecuentemente su costo, se decidió no incluirlos en los estudios de Ingeniería del Valor. Igual tratamiento recibió la tubería de acero con una relación de costo/valor cercana a la unidad, siendo su valor de suministro el mismo en cualquier sitio de trazado que se seleccione para el cruce del río Santiago y similar al valor utilizado en proyectos semejantes.

Se determinó la relación de Costo/Valor, excluyendo los caminos de acceso y la tubería, obteniéndose un índice de 2.30. Formato (10A).

Como resultado de lo anterior se aplicaran los estudios de Ingeniería del Valor con mayor énfasis a los componentes relacionados en el Formato (10A).

7.6.1.3. Fase de Especulación (Creatividad).

En esta fase se generan alternativas que consideren realizar las funciones definidas anteriormente, a un costo más bajo, menor grado de dificultad y menor tiempo de ejecución. Para

ésto es necesario identificar otros sitios diferentes al originalmente propuesto.

El formato (11) muestra una relación de las ideas generadas.

Para simplificar el estudio se generaron ideas que fueran factibles de ejecutar.

7.6.1.4. Fase de Evaluación y Selección.

A continuación se hace una descripción de las ideas generadas, enunciando sus ventajas y desventajas:

Para la evaluación y selección de las ideas fué necesario desarrollar un nuevo diseño para adoptar las ideas generadas en la fase anterior. El proceso de evaluación y selección que se describe a continuación se basará en el nuevo diseño efectuado por la firma de consultoría ICATEC.

1) Desplazar el cruce de la tubería una distancia de 150 metros en dirección aguas abajo del sitio originalmente propuesto por la CNA.

En este sitio el terreno presenta condiciones topograficas más favorables para desarrollar el procedimiento constructivo. Las pendientes del terreno natural en la margen izquierda son más uniformes, con lo cual es posible diseñar y adaptar al terreno una razante de tubería que facilite el procedimiento para transportar e instalar la tubería. En este sitio, es factible construir caminos por la margen derecha, para tener acceso a la línea de trazado en diferentes puntos de la ladera y el cauce del río.

En la fotos (3) y (4) se aprecia una vista de la zona descrita anteriormente. En el croquis (3) se ilustran las pendientes del terreno natural en este sitio.

Esta idea presenta como ventajas, la posibilidad de disminuir el grado de dificultad para llevar a cabo el procedimiento constructivo. Al presentarse una mayor uniformidad en las pendientes en ambas laderas, se facilita implantar un sistema de transporte e instalación para la tubería, consecuentemente a ésto es posible disminuir los costos y el tiempo de ejecución del proyecto.

Al adoptar esta idea es posible eliminar la longitud de la tubería de concreto en un tramo de 60 metros aproximadamente Croquis (4).

Al revisar las presiones que se presentan en distintos puntos del trazado localizado en este sitio, se pudo constatar que a partir del cadenamamiento 13+500 la carga de operación es menor de 170 metros, con lo cual es posible utilizar tubería de concreto presforzado de 180 metros de carga de agua hasta el cadenamamiento 13+918.97.

Este cambio no fué considerado en razón a que el costo para el suministro de tubería de concreto presforzado de diámetro 1.82 m es similar al de la tubería de acero de 60" con espesor de pared 1/2", por lo cual el contratista no recibirá ningún beneficio adicional por proponer el cambio y además no causa ahorros al propietario del proyecto.

En el cuadro (5) se presentan los calculos efectuados para determinar las presiones en diferentes puntos del nuevo trazado, en la margen izquierda.

Presenta como desventaja el tener que rediseñar el trazado de la tubería en éste tramo.

2) Realizar el trazado en la margen izquierda por un arroyo seco.

Al generar ésta idea, se trata de aprovechar la presencia de un arroyo seco en la margen izquierda. La acción del agua a través del tiempo fué labrando la ladera; para el proyecto en estudio este sitio ofrece condiciones favorables en razón a que presenta una pendiente más uniforme en toda su longitud hasta el cauce del río.

En la fotos (5) y (6) se puede apreciar el sitio, y en el croquis (5) se presentan las pendientes del terreno natural en éste tramo.

En éste sitio se presentan en casi toda su longitud pendientes naturales con valores de 35 a 40 grados, a excepción de dos pequeños acantilados. En base a lo anterior se pudo diseñar una rzanate de tubería con una pendiente uniforme en la mayor parte de la margen izquierda con un valor promedio de 43 grados, lo que facilita implantar un procedimiento constructivo para el transporte e instalación de la tubería en base a la utilización de un malacate del cadenamamiento 13+319.31 al 13+440, descartando la necesidad de construir puntos intermedios.

Al presentar el terreno pendientes uniformes, decrece el grado de dificultad en la construcción.

Presenta como desventaja el tener que rediseñar el trazado en éste tramo, el incremento de los costos al ser necesario construir contracunetas en la cabecera de la ladera para impedir el drenaje de las aguas pluviales por el arroyo seco (escurridor) y la disminución en la seguridad durante la operación del acueducto por el daño que puedan ocasionar a las estructuras de apoyo de la tubería (atraques y silletas), las posibles avenidas de aguas pluviales que pueden desarrollar velocidades que erosionen y socaven las estructuras de apoyo.

3) Esviajar la línea de trazado en el cauce del río.

A la poligonal del nuevo trazo localizado 150 metros aguas abajo del sitio originalmente propuesto, definida inicialmente como una sola tangente de una margen a otra, se propone

modificarla en el cauce del río, en base a desplazar 16 metros aguas arriba el punto localizado en el cadenamamiento 13+263.08, localizado en la base de la ladera en la margen izquierda, obteniendo el ángulo de deflexión mostrado en el croquis (6).

Esta idea tiene como objetivo evitar ubicar el trazado por el eje del arroyo seco (escurrido) y aprovechar el esviajamiento de la línea del trazo de una ladera con respecto a la otra, con el fin de tener espacio en el cauce del río para el acopio de materiales producto de la excavación, y evitar que la rezaga de las voladuras se depositen en un solo sitio impidiendo la normal ejecución de los trabajos del equipo en el cauce del río.

La idea anterior origino otra alternativa para el trazado en el cruce del río que será descrita posteriormente.

Esta idea presenta como desventaja la necesidad de realizar trabajos de rediseño.

4) Construir obras de drenaje en la cabecera del arroyo seco.

Esta idea es complementaria a la de efectuar el trazado en la margen izquierda por el arroyo seco y tiene como fin evitar el drenaje de aguas pluviales por este sitio, con lo cual sería posible localizar el trazado de la tubería por el eje del arroyo.

Presenta como desventaja el incremento en los costos al ser necesario la construcción de contracunetas, el tener que realizarles mantenimiento durante la operación del proyecto y el rediseño.

5) Anclar los atraques y silletas al terreno.

Antes de explicar esta idea es preciso aclarar que al efectuar el diseño por el sitio de cruce propuesto, el número de atraques a construir disminuye a 16.

Aprovechando las condiciones del terreno de cimentación en el sitio, se propone anclar los atraques y silletas, con el objeto de reducir las dimensiones de los mismos, disminuyendo el volumen de concreto y reduciendo los costos y tiempo de ejecución.

Para llevar a cabo ésta idea fué necesario efectuar un rediseño a los elementos mencionados, en base a la información geológica y técnica del proyecto. Figuras (16, 17, 18, 19, y 20).

6) Construir una vía y un carro trasportador para el transporte e instalación de la tubería.

Aprovechando las condiciones topograficas que presenta el nuevo sitio, es posible diseñar y adaptar un sistema que sirva para transportar e instalar la tubería, en base a la construcción de una vía y la fabricación de un carro

transportador, disminuyendo el grado de dificultad y tiempo de construcción. Figuras (21, 22, 23 y 24).

En el cuadro (6) se presenta el estimado para la construcción de la vía y la fabricación del carro para el transporte y colocación de la tubería.

Es necesario efectuar el diseño del carro transportador y la vía.

7) *Modificar las juntas de expansión.*

La junta dresser incluida en el diseño original, no garantiza la seguridad contra posibles actos de vandalismo durante la operación del proyecto, su ajuste con tornillos presenta el riesgo que estos puedan ser desalojados de su sitio.

Para obviar lo anterior y cumplir con la función de "Proporcionar Seguridad", se propone construir la junta de expansión en base a la junta mostrada en la figura (24).

Presenta como desventaja el tener que efectuar su rediseño.

8) *Eliminar las bridas de acero.*

Al realizar una revisión al diseño de las silletas, se comprobó que efectuando un pequeño cambio a la configuración de apoyo de las mismas, estas cumplen con las funciones asignadas originalmente a las bridas de acero "absorber esfuerzos" y "sujetar tubería". Figura 19 y 20.

Los sujetadores diseñados originalmente para los atraques fueron cambiados por anillos fabricados con placas de acero tal como se muestra en la figura 17.

Presenta como desventaja el rediseño.

7.6.1.4.1. Comparación de las ideas.

A continuación se procede a realizar una comparación de las ideas generadas, incluyendo las ventajas y desventajas descritas anteriormente.

Se seleccionan las mejores ideas en base al siguiente proceso de calificación:

Se asume un rango de calificación igual al número de ideas generadas, para este caso del 1 al 8. A la mejor idea se le asigna una calificación de 1 y a la peor una calificación de 8.

El formato (12) ilustra el proceso descrito.

Las ideas generadas en la fase de especulación y seleccionadas en ésta fase, se integran en dos alternativas para efectos de evaluación; conformadas de la siguiente manera:

ALTERNATIVA 1.

Desplazamiento del sitio del cruce 150 metros aguas abajo del sitio originalmente propuesto, esvianado la línea de trazado en el cauce del río una distancia de 16 metros aguas arriba del punto situado en el cadenamiento 13+263.08, localizado en la base de la margen izquierda (Croquis 3 y 6), para evitar el lecho del arroyo seco. Fotos (7) y (8).

En el croquis (3) se presentan las pendientes de la razante de la tubería diseñadas para ésta alternativa.

Se incluye el diseño para la fabricación de un carro transportador y la construcción de una vía con rieles. Figuras (21, 22, 23 y 24).

La fuerza de tracción necesaria para el proceso de instalar la tubería será proporcionada por un par de malacates, uno situado en el cadenamiento 12+895.12 (Margen derecha) y el otro en el cadenamiento 13+440 (Margen izquierda). Foto (9).

ALTERNATIVA No 2. (Arroyo seco).

Desplazamiento del sitio del cruce 150 metros aguas abajo del sitio originalmente propuesto ubicando la línea de trazado por el eje de un arroyo seco en la margen izquierda, efectuando algunas obras de drenaje complementarias en la cabecera del mismo. Fotos (10) y (11).

En el croquis (5) se presenta la razante de la tubería diseñada para ésta alternativa en la margen izquierda. La margen derecha presenta las mismas condiciones de diseño consideradas en la alternativa 1.

El sistema diseñado para el transporte y la colocación de la tubería, es igual al descrito en la Alternativa 1.

Para ambas alternativas se diseñaron 16 atraques y 37 silletas, con anclajes en el terreno de cimentación (figuras 16, 17, 18, 19 y 20), y 16 juntas de expansión tipo manguito figura (24).

7.6.1.4.2. Costeo del Ciclo de Vida.

Se realizó el cálculo del costeo del ciclo de vida según la metodología expuesta en el Anexo (4).

El costeo del ciclo de vida se calcula en base a todos los costos necesarios para efectuar la construcción inicial y la operación y mantenimiento del sifón. Es importante anotar que en el sifón, la mayoría de los costos se generan en la etapa de construcción, en la vida del proyecto se pueden considerar los costos de mantenimiento necesarios para efectuar limpieza a la tubería, aplicar pintura exterior, dar mantenimiento a las válvulas y limpieza a la zona.

Para la determinación del costo del diseño inicial y el costo de las alternativas 1 y 2, se tomo como base el tabulador de precios unitarios emitido por la Comisión Nacional del Agua para el año de 1990, expresados a costos directos.

En el formato (13) se da una estimación de los costos del cruce (Sifón) para el proyecto de trazado original propuesto la Comisión Nacional del Agua (CNA).

En el formato (14) y (15) se presenta una estimación de los costos para la alternativa 1 y 2, generadas al aplicar la Ingeniería del Valor.

La vida económica del proyecto se estimo en 30 años con una tasa de descuento del 12%.

En el formato (16) se analiza el costeo del ciclo de vida de cada una de las alternativas y se determina la de menor costo y mayores ahorros.

En los cuadros 7, 8, y 9 se estiman los costos a efectuar durante la operación del proyecto y el valor de rescate para el diseño inicial y las alternativas 1 y 2.

Se observa que la Alternativa 1 es la que presenta el menor costo y los mayores ahorros durante la vida del proyecto. Con un costo inicial de \$ 4.332.501.434.00, costos de reposición y mantenimiento de \$225.283.335.00 y un costo durante el ciclo de vida del proyecto de \$ 4.551.073.565.00, obteniendose un ahorro en valor presente, durante la vida del proyecto de \$ 1.002.056.868.

Adicionalmente a lo anterior se realizó un estimado de los costos para construir la vía y fabricar el carro para transportar e instalar la tubería en la alternativa 1, con un monto de \$ 740.605.810.00, tal como se ilustra en el cuadro 6. Se considera que el costo para aplicar éste sistema al diseño inicial se incrementa de manera apreciable, al requerir un mayor número de componentes e infraestructura para su construcción; adoptando este concepto la alternativa 1 adquiere otra ventaja para considerar su selección.

7.6.1.4.3. Evaluación Ponderada.

Para efectuar la evaluación ponderada se adoptó la metodología descrita en el anexo (5).

Los criterios considerados para ser integrados al proyecto fueron los siguientes:

1) Tiempo de construcción: En base a la programación de las obras en la I Etapa del Sistema La Zurda, el cruce del río Santiago se debe realizar en un tiempo máximo de 11 meses, contados a partir del día 1 de Junio de 1990, debiendo concluir el 30 de Abril de 1991. Lo anterior para cumplir con la fecha de entrega de la I etapa, la cual es el día 1 de Junio de 1991.

2) Grado de dificultad: Debido a las condiciones topograficas del sitio, se presenta un alto grado de dificultad para aplicar y adoptar un procedimiento constructivo, se debe tratar de encontrar una zona en donde ésta presente condiciones más favorables para la construcción.

3) Costo inicial: Se debe mantener éste criterio en el estudio y selección de todos los componentes o elementos del proyecto, tratando de adoptar los que presenten el menor costo inicial.

4) Seguridad: El objetivo del proyecto es garantizar el suministro de agua potable a la ciudad de Guadalajara con el menor número de interrupciones, para lo cual se debe suministrar las condiciones de seguridad necesarias con el fin de evitar que esto ocurra durante la operación del sistema.

5) Tiempo de rediseño: Con el objeto de cumplir con el tiempo programado para ejecutar el proyecto, el tiempo de rediseño debe adaptarse a las fechas estimadas de entrega.

6) Mantenimiento: Los componentes del acueducto, y en este caso los de la conducción en el cruce deberán garantizar su mantenimiento.

Estos criterios se relacionan en el formato (17), y se les realiza la evaluación ponderada según la metodología descrita en el anexo (5).

Para la comparación de los criterios se tomo en cuenta las consideraciones expresadas en los numerales 1 al 6.

Al comparar el criterio del tiempo de construcción con los otros criterios, se determinó que éste es de igual importancia que el criterio de grado de dificultad y costo inicial y más importante que los otros criterios, basandose en las consideraciones enunciadas en el numeral 1.

El criterio del grado de dificultad se considero que tiene la misma importancia que el criterio del costo inicial, seguridad y tiempo de rediseño; y es más importante que el criterio de mantenimiento.

El criterio del costo inicial se consideró más importante que el criterio de mantenimiento y de igual importancia que los criterios de seguridad y tiempo de rediseño.

El criterio de seguridad se considero de mayor importancia que el de mantenimiento y menor importancia al confrontarlo con el tiempo de rediseño.

El criterio de tiempo de rediseño se considero de mayor importancia que el criterio de mantenimiento.

En el formato (18) se analizan y ponderan el diseño inicial y las alternativas 1 y 2.

Las asignación de las calificaciones a las alternativas, al compararlas con los criterios integrados al proyecto, se realizó considerando las ventajas y desventajas de cada una de estas, relacionadas anteriormente al describir las propiedades de cada idea generada en la fase de evaluación y selección.

La alternativa 1, fué la que obtuvo un mayor puntaje (81) al efectuar la ponderación. Formato (18).

En la evaluación por el costeo del ciclo de vida se observa en el formato (16) que la alternativa 1 presenta el menor costo inicial, menores costos de reposición y mantenimiento y mayor ahorro durante la vida del proyecto. En la evaluación ponderada obtuvo el mayor puntaje (81).

Considerando lo anterior se seleccionó la Alternativa 1 para ser aplicada al proyecto, procediendo a su recomendación y a describir sus ventajas en la fase de Presentación (Propuesta).

7.6.1.5. Fase de Presentación (Propuesta).

En esta fase se hace una presentación del proyecto estudiado, mostrando las ventajas de la alternativa seleccionada (1), encontrándose en la exposición argumentos y descripciones ya mencionadas durante el análisis de las fases anteriores.

lo que se describe a continuación es lo que un equipo de Ingeniería del Valor presenta como resultado de sus estudios.

7.6.1.5.1. Descripción del proyecto estudiado.

El proyecto sometido a los estudios de Ingeniería del Valor, consistió en el análisis de un tramo del acueducto de la Presa Calderón a la Planta de Tratamiento, en el sitio del cruce con la depresión del río Santiago.

El trazado inicial propuesto por la Comisión Nacional del Agua, estimaba realizar el cruce utilizando tubería de acero de 60" API - 5L -X- 42 con espesores de pared de 1/2, 5/8 y 3/4 de pulgada, excavando en la ladera y el cauce del río para lograr la razante de tubería diseñada mostrada en el croquis (2).

La longitud aproximada de tubería diseñada es de 1000 metros en proyección horizontal y 1100 m de desarrollo.

La depresión en este sitio presenta las siguientes condiciones topograficas:

1) Desnivel en el cauce del río de:
-175 metros con la margen derecha, y
-225 metros con la margen izquierda.

2) Pendientes naturales hasta de 60 grados, acantilados de 20 metros de altura y en la margen izquierda pendientes en dos direcciones. Fotos (1) y (2).

Las principales variables consideradas para realizar el diseño inicial fueron: (Formato 9).

1) Carga de operación en el lecho del río (Incluye la prueba hidrostática)	423.9 metros.
2) Presión de trabajo	42.39 Kg/cm ²
3) Gasto máximo de diseño	3.00 m ³ /s.

7.6.1.5.2. Problemática.

El sitio del cruce propuesto por el diseño original presenta condiciones topográficas que hacen difícil desarrollar el procedimiento constructivo, por la presencia de pendientes pronunciadas y acantilados. En la margen izquierda se presentan pendientes que complican la construcción de caminos de acceso, en la razante de tubería diseñada para esta margen se observan cambios bruscos en la pendiente en 9 puntos, lo que impide aplicar algún procedimiento constructivo que facilite el transporte e instalación de la tubería desde la cabecera de la ladera hasta el cauce del río, utilizando un sistema continuo de traslado.

7.6.1.5.3. Estudios de Ingeniería del Valor.

De acuerdo a la problemática expresada anteriormente, se procedió a aplicar los estudios de Ingeniería del Valor al trazado de la tubería en el cruce de la depresión con el río Santiago, definiendo como objetivo encontrar un sitio de cruce que implicará un menor grado de dificultad para la aplicación del procedimiento constructivo y consecuentemente una disminución en el costo y tiempo de construcción.

Se identificaron los componentes que presentaban una participación importante en el costo del proyecto, un alto potencial para obtener ahorros en los costos; posibilidad de eliminar costos innecesarios y disminuir el grado de dificultad para aplicar el procedimiento constructivo y el tiempo de construcción. Estos componentes se relacionan en el formato (10).

Posteriormente se procedió a realizar el análisis funcional, definiendo la función que desempeña cada componente, y clasificando esta función como básica o secundaria. Conociendo el costo inicial de cada componente (Formato 13), se les asignó valor de acuerdo al procedimiento descrito en el inciso 7.6.1.2.3., obteniéndose una relación de Costo/Valor de 2.30, calculada de acuerdo a los datos anotados en el formato (10A).

Se generaron ideas para alcanzar los objetivos expuestos al implantar los estudios de Ingeniería del Valor, mostradas en el formato (11).

En la fase de evaluación y selección se describen las ventajas y desventajas de cada idea generada, y se procede a compararlas por medio de la asignación de una calificación tal como se relaciona en el formato (12).

Las ideas generadas en esta fase se resumieron en dos alternativas que se detallan a continuación:

ALTERNATIVA 1.

Desplazamiento del sitio del cruce 150 metros aguas abajo del sitio originalmente propuesto, esvianado la línea de trazado en el cauce del río una distancia de 16 metros aguas arriba del punto situado en el cadenamamiento 13+263.08, localizado en la margen izquierda (Croquis 3 y 6), para evitar el lecho del arroyo seco (escurridero). Fotos (7 y 8).

Esta alternativa contempla la construcción de una vía con rieles y la fabricación de un carro para transportar e instalar la tubería. Figuras (21, 22, 23 y 24).

La fuerza de tracción necesaria para el proceso de instalar la tubería será proporcionada por un par de malacates, situados en la cabecera de cada ladera. Foto (9).

ALTERNATIVA 2 (Arroyo Seco).

Desplazamiento del cruce una distancia de 150 metros aguas abajo del sitio originalmente propuesto, ubicando la línea de trazado por el eje de un arroyo seco en la margen izquierda, efectuando algunas obras de drenaje complementarias en la cabecera del mismo fotos (10 y 11). La razante de la tubería diseñada para este tramo se muestra en el croquis (5).

El sistema diseñado para el transporte y la colocación de la tubería, es igual al descrito para la alternativa 1.

Para ambas alternativas se diseñaron 16 atraques y 37 silletas, con anclajes en el terreno de cimentación (Figuras 16, 17, 18, 19 y 20), y 16 juntas de expansión tipo manguito. Figura (24).

Al diseño original y las dos alternativas propuestas, se les determinó el costeo del ciclo de vida, para lo cual se realizaron los siguientes estimados:

- 1) Estimado de los costos iniciales (construcción), de acuerdo a lo descrito en los formatos 13, 14 y 15.
- 2) Estimado de los costos de mantenimiento y reposición, así como el valor de rescate. Cuadros 7, 8, y 9.

Integrados estos costos en el formato (16), se procedió a estimar el costeo del ciclo de vida para el diseño inicial y las dos alternativas propuestas, considerando una vida económica de 30 años y una tasa de descuento del 12%.

Como resultado del anterior análisis se observa que la Alternativa 1 es la que presenta el menor costo y los mayores ahorros durante la vida del proyecto; con un costo inicial de \$ 4.332.501.434, costos de reposición y mantenimiento de \$ 225.283.335 y un ahorro durante la vida del proyecto de \$ 1.002.056.868. En la tabla 5, se hace una relación de

los costos y ahorros obtenidos para cada alternativa. Adicionalmente a lo anterior se realizó un estimado de los costos para construir la vía y fabricar el carro de transporte en la alternativa 1, obteniendo un monto de \$ 740.605.810, tal como se describe en el cuadro (6). Se considera que el costo para aplicar este sistema al diseño inicial sería mucho mayor, al requerir más componentes e infraestructura para su construcción; adoptando este concepto, la alternativa 1 adquiere otra ventaja que fué considerada al efectuar la selección.

Posterior al análisis del costeo del ciclo de vida se realizó la evaluación ponderada, incluyendo los criterios de :

- Tiempo de construcción.
- Grado de dificultad.
- Costo inicial.
- Seguridad.
- Tiempo de rediseño.

La ponderación obtenida para cada criterio se relaciona en el formato (17).

Se comparó el diseño inicial y las alternativas propuestas contra cada uno de estos criterios, obteniendo un mayor puntaje la alternativa 1, el procedimiento se ilustra en el formato (18).

Como resultado de los estudios de Ingeniería del Valor, fué seleccionada la alternativa 1, proponiéndose ser aplicada al proyecto en estudio teniendo en cuenta las ventajas mencionadas en el inciso siguiente.

7.6.1.5.4. Ventajas de la alternativa seleccionada (No 1).

La alternativa seleccionada se recomienda aplicarla al proyecto en estudio considerando las siguientes ventajas:

1) Margen Derecha.

Debido a la uniformidad de la pendiente en casi toda la longitud de esta margen, el procedimiento de excavación y voladura se puede realizar de arriba hacia abajo, desalojando la rezaga resultante con tractor. Posibilidad de construir caminos de acceso a la línea de trazado, con la ventaja de poder transportar los equipos hasta el cauce del río. Foto (4)

2) Margen Izquierda.

La uniformidad de la pendiente que se presenta en esta ladera y la disminución en el grado de dificultad, permite implantar el sistema para el transporte y colocación de la tubería a base de una vía y carro transportador. Fotos (12 y 13). A partir del cadenamamiento 13+500 es posible colocar la tubería de acero utilizando tiendetubos en una longitud de 420 metros. Fotos (14 y 15).

3) El cambio de dirección de la línea de trazado en el cauce del río, favorece la realización de los trabajos de desvío, ya que éste cambio impide que la rezaga producto de la voladuras

TABLA No 5

COMPARACION DEL COSTEO DEL CICLO DE VIDA PARA EL DISEÑO ORIGINAL Y LAS ALTERNATIVAS 1 Y 2

RELACION DE LOS AHORROS OBTENIDOS

COSTO INICIAL	Diseño original		Alternativa 1 (Recomendada)		Alternativa 2	
	Monto	Ahorros	Monto	Ahorros	Monto	Ahorros
Costo inicial	5,172,335,958		4,332,501,434		4,335,370,138	
Ahorro en la inversión inicial				839,834,524		836,965,820
Costos de reposición y mantenimiento	387,537,712		225,283,335		237,318,232	
Ahorros en reposición y mantenimiento				162,254,377		150,219,480
Valor de rescate	6,743,237		6,711,203		6,711,203	
Costos durante la vida del proyecto	5,553,130,433		4,551,073,566		4,565,977,167	
Ahorros durante la vida del proyecto	-			1,002,088,901		987,185,300

TABLA No 5

COMPARACION DEL COSTEO DEL CICLO DE VIDA PARA EL DISEÑO ORIGINAL Y LAS ALTERNATIVAS 1 Y 2

RELACION DE LOS AHORROS OBTENIDOS

COSTO INICIAL	Diseño original		Alternativa 1 (Recomendada)		Alternativa 2	
	Monto	Ahorros	Monto	Ahorros	Monto	Ahorros
Costo inicial	5,172,335,958		4,332,501,434		4,335,370,138	
Ahorro en la inversión inicial				839,834,524		836,965,820
Costos de reposición y mantenimiento	387,537,712		225,283,335		237,318,232	
Ahorros en reposición y mantenimiento				162,254,377		150,219,480
Valor de rescate	6,743,237		6,711,203		6,711,203	
Costos durante la vida del proyecto	5,553,130,433		4,551,073,566		4,565,977,167	
Ahorros durante la vida del proyecto	-			1,002,088,901		987,185,300

en ambos márgenes se acumulen en un mismo sitio en el cauce, e impida los trabajos. Fotos (16) y (17).

4) Al desplazar el cruce 150 metros aguas abajo, fue posible ahorrar un tramo de tubería de concreto de longitud 70 metros. Croquis (4).

5) Al disminuir los puntos de deflexión vertical y anclarse los atraques y silletas, es posible reducir sus dimensiones y la cantidad de concreto y acero de refuerzo.

6) Al modificar el diseño de las silletas se eliminan las bridas de acero, obteniendo una disminución apreciable en la cantidad de acero.

En la tabla (6) se hace una descripción de los ahorros a obtenerse de ser implantada la alternativa 1, al compararla con el alcance del diseño inicial.

7.6.1.6. Fase de Evaluación y Seguimiento.

La Alternativa 1 recomendada en la Fase de Propuesta (Presentación), fué adoptada para la construcción del cruce del acueducto en la depresión del río Santiago.

Para su implantación se debe integrar al personal de diseño a la construcción, participando en el estudio de los posibles cambios que se puedan presentarse, siendo importante que éste personal realice visitas periódicas al sitio de la obra.

Se deberá realizar una coordinación para efectos de aplicar los cambios propuestos, con la intervención de la Dirección del Proyecto de Construcción, la Superintendencia del Frente Sifón, la entidad ejecutora del diseño y la Supervisión.

Para el seguimiento de las recomendaciones y cambios propuestos se puede aplicar un programa de Aseguramiento de Calidad, que garantice la entrega de los recursos en las fechas determinadas, el cumplimiento del programa de construcción y la calidad técnica de la obra. Este programa servirá también para comprobar si las recomendaciones del estudio de Ingeniería del Valor pudieron ser ejecutadas según lo estimado en cuanto a tiempo, costo y especificaciones técnicas.

En la actualidad se está aplicando el concepto de Aseguramiento de Calidad al proyecto de La Zurda, mediante la elaboración de un trabajo de tesis por parte de un alumno de la maestría en Construcción de la UNAM, posteriormente este trabajo podrá ser consultado con el fin de complementar lo aquí expuesto.

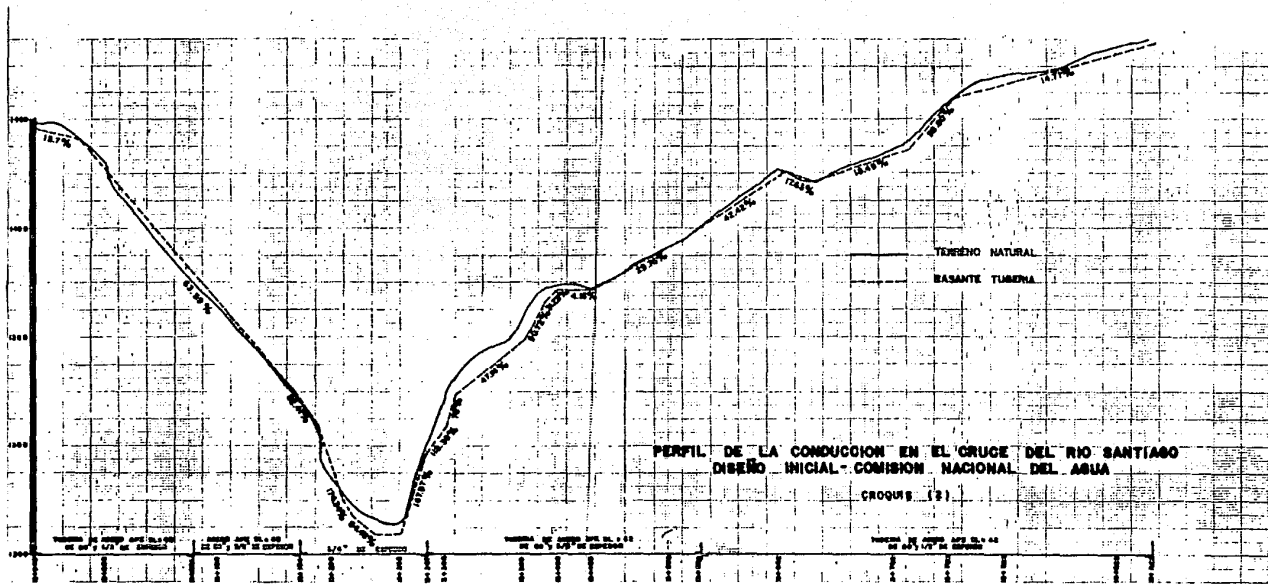
TABLA No 6

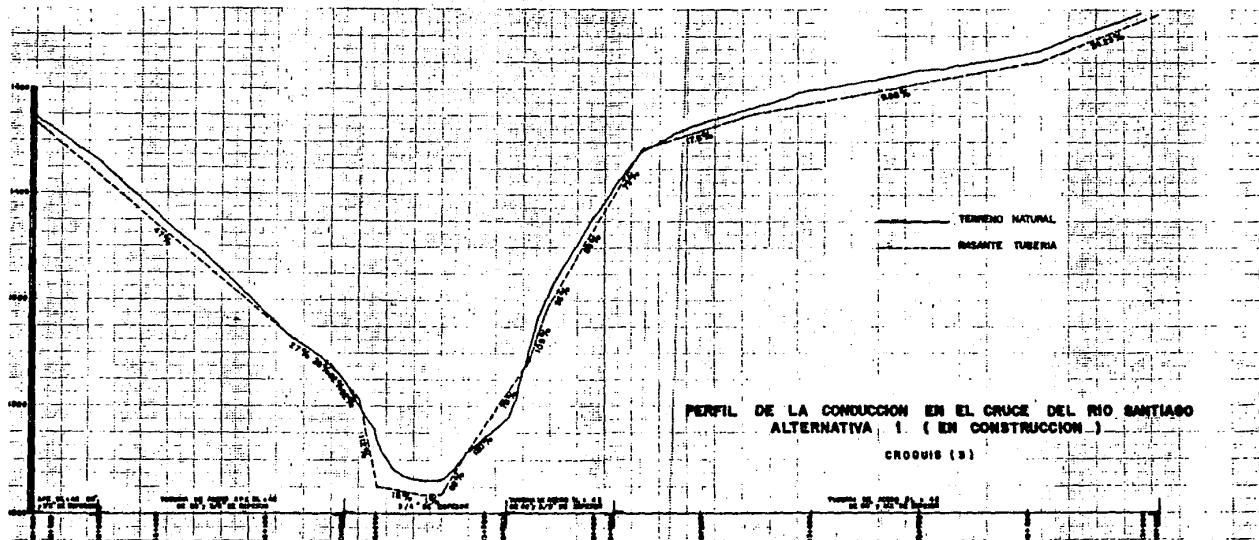
CUADRO COMPARATIVO ENTRE EL DISEÑO INICIAL Y LA ALTERNATIVA 1 (RECOMENDADA).

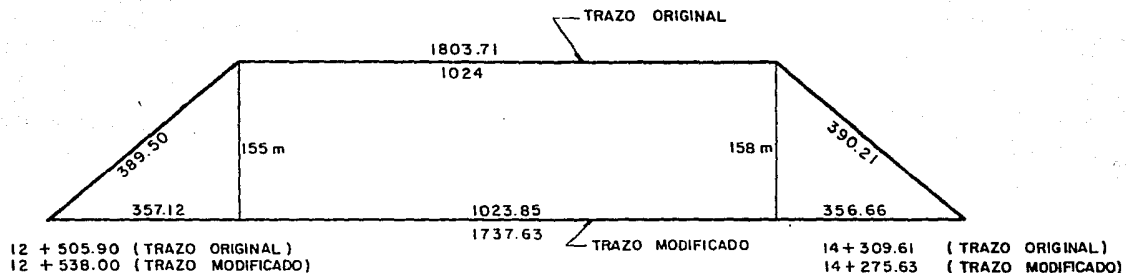
COMPONENTE	Cantidad	Diseño inicial		Alternativa 1 (Recomendada)		Ahorros totales		Participación en los ahorros (%)
		Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Ahorro	
1) Concreto fc =200 kg/cm2 para atraques	M3	1432	201,836,104	325	45,807,775	1107	156,028,329	14
2) Concreto fc =200 kg/cm2 y 150 kg/cm2 para silleas, tubería y encamisado.	M3	4028	567,734,516	582	76,080,204	3446	491,654,312	43
3) Acero de refuerzo para atraques y silleas.	KG	40300	190,135,400	33502	158,062,436	6798	32,072,964	3
4) Acero en placa para bridas, sujetadores y apoyos de la tubería	KG	52500	550,473,400	31251	248,445,450	21249	302,027,950	26
5) Tubería de concreto presforzado de diámetro 72" y 180 m.c.a.	ML	70	164,291,750	-	-	70	164,291,750	14
AHORROS TOTALES							1,146,075,305	100

Los costos de rediseño son de \$ 350,000,000

Al hacer una relación entre los ahorros obtenidos al aplicar los estudios de Ingeniería del Valor (\$1,146,075,305) y los costos de rediseño (\$350,000,000), se obtiene un factor de 3.3 : 1, o sea que por cada peso que se invierte para implantar los estudios se obtienen \$ 3,30 pesos de ahorro.



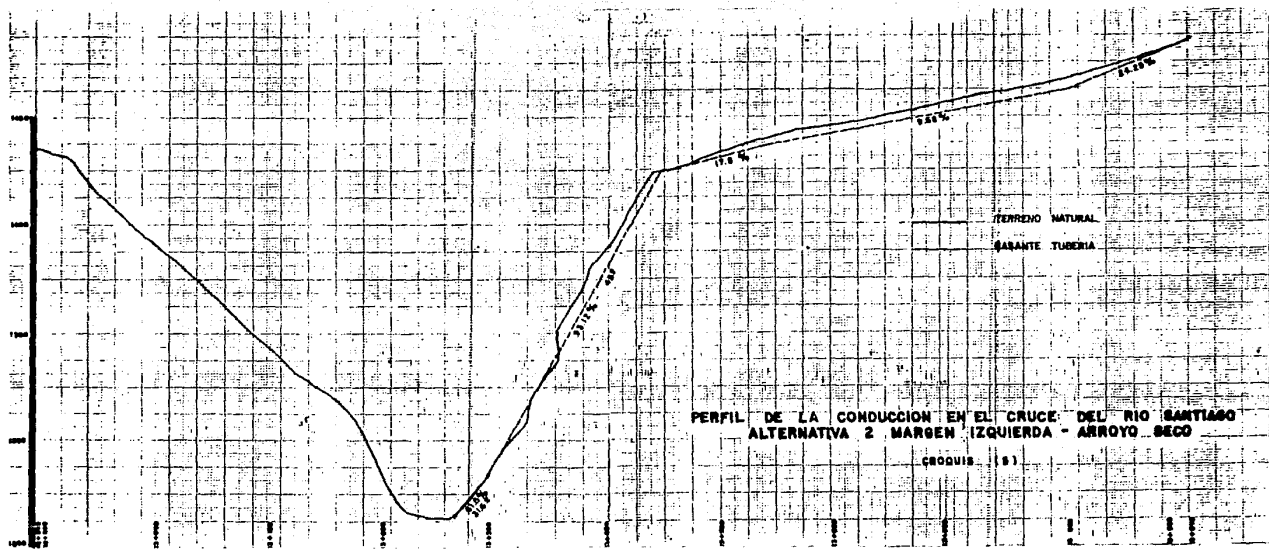


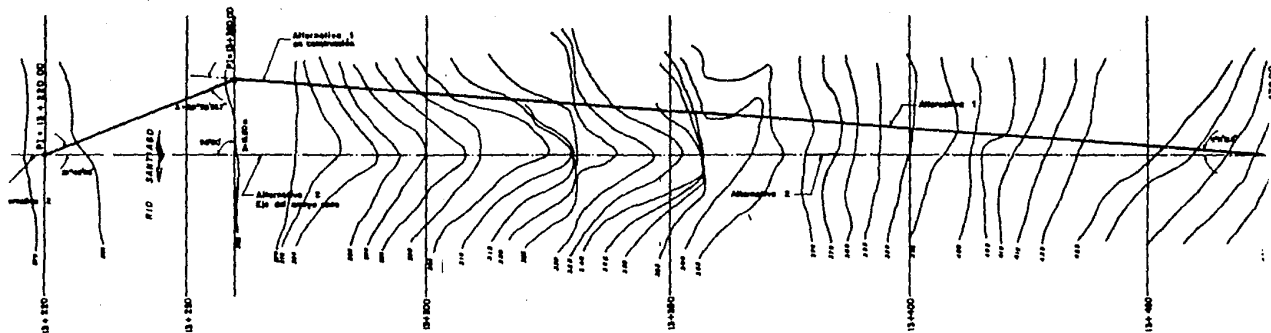


AHORRO EN LONGITUD DE TUBERIA 66.08 metros

AHORRO DE TUBERIA POR LA MODIFICACION DEL TRAZADO

CROQUIS (4)





VISTA EN PLANTA DEL TRAZADO EN MARGEN IZQUIERDA
 PARA LAS ALTERNATIVAS 1 Y 2

CROQUIS (4)

CUADRO No 5

REVISIÓN A PRESIONES Y TIPOS DE TUBERÍA

CADENAMIENTO	Cota Piezom. (m)	S-Hf m/m	Longitud (m)	Cota terreno (m)	Carga de operación (m.c.a.)	Carga de prueba (m)	Presión de trabajo (Kg/cm ²)	Clase de tubería	Espesor de pared
12+900	1599.27	0.000547	140		167.16			Concreto	
13+040	1598.98	0.0021	140	1372.82	229.16	286.45	28.64	Acero	1/2"
13+180	1598.68	0.00215	60	1304.81	296.86	371.08	37.11	Acero	5/8"
13+240	1598.55	0.00219	80	1310.5	290.87	363.58	36.35	Acero	3/4"
13+320	1598.37	0.00219	40	1265.2	336.35	420.44	42.04	Acero	3/4"
13+360	1598.28	0.00215	140	1354	247.28	309.1	30.91	Acero	5/8"
13+500	1597.99	0.0021	419	1433.12	164.87	206	20.6	Concreto	1/2"
13+918.97	1597.76	0.000547		1486.39	114.37			Concreto	

La carga de presión en los tramos de tubería de acero, se incrementa un 25% por efecto de la prueba hidrostática.

La tubería de concreto se comprueba con la carga de operación en m.c.a., debido a que esta es probada en la fábrica con valores de presiones incrementados 50% de la carga de diseño.

Hf= Pérdida por fricción en metros (tubería de acero)

hf= S(L) para tubería de concreto presforzado.

S= 0.00547 para tubería de concreto presforzado.

L= longitud del tramo.

hf1 = 0.0021 m/m tubería de acero d= 60" y espesor de pared 1/2"

hf2 = 0.00215 m/m tubería de acero d= 60" y espesor de pared 5/8"

hf3 = 0.00219 m/m tubería de acero d= 60" y espesor de pared 3/4"

hf= hf_n(L) para tubería de acero.

CUADRO No 6

PRESUPUESTO DEL SISTEMA PARA EL TRANSPORTE Y COLOCACION DE LA TUBERIA

	U	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
I - DALAS				
1- Concreto $f_c = 150 \text{ kg/cm}^2$	M3	150	202,720	30,408,000
2- Acero de refuerzo $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$	KG	1266	2,339	2,961,174
$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	KG	2918	5,462	15,938,116
3- Rieles *	KG	7280	9,277	67,536,560
4- Excavación	M3	200	35,521	7,104,200
5- Acero para tornillos y anclaje	KG	4780	9,277	44,344,060
				168,292,110
II - MALACATE				
6- Malacate con motor de 60 HP	U	2	207,000,000	414,000,000
7- Excavación	M3	18	35,521	639,378
8- Concreto $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$	M3	14	219,560	3,073,840
$f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$	M3	1	183,647	183,647
9- Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	KG	850	5,462	4,642,700
10- Acero estructural	KG	88	9,277	816,376
				423,355,941
III- CARRO ESTRUCTURAL				
11- Acero estructural	KG	5042	9,277	46,774,634
12- Cable de 1"	KG	5625	9,277	52,183,125
13- Accesorios	GL			50,000,000
				148,957,759
COSTO TOTAL				740,605,810

CUADRO No 7

CALCULO DE LOS COSTOS DURANTE LA OPERACION DEL PROYECTO Y VALOR DE RESCATE PARA EL DISEÑO ORIGINAL (COMISION NACIONAL DEL AGUA).

	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
COSTOS DURANTE LA OPERACION.				
1- Pintura a base de primario epóxico catalizado y acabado epóxico catalizado de altos solidos. Periodo de aplicación: cada 3 años.	ML	947	165715.00	156932105.00
2- Limpieza de la zona Periodo : cada 3 años.	Ha	3	765169.00	2295507.00
3- Mantenimiento a valvulas. Periodo : cada 3 años.	U	4	780000.00	3120000.00
COSTOS CADA 3 AÑOS.				162347612.00
II- VALOR DE RESCATE.				
Según política de la CNA, se toma como valor de rescate el 8% de la inversión inicial en partes de acero y equipo electromecánico.				
Tubería de acero			1974856380.00	
Brida de acero, placas y soportes			<u>550473400.00</u>	
			2525329780.00	
VALOR DE RESCATE (8%)			202026382.00	

CUADRO No 8

CALCULO DE LOS COSTOS DURANTE LA OPERACION DEL PROYECTO Y VALOR DE RESCATE PARA LA ALTERNATIVA 1.

	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
COSTOS DURANTE LA OPERACION.				
1- Pintura a base de primario epóxico catalizado y acabado epóxico catalizado de altos solidos. Periodo de aplicación: cada 3 años.	ML	518	165715.00	85840370.00
2- Limpieza de la zona Periodo : cada 3 años.	Ha	3	765169.00	2295507.00
3- Mantenimiento a valvulas. Periodo : cada 3 años.	U	8	780000.00	6240000.00
COSTOS CADA 3 AÑOS.				94375877.00
II- VALOR DE RESCATE.				
Según política de la CNA, se toma como valor de rescate el 8% de la inversión inicial en partes de acero y equipo electromecánico.				
Tubería de acero			1962859965.00	
Brida de acero, placas y soportes			<u>550473400.00</u>	
			2513333365.00	
VALOR DE RESCATE (8%)			201066669.00	

CALCULO DE LOS COSTOS DURANTE LA OPERACION DEL PROYECTO Y VALOR DE RESCATE PARA LA ALTERNATIVA 2.

	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
COSTOS DURANTE LA OPERACION.				
1- Pintura a base de primario epóxico catalizado y acabado epóxico catalizado de altos solidos. Periodo de aplicación: cada 3 años.	ML	518	165715.00	85840370.00
2- Limpieza de la zona Periodo : cada 3 años.	Ha	4	765169.00	3060676.00
3- Mantenimiento a valvulas. Periodo : cada 3 años.	U	8	780000.00	6240000.00
4- Mantenimiento a cunetas. Periodo : cada 3 años.	ML	100	42765.00	4276500.00
COSTOS CADA 3 AÑOS.				99417546.00
II- VALOR DE RESCATE.				
Según política de la CNA, se toma como valor de rescate el 8% de la inversión inicial en partes de acero y equipo electromecánico.				
Tubería de acero		1962859965.00		
Brida de acero, placas y soportes		550473400.00		
		<u>2513333365.00</u>		
VALOR DE RESCATE (8%)		201066609.00		

ESTUDIO DE INGENIERIA DEL VALOR

Marzo de 1991

Estudio No. _____ Fecha de estudio _____

La Zurda - I Etapa. Sifón en el cruce del río Santiago.

Título del estudio _____

Líder del equipo: _____

Miembros del equipo _____

Describir el problema a ser estudiado.

1. Vencer un desnivel en el cruce del río Santiago de aproximadamente:
175 metros en la margen derecha.
225 metros en la margen izquierda.
2. Gasto máximo de diseño = 3 m3/s.
3. Carga de trabajo de 42.39 Kg/cm2 en el cruce del río.
4. Suministrar una pendiente uniforme al perfil de la tubería, con el fin de disminuir el grado de dificultad en la construcción y el volumen de excavaciones, además de facilitar el acceso al equipo y personal.
5. Construcción de estructuras de atraque y soporte para la tubería.
6. Tiempo de construcción: 11 meses.

Formato (9)
Acopio de la información

La Zurda - I Etapa	Estructura para el cruce del río.	Cruzar la depresión	Marzo de 1991
Proyecto	Elemento	Función básica.	Fecha

Unidad: Pesos

Cantidad	Unidad	Componente	Función		Clase	Costo Original	%	Valor	C/V
			Verbo	Sustantivo					
3	KM	Caminos y Accesos.	Proporcionar	acceso	B	571,347,678.00	11.00	763,500,000.00	0.75
1766	M3	Excavaciones:	Adecuar	sitio	B	28,208,318.00	2.00	28,208,318.00	1.00
4627	M3	Atraques y Silletas. Tubería.	Adecuar	sitio	B	76,678,644.00		76,678,644.00	1.00
		Estructura para el transporte y colocación de la tubería.	Instalar	tubería	B				
			Transportar	tubería	B				
1107	ML	Tubería	Conducir	agua	B				
			Resistir	presiones	B	2,679,638,121.00	51.00	2,584,845,000.00	1.04
20	U	Sujetadores y apoyos de tubería:					18.50		
		Atraques y	Resistir	cargas	B				
			Sujetar	tubería	B				
45	U	Silletas	Soportar	tubería	B	417,819,560.00		300,306,905.00	1.39
637.4	ML	Estructura de apoyo para la tubería	Soportar	tubería	S	507,550,147.00		-	
95.6	ML	Encamisado	Resistir	cargas	B				
			Protejer	tubería	B	43,867,673.00		43,867,673.00	1.00
13100	KG	Bridas de acero:	Absorber	esfuerzos	S	156,204,400.00	7.00	-	
17000	KG	Con placa A-36 de 5/8"	Sujetar	tubería	S	216,189,000.00		-	
22400	KG	Con placa A-36 de 1"	Sujetar	tubería	B		3.50		
		Placa de soporte para la tubería	Soportar	tubería	B	178,080,000.00		178,080,000.00	1.00
18	U	Juntas de expansión	Unir	tubería	B		2.50		
			Absorber	expansiones	B				
			Proporcionar	seguridad	B	132,460,668.00		136,000,000.00	0.97

TOTAL (Incluyendo tubería y caminos)	5,008,044,209.00	95.50	4,111,486,540.00	1.22
TOTAL (Excluyendo tubería y caminos)	1,757,058,410.00		763,141,540.00	2.30

COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO INICIAL A COSTO DIRECTO \$5,267,544,950
(No incluye el costo de la estructura para el transporte y colocación de la tubería)

Formato (10) Análisis de la función

La Zurda - 1 Etapa Estructura para el cruce del río. Cruzar la depresión Marzo de 1991
 Proyecto Elemento Función básica. Fecha

Unidad: Pesos

Cantidad	Unidad	Componente	Función		Clase	Costo Original	Valor
			Verbo	Sustantivo			
1766	M3	Excavaciones:					
4627	M3	Atraques y Silletas. Tubería.	Adecuar	sitio	B	28,208,318.00	28,208,318.00
			Adecuar	sitio	B	76,678,644.00	76,678,644.00
		Estructura para el transporte y colocación de la tubería.	Instalar	tubería	B		
			Transportar	tubería	B		
20	U	Sujetadores y apoyos de tubería: Atraques y	Resistir	cargas	B		
			Sujetar	tubería	B		
45	U	Sillets	Soportar	tubería	B	417,819,560.00	300,306,905.00
637.4	ML	Estructura de apoyo para la tubería	Soportar	tubería	S	507,550,147.00	-
95.6	ML	Encamisado	Resistir	cargas	B		
			Protejer	tubería	B	43,867,673.00	43,867,673.00
13100	KG	Bridas de acero:	Absorber	esfuerzos	S	156,204,400.00	-
17000	KG	Con placa A-36 de 5/8"	Sujetar	tubería	S	216,189,000.00	-
22400	KG	Placa de soporte para la tubería	Sujetar	tubería	B		
			Soportar	tubería	B	178,080,000.00	178,080,000.00
18	U	Juntas de expansión	Unir	tubería	B		
			Absorber	expansiones	B		
			Proporcionar	seguridad	B	132,460,668.00	136,000,000.00

TOTAL 1,757,058,410.00 763,141,540.00

C/V = 2.30

Formato (10A) Análisis de la función

Generación de ideas

La Zurda - I Etapa.

Cruzar la depresión

Título del estudio

Función básica

Equipo

Esta es la etapa creativa en los estudios de Ingeniería del Valor. Se deben generar muchas ideas que cumplan con las funciones básicas que el elemento bajo estudio debe ejecutar.

1- Desplazar el cruce de la tubería 150 metros río abajo

2- Efectuar el cruce en la margen izquierda por un arroyo seco.

3- Esviar la línea del trazado en el cauce del río.

4- Construir obras de drenaje en la cabecera del arroyo seco. (Contracunetas).

5- Anclar los atraques y silletas al terreno, y revisar su diseño.

6- Construir carro transportador y vía con rieles para la instalación de la tubería.

7- Modificar juntas de expansión.

8- Eliminar las bridas de acero.

9-

10-

11-

12-

13-

14-

15-

16-

17-

18-

19-

20-

Listar las ideas y diferir su juicio

Comparación de ideas

Lo Zurdo - I Etapa. Sifón en el cruce del río Santiago.

Fase de Evaluación y Selección

Estudio No

Seleccione las ideas más factibles incluyendo sus ventajas y desventajas.

Idea	Ventaja	Desventaja	Calificación
1- Desplazar el cruce de la tubería 150 metros aguas abajo.	Disminuye grado de dificultad Reduce los costos Reduce el tiempo de construcción. Disminuye la longitud de tubería de concreto.	Rediseño.	1
2- Efectuar el trazado en la margen izquierda por el cauce de un arroyo seco.	Disminuye grado de dificultad	Incrementa los costos Disminuye la seguridad durante la operación del proyecto. Rediseño.	4
3- Esquivar el trazado en el cruce del río	Facilita el desdoble de la rezaga. Facilita el trabajo del equipo Aumenta la seguridad.	Rediseño.	2
4- Construir obras de drenaje en la cabecera del arroyo seco.	Aumenta la seguridad de operación del proyecto.	Rediseño Incrementa los costos Mantenimiento durante la vida del proyecto.	5
5- Anclar los atraques y silletas al terreno.	Disminuye los costos. Reduce las dimensiones de las estructuras.	Rediseño	1
6- Construir vía y carro transportador para instalar la tubería.	Reduce el tiempo de construcción. Disminuye grado de dificultad	Rediseño.	2
7- Modificar las juntas de expansión.	Aumenta la seguridad durante la operación del proyecto.	Rediseño.	2
8- Eliminar las bridas de acero.	Disminuye los costos.	Rediseño.	1

Mejor idea 1

Por idea 8

Se debe comprobar la información con asociaciones de comercio, sociedades técnicas, reportes de investigaciones, especialistas, y especificaciones utilizadas por las entidades, de tal manera que confirmen la factibilidad de las ideas.

COSTEO DEL CICLO DE VIDA.

„Estimado del costo inicial para los componentes y conceptos a estudiar en el Diseño original de la Comisión Nacional del Agua. (C.N.A.).

Concepto y/o componente.	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
1- Excavaciones				
1.1- Excavación en zanja en material tipo III con uso de explosivos, de 0 a 4 metros.	M3	4627	16,572.00	76,678,644.00
1.2- Excavación para estructuras en material III con uso de explosivos de 0 a 4 metros (Atraques y silletas).	M3	1766	15,973.00	28,208,318.00
Sub-total excavaciones.				104,886,962.00
2- Suministro de tubería de acero API-5L-X42 diámetro 60"				
2.1- Espesor de pared 1/2"	ML	562	1,939,665.00	1,090,091,730.00
2.2- Espesor de pared 5/8"	ML	385	2,298,090.00	884,764,650.00
2.3- Espesor de pared 3/4"	ML	160	2,739,558.00	438,329,280.00
Sub-total suministro de tubería.				2,413,185,660.00
3- Instalación y junteo de tubería de acero				
3.1 Espesor de pared 1/2"	ML	562	174,793.00	98,233,666.00
3.2 Espesor de pared 5/8"	ML	385	257,483.00	99,130,955.00
3.1 Espesor de pared 3/4"	ML	160	431,799.00	69,087,840.00
Sub-total instalación de tubería.				266,452,461.00
4- Fabricación y colocación de concreto				
4.1- De fc= 200 Kg/cm2 para Atraques	M3	1432	140,947.00	201,836,104.00
4.2- De fc= 200 Kg/cm2 para Silletas y Tubería.	M3	4028	140,947.00	567,734,516.00
4.3- De fc= 100 Kg/cm2	M3	80	119,142.00	9,531,360.00
Sub-total concretos.				779,101,980.00
5- Suministro y colocación de acero de refuerzo de fy= 4200 Kg/cm2 para atraques y silletas.	KG	40300	4,718.00	190,135,400.00
6- Suministro e instalación de junta Dresser estilo 38 para tubería de acero de 60".	U	18	7,358,926.00	132,460,668.00
7- Suministro en instalación de brida de acero soldable de diámetro, clase y características siguientes:				
7.1- Con placa de acero A-36 de 5/8" de espesor.	KG	13100	11,924.00	156,204,400.00
7.2- Con placa ASTM A-36 de 1" de espesor.	KG	17000	12,717.00	216,189,000.00
Sub-total bridas de acero.				372,393,400.00
8- Fabricación e instalación de soportes de acero para apoyo de la tubería.	KG	22400	7,950.00	178,080,000.00
9- Caminos de acceso	KM	3	190,449,226.00	571,347,678.00
COSTO DIRECTO TOTAL				5,008,044,208.00

Los costos de cada concepto o componente se encuentran a costo directo, y sumados representan un 95.5% del presupuesto estimado para ejecutar el proyecto inicial que es de \$ 5,267,544,950

No incluye la estructura a construir para el transporte y colocación de la tubería de acero.

COSTEO DEL CICLO DE VIDA.

Estimado del costo inicial para los componentes y conceptos a estudiar en la ALTERNATIVA 1

Concepto y/o componente.	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
1- Excavaciones				
1.1- Excavación en zanja en material tipo III con uso de explosivos, de 0 a 4 metros.	M3	7513	16,572.00	124,505,436.00
1.2- Excavación para estructuras en material III con uso de explosivos de 0 a 4 metros.				
1.2.1. Atraques.	M3	320	15,973.00	5,111,360.00
1.2.2. Silletas.	M3	185	15,973.00	2,955,005.00
Sub-total excavaciones.				132,571,801.00
2- Suministro de tubería de acero API-5L-X 42 diámetro 60"				
2.1- Espesor de pared 1/2"	ML	557	1,939,665.00	1,080,393,405.00
2.2- Espesor de pared 5/8"	ML	384	2,298,090.00	882,466,560.00
2.3- Espesor de pared 3/4"	ML	185	2,739,558.00	506,818,230.00
Sub-total suministro de tubería.				2,469,678,195.00
3- Instalación y junteo de tubería de acero				
3.1 Espesor de pared 1/2"	ML	557	174,793.00	97,359,701.00
3.2 Espesor de pared 5/8"	ML	384	257,483.00	98,873,472.00
3.1 Espesor de pared 3/4"	ML	185	431,799.00	79,882,815.00
Sub-total instalación de tubería.				276,115,988.00
4- Fabricación y colocación de concreto				
4.1- De fc= 200 Kg/cm2 para Atraques	M3	325	140,947.00	45,807,775.00
4.2- De fc= 200 Kg/cm2 para Silletas y encamisado.	M3	582	130,722.00	76,080,204.00
4.3- De fc= 100 Kg/cm2	M3	60	119,142.00	7,148,520.00
Sub-total concretos.				129,036,499.00
5- Suministro y colocación de acero de refuerzo de fy= 4200 Kg/cm2.				
5.1- Atraques.	KG	5900	4,718.00	27,836,200.00
5.2- Silletas	KG	18600	4,718.00	87,754,800.00
Sub-total concretos.				115,591,000.00
6- Suministro e instalación de juntas de expansión tipo manguito para tubería de acero de 60".	U	16	8,538,750.00	136,620,000.00
7- Suministro, fabricación e instalación de piezas especiales de acero.	KG	31251	7,950.00	248,445,450.00
8- Costos de rediseño.	GL	1	350,000,000.00	350,000,000.00
9- Anclaje para atraques y silletas.				
9.1- Barrenos de 2 1/2"	ML	1880	15,632.00	29,388,160.00
9.2- Barrenos de 3"	ML	1100	18,760.00	20,636,000.00
9.3- Acero de fy= 4200 Kg/cm2	KG	9002	4,718.00	42,471,436.00
9.4- Mortero fy= 100 Kg/cm2	M3	11	95,314.00	1,048,454.00
Sub-total anclajes.				93,544,050.00
10- Caminos de acceso	GL	1	380,898,451.00	380,898,451.00
COSTO DIRECTO TOTAL				4,332,501,434.00

Los costos de cada concepto o componente se encuentran a costo directo.

No incluye la estructura a construir para el transporte y colocación de la tubería de acero.

COSTEO DEL CICLO DE VIDA.

Estimado del costo inicial para los componentes y conceptos a estudiar en la ALTERNATIVA 2.

Concepto y/o componente.	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
1- Excavaciones				
1.1- Excavación en zanja en material tipo III con uso de explosivos, de 0 a 4 metros.	M3	7170	16,572.00	118,821,240.00
1.2- Excavación para estructuras en material III con uso de explosivos de 0 a 4 metros.				
1.2.1. Atraques.	M3	320	15,973.00	5,111,360.00
1.2.2. Silletas.	M3	185	15,973.00	2,955,005.00
Sub-total excavaciones.				126,887,605.00
2- Suministro de tubería de acero API-5L-X 42 diámetro 60"				
2.1- Espesor de pared 1/2"	ML	557	1,939,665.00	1,080,393,405.00
2.2- Espesor de pared 5/8"	ML	384	2,298,090.00	882,466,560.00
2.3- Espesor de pared 3/4"	ML	185	2,739,558.00	506,818,230.00
Sub-total suministro de tubería.				2,469,678,195.00
3- Instalación y junteo de tubería de acero				
3.1 Espesor de pared 1/2"	ML	557	174,793.00	97,359,701.00
3.2 Espesor de pared 5/8"	ML	384	257,483.00	98,873,472.00
3.1 Espesor de pared 3/4"	ML	185	431,799.00	79,882,815.00
Sub-total instalación de tubería.				276,115,988.00
4- Fabricación y colocación de concreto				
4.1- De fc= 200 Kg/cm2 para Atraques	M3	325	140,947.00	45,807,775.00
4.2- De fc= 200 Kg/cm2 para Silletas y encamisado.	M3	582	130,722.00	76,080,204.00
4.3- De fc= 100 Kg/cm2	M3	60	119,142.00	7,148,520.00
Sub-total concretos.				129,036,499.00
5- Suministro y colocación de acero de refuerzo de fy= 4200 Kg/cm2.				
5.1- Atraques.	KG	5900	4,718.00	27,836,200.00
5.2- Silletas	KG	18600	4,718.00	87,754,800.00
Sub-total concretos.				115,591,000.00
6- Suministro e instalación de juntas de expansión tipo manguito	U	16	8,538,750.00	136,620,000.00
7- Suministro, fabricación e instalación de piezas especiales de acero.	KG	31251	7,950.00	248,445,450.00
8- Costos de rediseño.	GL	1	350,000,000.00	350,000,000.00
9- Anclaje para atraques y silletas.				
9.1- Barrenos de 2 1/2"	ML	1880	15,632.00	29,388,160.00
9.2- Barrenos de 3"	ML	1100	18,760.00	20,636,000.00
9.3- Acero de fy= 4200 Kg/cm2	KG	9002	4,718.00	42,471,436.00
9.4- Mortero fy= 100 Kg/cm2	M3	11	95,314.00	1,048,454.00
Sub-total anclajes.				93,544,050.00
10- Caminos de acceso	GL	1	380,898,451.00	380,898,451.00
11- Construcción de cunetas para drenaje.	ML	100	85,229.00	8,522,900.00
COSTO DIRECTO TOTAL				4,335,370,138.00

Los costos de cada concepto o componente se encuentran a costo directo.

No incluye la estructura a construir para el transporte y colocación de la tubería de acero.

La Zurda I Etapa.

COSTEO DEL CICLO DE VIDA

ANÁLISIS DEL COSTEO DEL CICLO DE VIDA AL DISEÑO ORIGINAL Y A LAS ALTERNATIVAS GENERADAS EN LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA DEL VALOR.

	Diseño Original		Alternativa 1		Alternativa 2			
	Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente	Costo Estimado	Valor Presente		
Componentes en el cruce del río Santiago								
Ciclo de vida: 30 años. Fecha.: Marzo 1991								
COSTOS INICIALES Y COLATERALES.		5,172,335,958		4,332,501,434		4,335,370,138		
Costo Base								
Total Costos Iniciales.		5,172,335,958		4,332,501,434		4,335,370,138		
COSTOS DE REPOSICION Y MANTENIMIENTO								
Tasa de descuento	12%	Interés						
1. Año 3	Factor de VP	0.71178	162,347,612	115,555,783	94,375,877	67,174,862	99,417,546	70,763,421
2. Año 6	Factor de VP	0.506631	162,347,612	82,250,333	94,375,877	47,813,745	99,417,546	50,368,011
3. Año 9	Factor de VP	0.36061	162,347,612	58,544,172	94,375,877	34,032,885	99,417,546	35,850,961
4. Año 12	Factor de VP	0.256675	162,347,612	41,670,573	94,375,877	24,223,928	99,417,546	25,517,999
5. Año 15	Factor de VP	0.182696	162,347,612	29,660,259	94,375,877	17,242,095	99,417,546	18,163,188
6. Año 18	Factor de VP	0.13004	162,347,612	21,111,683	94,375,877	12,272,639	99,417,546	12,928,258
8. Año 21	Factor de VP	0.09256	162,347,612	15,026,895	94,375,877	8,735,431	99,417,546	9,202,088
9. Año 24	Factor de VP	0.065882	162,347,612	10,695,785	94,375,877	6,217,672	99,417,546	6,549,827
10. Año 27	Factor de VP	0.046834	162,347,612	7,603,388	94,375,877	4,420,000	99,417,546	4,656,121
11. Año 30	Factor de VP	0.033378	162,347,612	5,418,839	94,375,877	3,150,078	99,417,546	3,318,359
Costos totales de reposición y mantenimiento.			387,537,712		225,283,335		237,318,232	
VALOR DE RESCATE								
Tasa de descuento	Interes	12%						
1. Año 30	Factor de VP	0.033378	202,026,382	6,743,237	201,066,669	6,711,203	201,066,669	6,711,203
Total ingresos por el valor de rescate			6,743,237		6,711,203		6,711,203	
COSTOS TOTALES EN VALOR PRESENTE.								
AHORROS EN VALOR PRESENTE DURANTE EL CICLO DE VIDA			5,553,130,433		4,551,073,565		4,565,977,167	
VP= Valor Presente					1,002,056,868		987,153,266	

En el costo inicial para el proyecto original se incluye el costo de construir los 70 ml de tubería de concreto preforzado requeridos para efectuar el trazado por este sitio.

Fase de Evaluación y Selección.

Procedimiento para la evaluación ponderada.

La Zurda - I Etapa	Estructura para el cruce del río	
Proyecto	Elemento	
	Marzo de 1991	
Equipo	Fecha	
	PESO	CALIFICACION
A. Tiempo de construcción.	10	12
B. Grado de dificultad.	7	8
C. Costo inicial.	5	6
D. Seguridad.	3	4
E. Tiempo de rediseño.	6	7
F. Mantenimiento.	0	0
G.		
H.		
I.		

Grado de importancia

- 4. Mayor preferencia.
 - 3. Media preferencia
 - 2. Menor preferencia.
 - 1. Nula (No prefrente)
- Un punto a cada letra/letra

Matriz para la calificación del criterio

	B	C	D	E	F	G	H	I
	B-3	C-3						
A	A-3	A-3	A-3	A-3	A-4			
		C-3	B-3	B-3				
B		B-3	D-3	E-3	B-4			
			C-3	C-3				
C			D-2	E-3	C-2			
				D	E-2	D-2		
					E	E-3		
						F		
							G	
								H

Formato(17)

Procedimiento para la evaluación ponderada del criterio

ANÁLISIS DE LA MATRIZ

La Zurda - I Etapa.
Fase de evaluación y selección.

Cruzar la depresión
Función básica.

Ideas	Criterio deseado.						Total
	Tiempo de construcción	Grado de dificultad	Costo inicial	Seguridad	Tiempo de rediseño	Hantto	
	a	b	c	d	e	f	
Peso	10	7	4	3	6	0	
	20	7	4	9	0	0	40
1. Diseño original.	2	1	1	3	0	1	
	30	14	16	9	12	0	81
2. Alternativa No 1	3	2	4	3	2	1	
	30	21	12	3	12	0	78
3. Alternativa No 2	3	3	3	1	2	1	
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							
11.							
12.							
13.							

Excelente 5
Muy Buena 4
Buena 3

Regular 2
Pobre 1

Buscar la mejor idea- No la perfecta.

Formato (18)

Análisis de la matriz.

← ¿ Por qué ?

¿ Cómo ? →

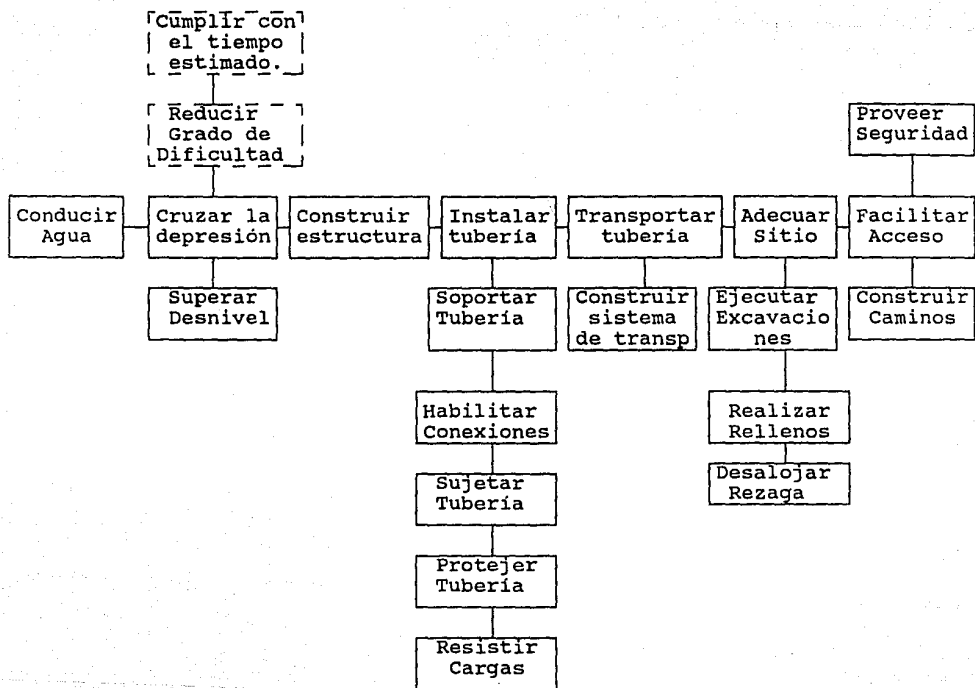
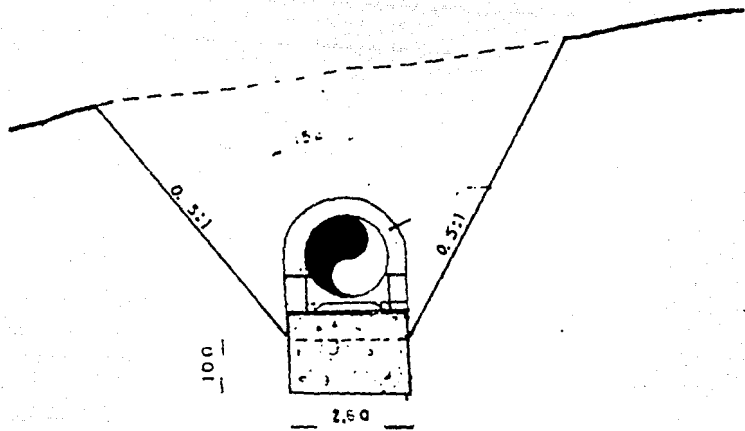


Figura (12)

Diagrama STAF



SECCION TIPO

FIGURA (13)
APOYO DE LA TUBERIA

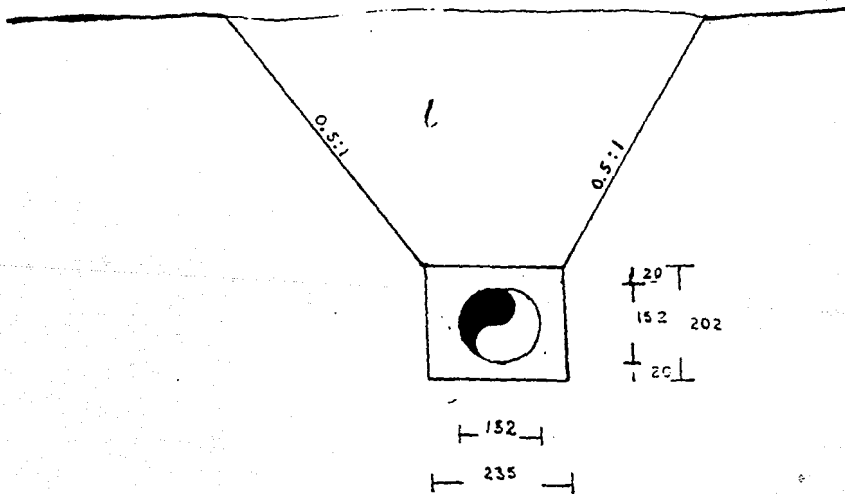
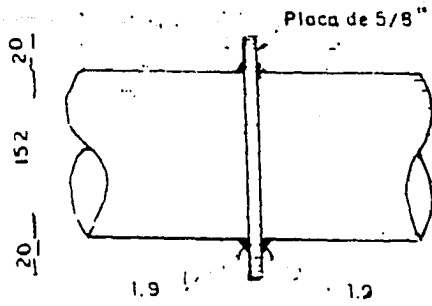
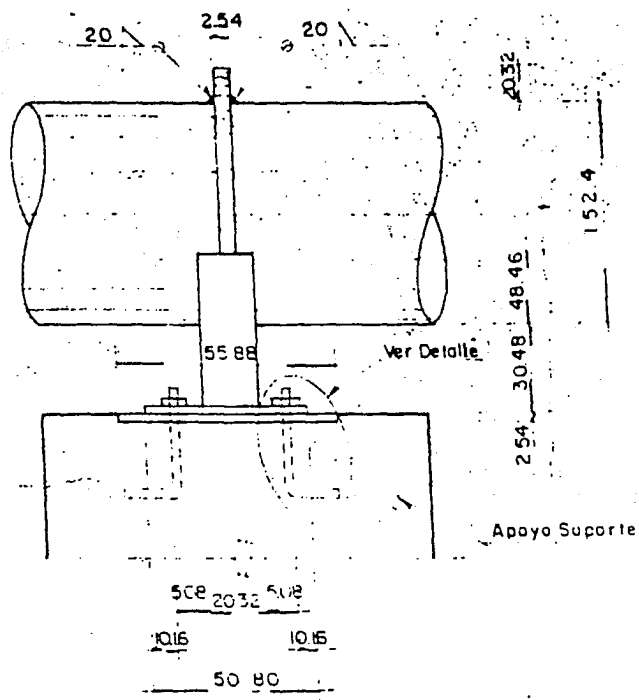


FIGURA (14)
ENCAMISADO EN EL CAUCE DEL RIO

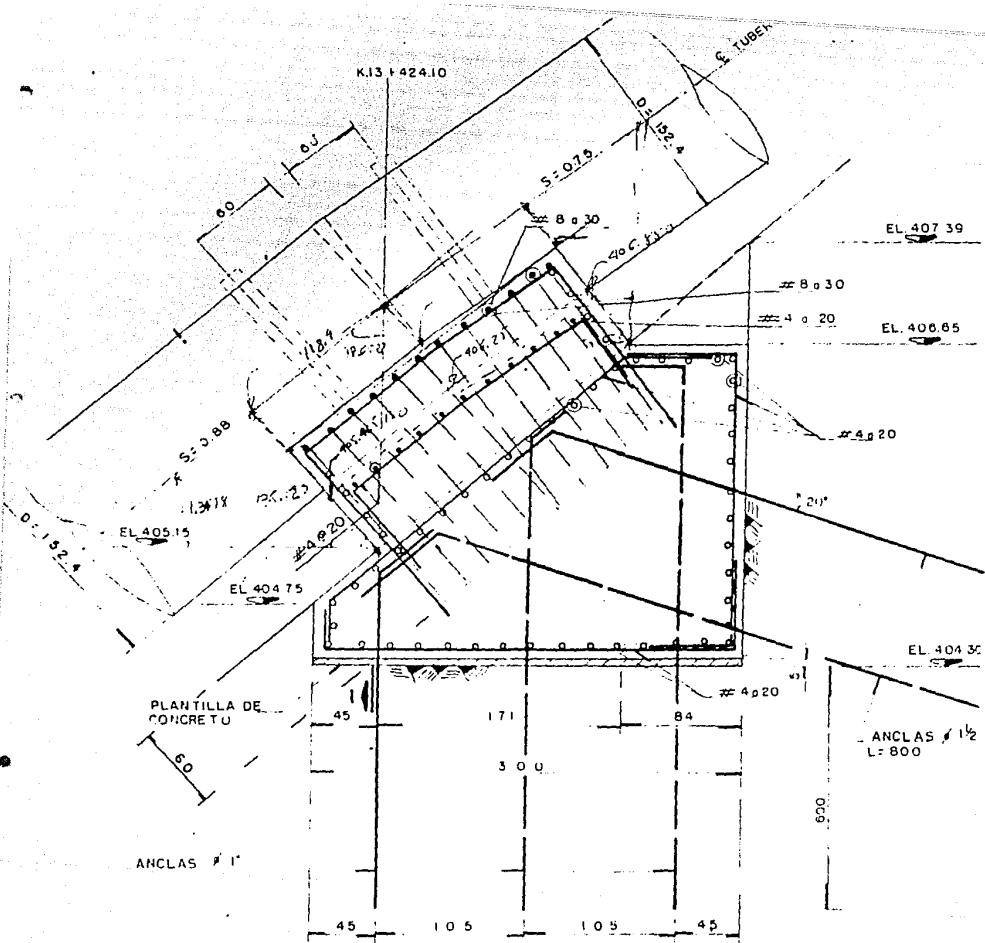


DETALLE BRIDA



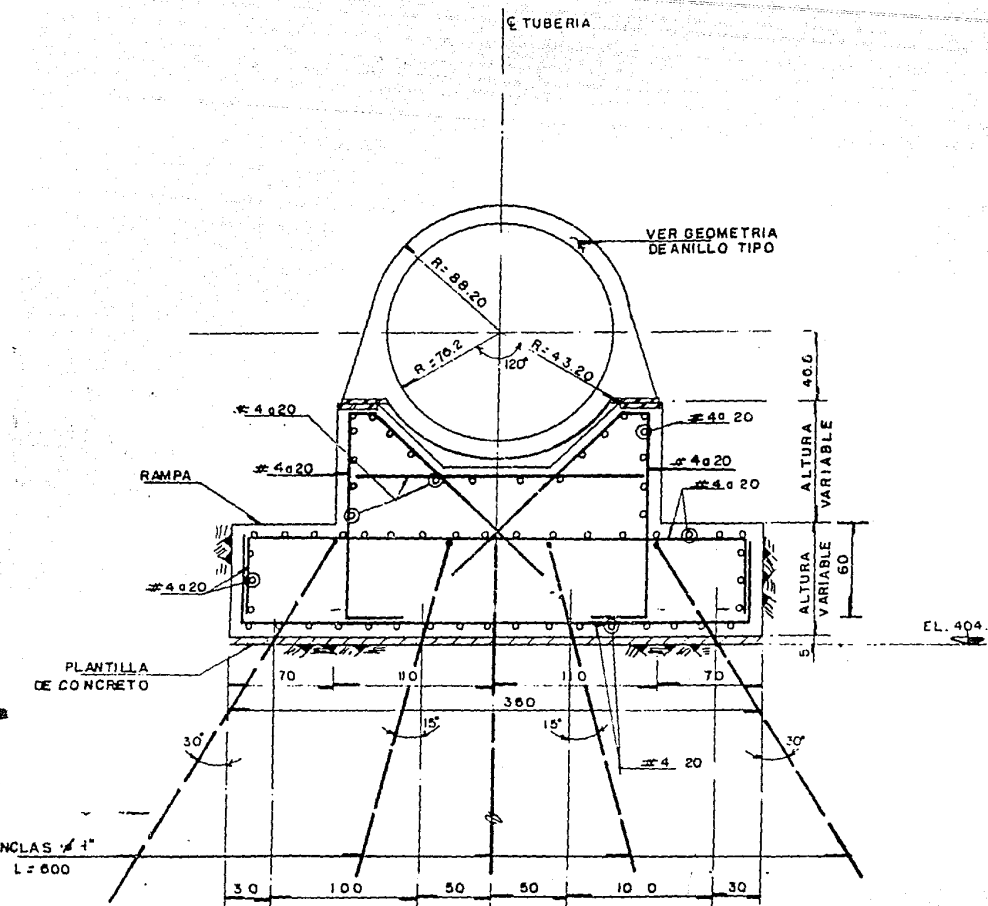
CORTE LONGITUDINAL

FIGURA (15)
BRIDAS DE ACERO



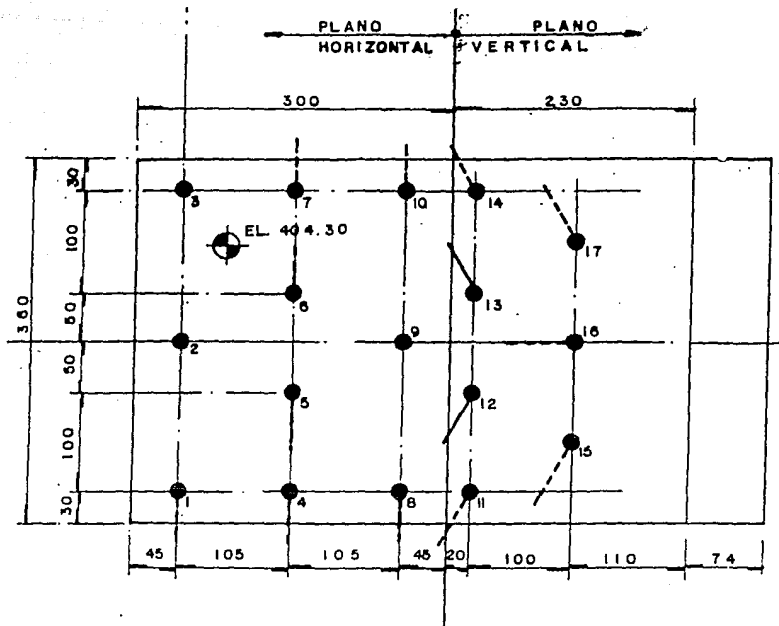
CORTE LONGITUDINAL
ATRAQUE # 15

FIGURA (16)



ATRAQUE # 15

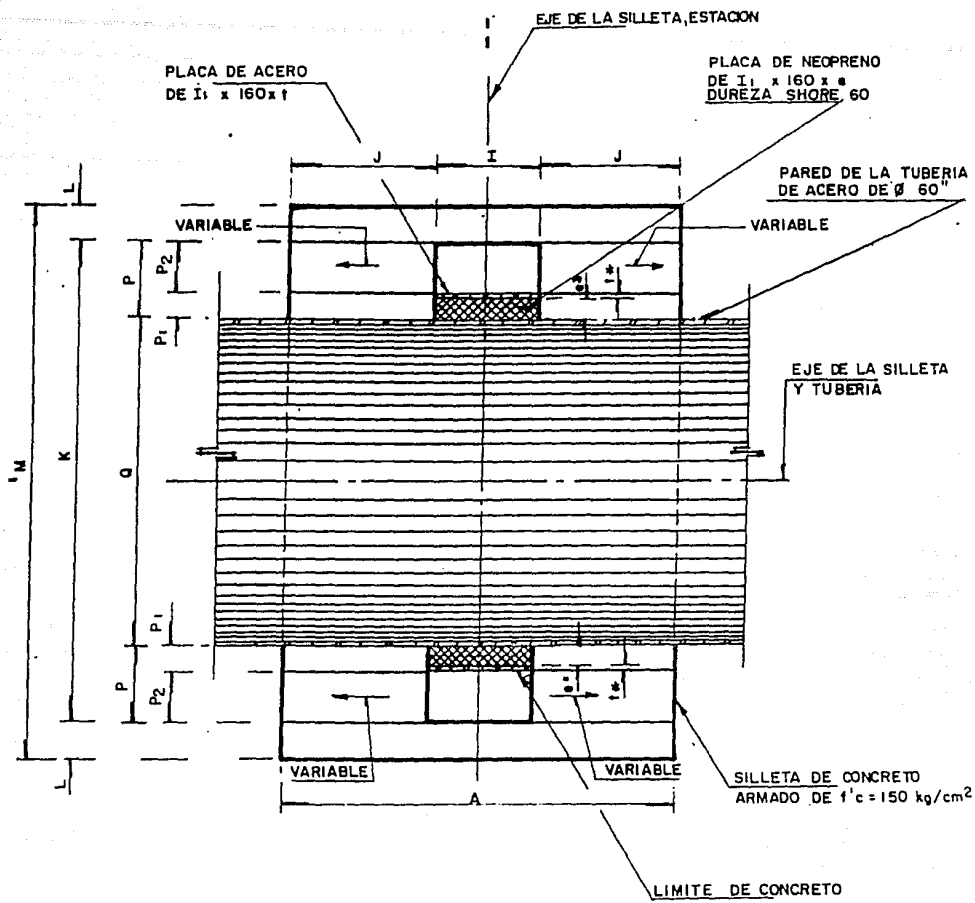
FIGURA (17)



PATRON DE ANCLAJE
ATRAQUE # 15

FORMA DE COLOCAR LAS ANCLAS						
ANCLAS	DIAMETRO	LONGITUD (CM)	BARRENO	◀ CON LA HORIZONTAL		◀ CON LA VERTICAL
1, 3, 4, 7, 8 y 10	∅ 1"	600	∅ 2 1/2"			30°
5 y 6	∅ 1"	600	∅ 2 1/2"			15°
2 y 9	∅ 1"	600	∅ 2 1/2"			
11 y 14	∅ 1 1/2"	800	∅ 3"	* 20°	30°	70°
12, 13, 15 y 17	∅ 1 1/2"	800	∅ 3"	* 20°	15°	70°
16	∅ 1 1/2"	800	∅ 3"	20°		70°

FIGURA (18)



✱ DIMENSIONES NORMALES A LOS PLANOS

P L A N T A

FIGURA (19)
SILLETA SENCILLA

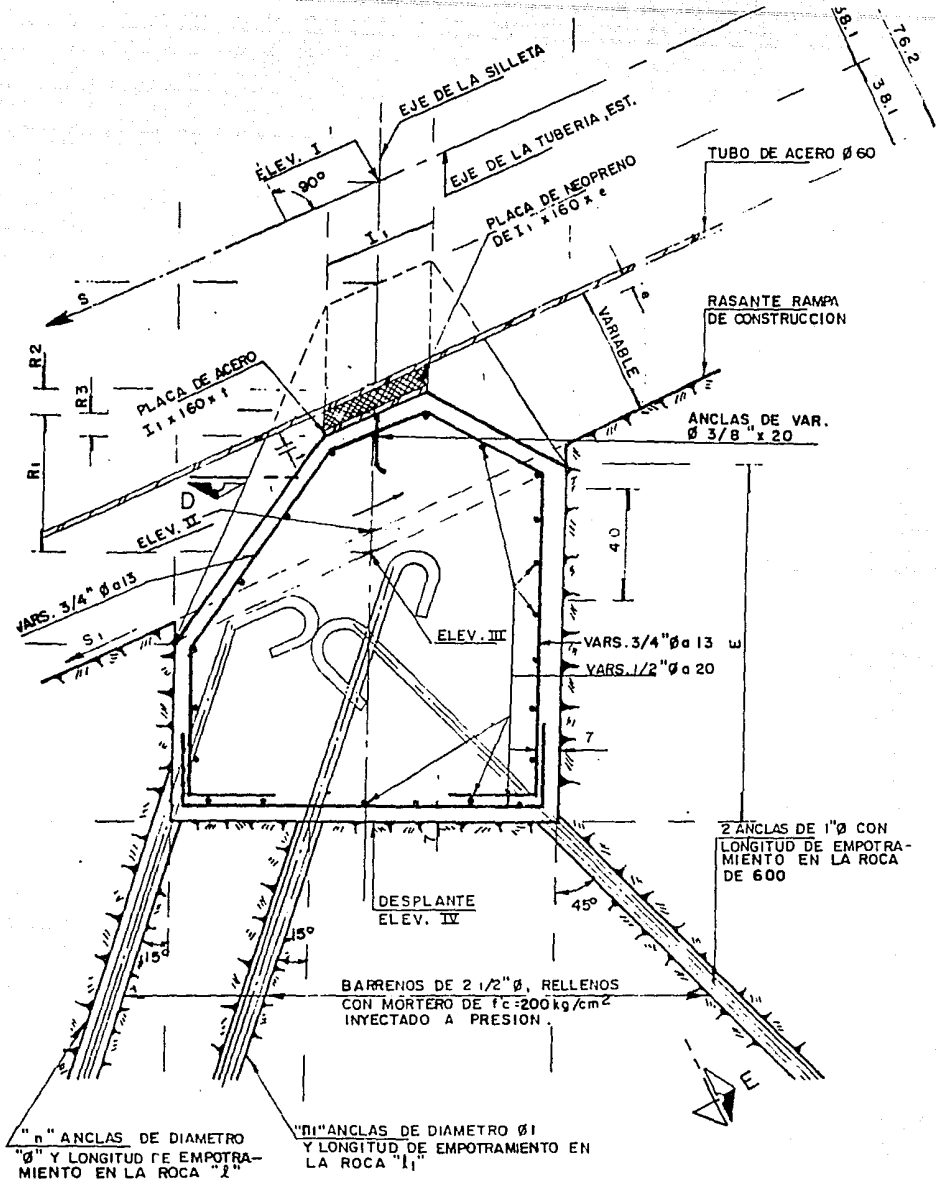
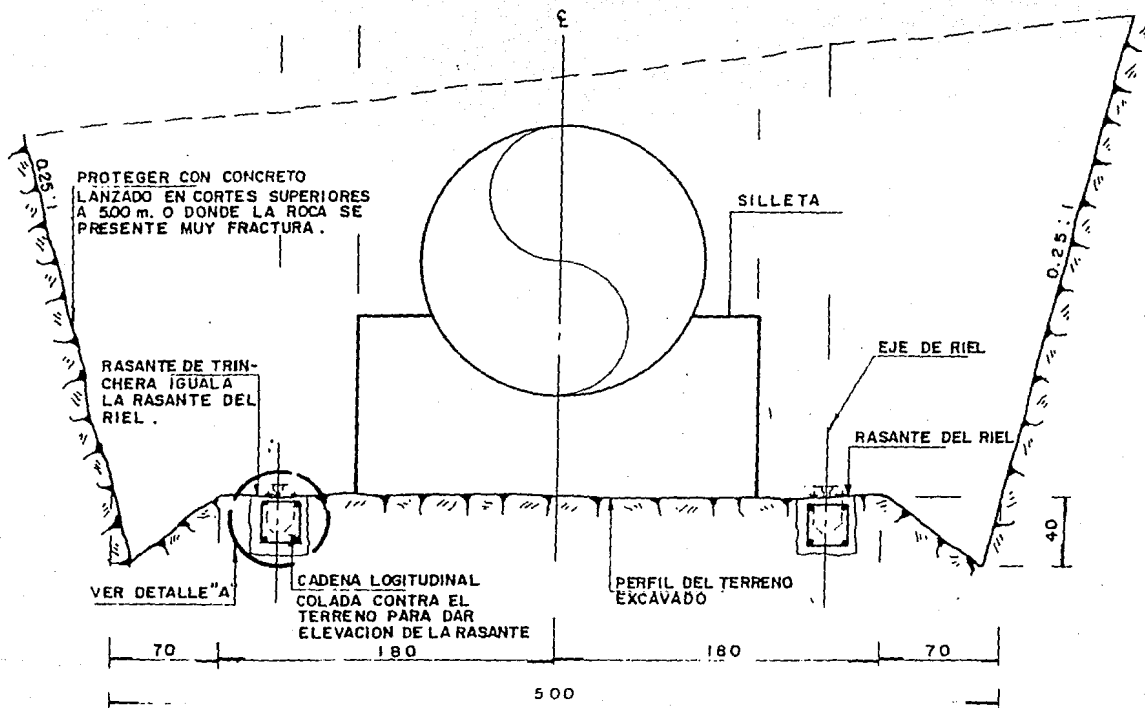


FIGURA (20)
 SILLETA SENCILLA
 131

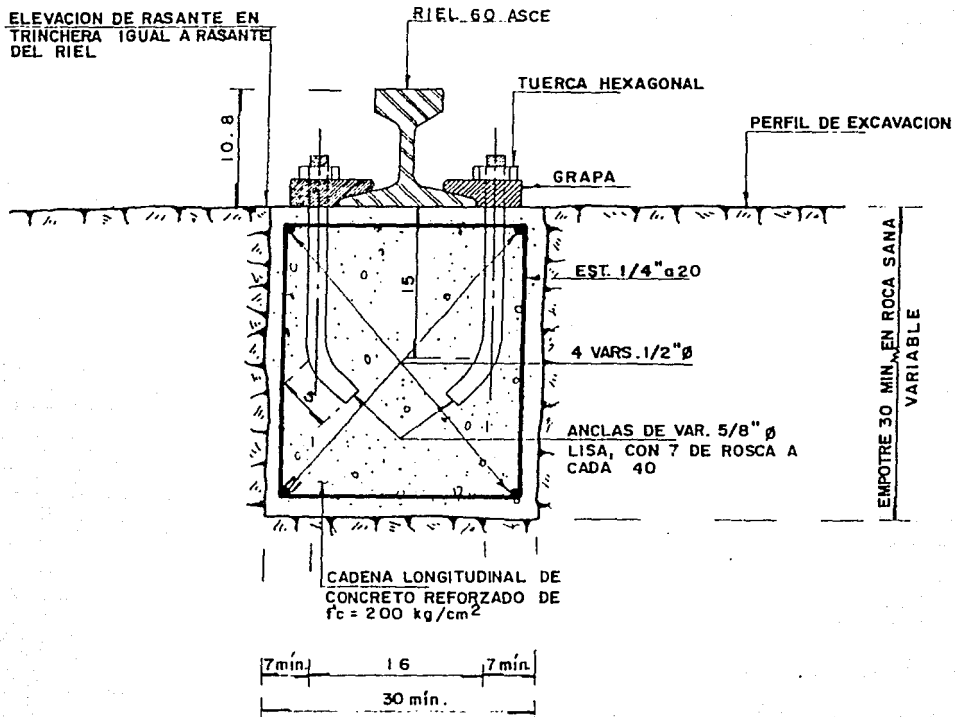


(SECCION NORMAL AL EJE DE TUBERIA)
SECCION TIPO DE TRINCHERA

ESC: 1 : 30

FIGURA (21)

ELEVACION DE RASANTE EN
TRINCHERA IGUAL A RASANTE
DEL RIEL



D E T A L L E A

ESC: 1:5

FIGURA (22)

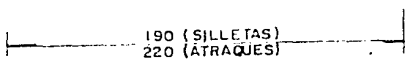
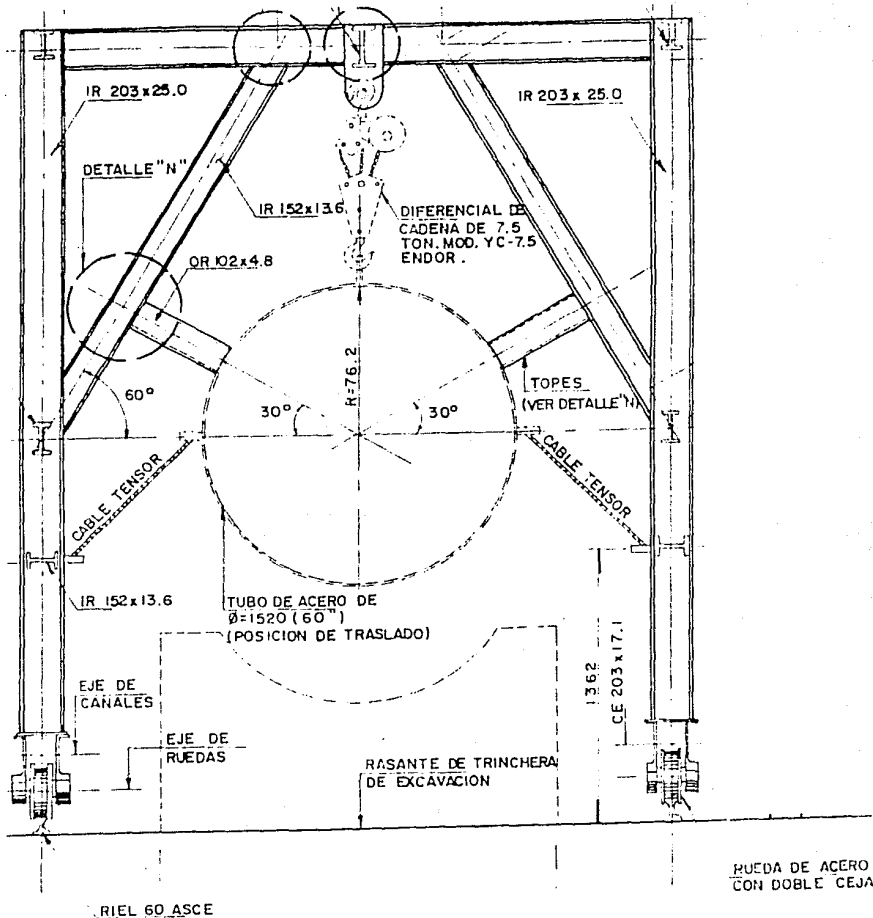


FIGURA (23)
 CARRO TRANSPORTADOR - VISTA FRONTAL

EJE DE TUBO EN POSICIÓN DE TRASLADO

EJE DE TUBO EN POSICIÓN DE DESCARGA

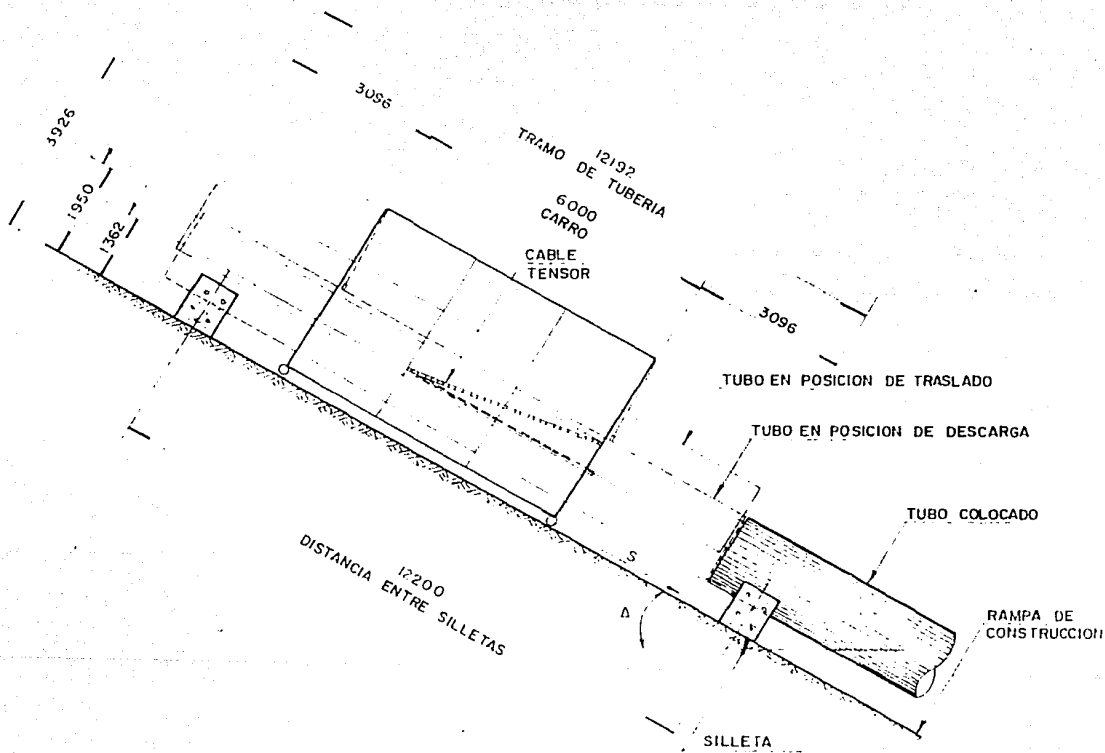


FIGURA (24)

CARRO TRANSPORTADOR - ESQUEMA DE TRASLADO DE TUBO

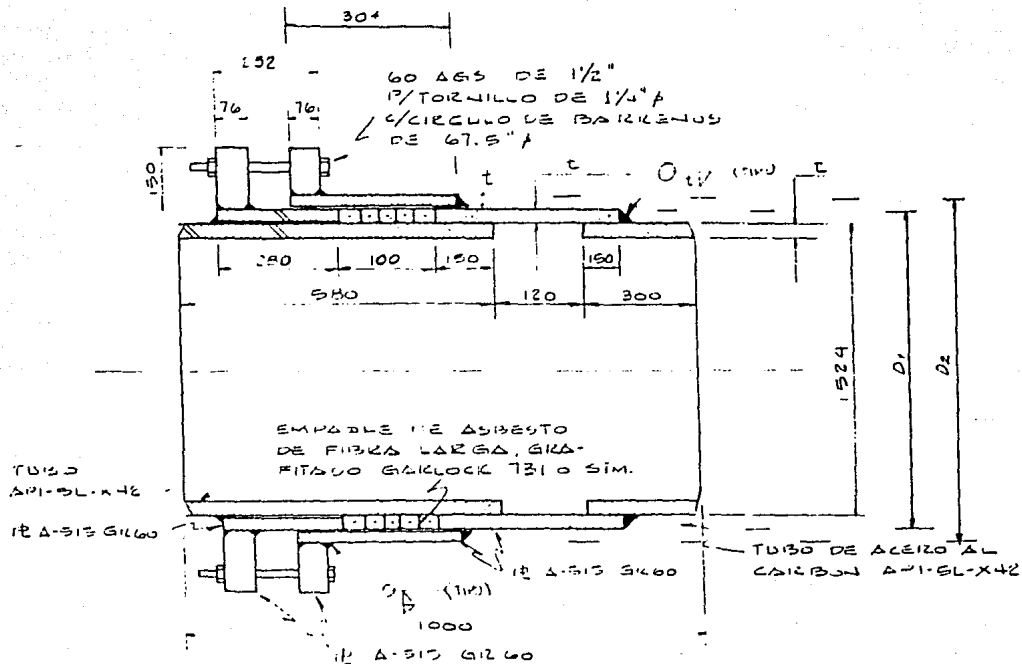


FIGURA (25)
JUNTA DE EXPANSION - TIPO MANGUITO



FOTO 1

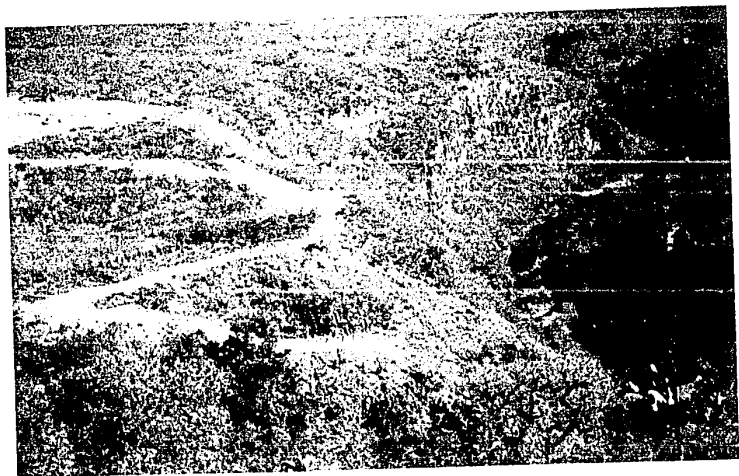


FOTO 2

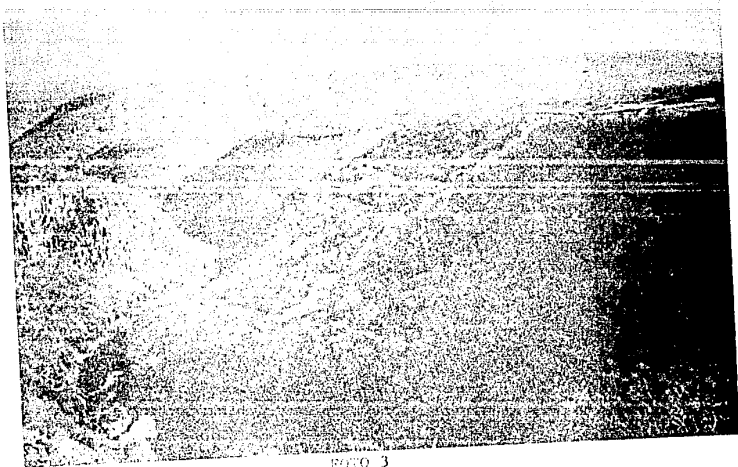


FOTO 3

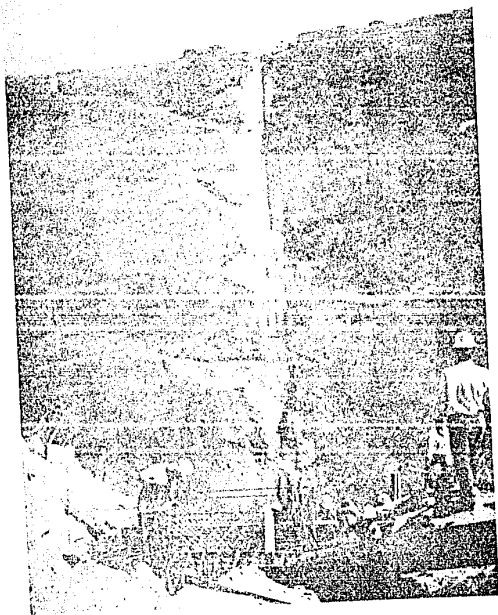


FOTO 4

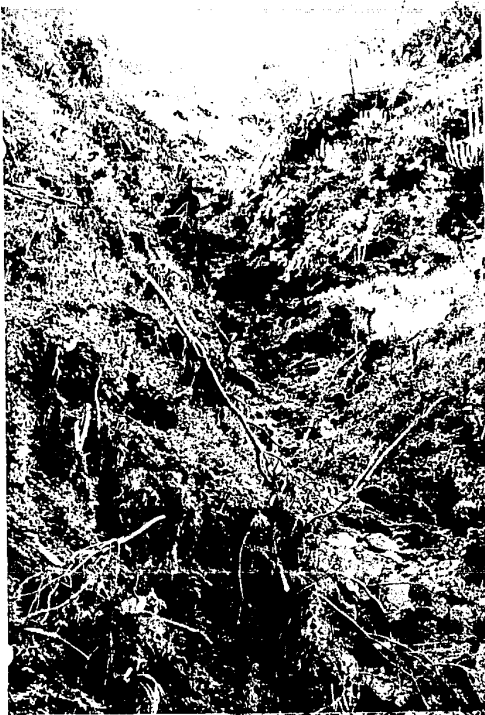


FOTO 5

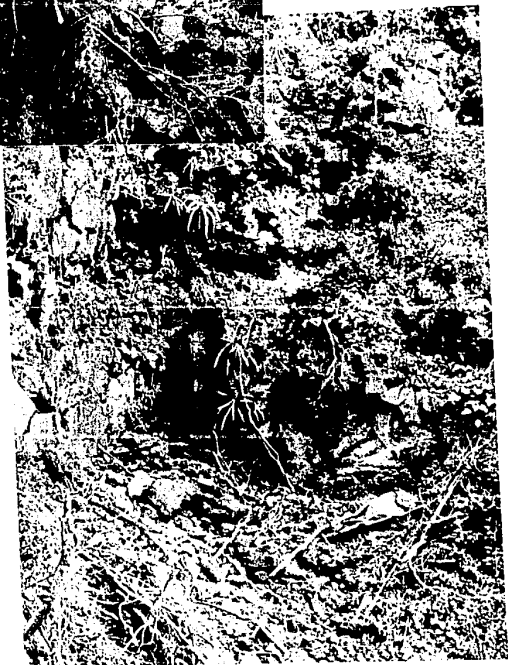




FOTO 6



FOTO 7

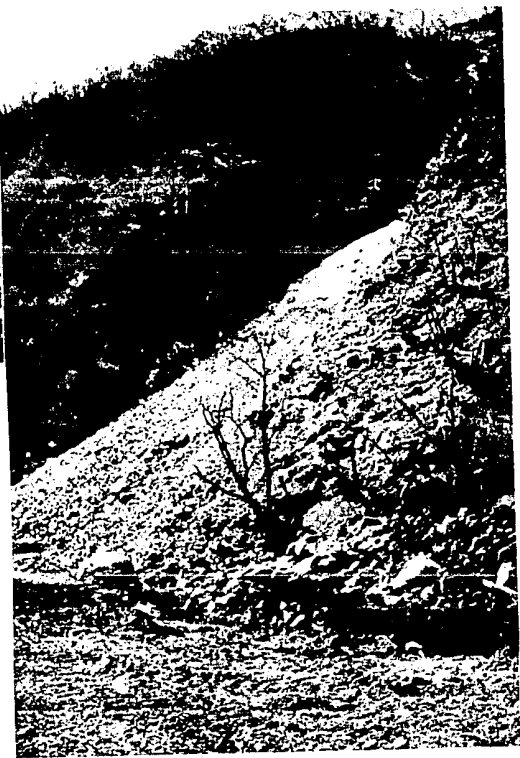


FOTO 8



FOTO 9



FOTO 10



FOTO 11

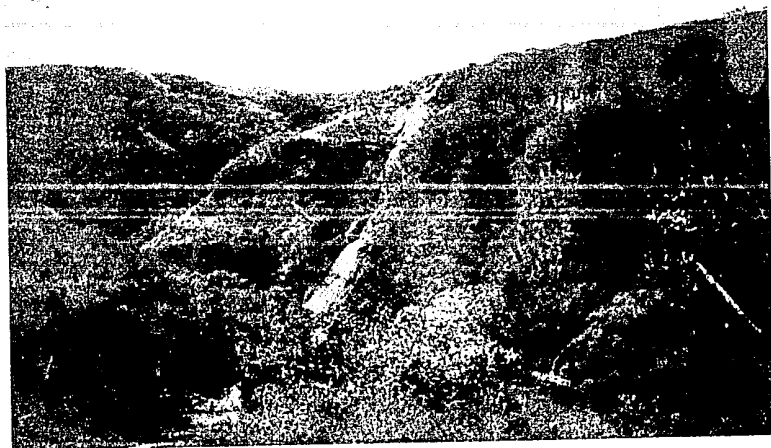


FOTO 12



FOTO 13



FOTO 14



FOTO 15



FOTO 16



FOTO 17

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La metodología de la Ingeniería del Valor aplica conceptos y criterios diferentes a los normalmente empleados para disminuir los costos de un proyecto, para ésto se basa en examinar la necesidad de utilizar un elemento en un proyecto; en comparación con el concepto usado en los métodos tradicionales de reducción de costos, los cuales analizan el costo del elemento y posteriormente estudian la forma de reducir los costos de los recursos que lo conforman.

La Ingeniería del Valor identifica y define la función que desempeña un elemento en el proyecto y procura suministrar ésta función a un costo más bajo.

En el sector de la construcción de latinoamérica la Ingeniería del Valor, tal como se ha descrito en el presente trabajo, ha sido aplicada de forma intuitiva y no como una metodología formal.

Aprovechando los cambios que se están dando en varios países de latinoamérica, en relación a la ejecución de las obras públicas con participación de la iniciativa privada, y a la libre competencia que se dará entre empresas de ingeniería de países desarrollados (Estados Unidos y Canadá principalmente), y las de nuestro medio; es posible integrar la Ingeniería del Valor al proceso de evaluación y construcción de proyectos.

En un principio se puede implantar a través de los proyectos que se ejecutan bajo el esquema de concesionamiento y recuperación con inversión, en razón a que si es cierto que éste esquema se está llevando a cabo por la carencia de recursos por parte del estado, también se originó en parte por la escasa rentabilidad que se obtuvo en algunos proyectos que fueron ejecutados con financiamiento del gobierno; en muchos casos por no haberse efectuado una evaluación completa del mismo. La Ingeniería del Valor puede ayudar a garantizar que los proyectos serán autofinanciables y se optimizarán los recursos utilizados en estos. Ayuda a lo anteriormente expuesto, el hecho de que en la obra concesionada las empresas de ingeniería participan en el proyecto desde su concepción y en la obtención de los recursos para su construcción, encajando éste esquema en la filosofía de la Ingeniería del Valor.

En la evaluación de proyectos se puede adoptar como complemento de la ingeniería financiera, económica y de costos. Para su integración se puede aprovechar el enfoque de Gerencia de Proyectos ya empleado en algunas obras, y el concepto de Aseguramiento de Calidad.

Para ayudar a su comprensión es posible tomar como referencia la metodología empleada para la selección de equipo de construcción, en algunos casos denominada "Selección de Alternativas" o "Toma de Decisiones".

Es posible pensar identificar la metodología con otro nombre, en razón a que al estar implícita la palabra valor en su definición, es motivo de confusiones por considerarla semejante al tratamiento dado a éste término en los estudios económicos y sociales. En la Ingeniería del Valor, valor significa realizar la función o funciones de un elemento a un costo más bajo, con el fin de obtener el menor costo y mayor valor del proyecto. Lo importante, es aplicar la filosofía y el concepto a los proyectos de ingeniería, independientemente del nombre que se le asigne.

En la aplicación de los estudios al cruce del acueducto en el río Santiago se pudo concluir que en éste tipo de obras de construcción pesada, los componentes que intervienen son pocos y las funciones que pueden desempeñar se ven limitadas. Caso contrario sucede en el campo de la edificación en donde un componente puede tener múltiples funciones y diferentes valores a considerar (estético), además de que los componentes que intervienen en este tipo de obras son numerosos; siendo esta área de la construcción un ramo propicio para aplicar los estudios de Ingeniería del Valor.

Se recomienda que las empresas dispongan de un banco de datos en donde se consignen todos los costos históricos de las obras ejecutadas, con el fin de que puedan servir para determinar el valor y consecuentemente el cociente de Costo/Valor del diseño de cualquier proyecto.

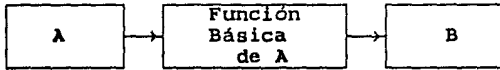
En lo posible se debe proceder a darle seguimiento al presente estudio, por lo cual se propone que la metodología de la Ingeniería del Valor sea utilizada en el diseño y construcción de la II y III Etapa del Sistema La Zurda.

Se ha tratado en el presente trabajo de describir la Ingeniería del Valor, considerando que no se tienen antecedentes de su aplicación en latinoamérica, por lo cual se reconoce de antemano que cualquier aportación o sugerencia que se le efectue al mismo, servirá para mejorarlo y comprender más a fondo el concepto.

Se puede apreciar que el trabajo ha resultado muy extenso en su presentación, debido a la necesidad de describir la metodología para aplicar los estudios de Ingeniería del Valor; sin embargo se considera que este esfuerzo tendrá gran aportación al poder encontrar las personas interesadas en el mismo, una bibliografía en español que los ayude a realizar los estudios.

NIVEL DE ABSTRACCION

Para definir la función de un elemento o componente con un verbo y un sustantivo, debemos partir de la pregunta de ¿Por qué? un elemento o componente es necesario, y la solución es una función orientada a cumplir con la función básica de A (ver diagrama), a un costo más bajo. El resultado es el elemento o componente B, el cual algunas veces resulta ser completamente diferente.



El proceso anterior representa un alto nivel de abstracción, con el objeto de definir la función en la mejor forma. Por ejemplo, "escribir palabras", es una definición satisfactoria de la función de un lápiz, pero esto no puede ser adecuado para el propósito en estudio. Se puede llegar a pensar más a fondo como último objetivo, y el realizar escribir palabras es sólo una manera y no el fin. Este fin puede ser el comunicar ideas o transmitir palabras. Estas son también dos frases adecuadas para definir la función. Lo anterior puede ser explicado mejor al hacer la descripción del semanticismo llamado el nivel de abstracción.

Cada palabra situada en un nivel de abstracción es más abstracta que la que esta debajo de ella. Como ejemplo, se puede observar que la palabra "manzana" no esta al final del peldaño. Ver figura (26). Todas las palabras son abstracciones; ellas dejan por fuera características que pueden describir. Manzana deja por fuera características tales como: medida, variedad, color, forma, madurez. La palabra fruta esta sobre el peldaño porque deja por fuera más características que la palabra manzana. Hay más cosas en el universo que entran en la descripción fruta, que en la descripción manzana.

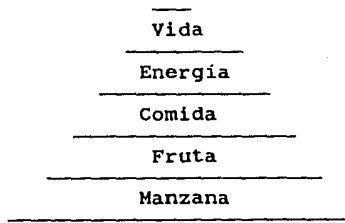


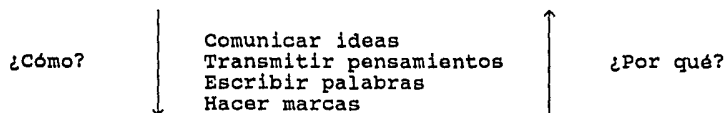
Figura (26)
Caso ilustrativo del nivel de abstracción

En términos de Ingeniería fruta es una especificación más indefinida (vaga), que manzana, y de acuerdo a la definición funcional, es importante que se defina la función a diferentes niveles de abstracción.

Algunas veces se dificulta el moverse de un nivel de abstracción a otro. Una técnica simple para realizar esta acción es hacer dos preguntas, ¿Por qué? y ¿Cómo?. Esto se ilustra de la siguiente manera:

Función básica del lápiz	Escribir palabras
¿Por qué?	Comunicar ideas
¿Cómo?	Haciendo marcas.

Comunicar ideas es un nivel de abstracción más alto que el hacer marcas; así es posible moverse de un nivel de abstracción a otro haciendo la pregunta ¿Por qué? y respondiendo ¿Cómo?, o haciendo la pregunta ¿Cómo?, y respondiendo ¿Por qué?



El objetivo por el cual la función básica del lápiz se define, es para obtener su máximo valor, encontrando el camino de ejecutar la función básica al costo más bajo. Esto da origen a utilizar el pensamiento creativo.

Seleccionando el nivel más bajo de abstracción "hacer marcas" y recordando la definición del máximo valor, se pueden listar un número de alternativas para ejecutar la función. Una lista típica puede ser:
Tiza, carbón, bolígrafo, pincel.

En contraste si la definición, es tal como "comunicar ideas", la lista puede ser:
Teléfono, T.V., tele-fax, computadora, lenguaje, máquina de escribir.

Una comparación de las dos listas, indica que todas las ideas de la primera lista pueden satisfacer la definición más alta en el nivel de abstracción, pero todos los elementos de la segunda lista no encuentran o cumplen con los requerimientos del nivel más bajo de definición como es el de "hacer marcas". La definición más alta es una especificación más vaga (indefinida), y más cosas en el universo pueden ser incluidas dentro de ella.

En la creatividad, el uso de la definición funcional a diferentes niveles de abstracción ayuda a generar un mayor número de ideas.

En muchos casos el desarrollo de una variedad de definiciones funcionales a diferentes niveles de abstracción, producen

ideas que no son de interés para el estudio.

Es importante pensar a fondo acerca de cual es realmente el objetivo propuesto, y seleccionar la definición o definiciones, que más encajan dentro de lo que realmente se quiere lograr.

La técnica empleada para definir la función, es comunmente utilizada por los miembros del equipo, en conjunción con otras técnicas, particularmente durante el proceso del pensamiento creativo y la evaluación funcional.

El valor real de el nivel de abstracción es que más ideas pueden ser generadas al utilizar más de una definición funcional.

**SISTEMA TECNICO PARA EL ANALISIS DE LA FUNCION
(STAF)**

Charles Bytheway, Administrador de la Ingeniería del Valor y del programa de reducción de costos para la compañía UNIVAC en la ciudad de Salt Lake (EUA), implanto en los estudios de Ingeniería del Valor lo que actualmente se conoce como el Sistema Técnico para el Análisis de la Función (STAF), por medio de un documento que fué deliberado en el año de 1965 en una junta nacional de la Sociedad Americana de Ingeniería del Valor (SAVE).

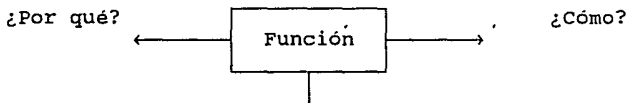
Descripción

El sistema STAF consiste en diagramar la función con base en respuestas dadas a las preguntas ¿Por qué? y ¿Cómo?. El resultado es una jerarquía de funciones expuestas en una relación lógica que responden a las preguntas ¿Por qué? y ¿Cómo?.

El STAF es utilizado principalmente para obtener una reducción en los costos, al simplificar el proceso de identificar la función básica del elemento. Ayuda también a fomentar la creatividad durante el plan de trabajo.

Procedimiento para construir el diagrama STAF.

Se inicia al tomar una función en particular y efectuar las preguntas ¿Por qué? y ¿Cómo?, acerca de ésta. Cada respuesta debe ser la acción de un verbo y el sustantivo puede ser mensurable. La respuesta a la pregunta ¿Por qué?, debe ser colocada en la hoja a la izquierda de la función. La respuesta a la pregunta ¿Cómo?, debe ser colocada en la hoja a la derecha de la función. Figura (27).



Descripción del diagrama

La función es colocada horizontalmente, posicionada de tal forma que pueda describir la respuesta a la pregunta ¿Por qué? y ¿Cómo?, y debe encontrarse también en una secuencia de tiempo. Por ejemplo, las funciones a realizarse más temprano se ubican en el lado derecho del diagrama STAF. Si la función ocurre más tarde en el tiempo total de secuencia, ella podrá ser colocada progresivamente más adelante, a la izquierda en la dirección ¿ Por qué ?.

Se puede encontrar alguna función, la cual no presenta ninguna relación, colocada incorrectamente en la cadena horizontal de funciones; pudiendo ésta, ser considerada como una función

concurrente y localizarla verticalmente abajo de la función acerca de la cual la pregunta ¿Por qué? o ¿Cómo?, esta siendo efectuada.

Las funciones que tienen una secuencia de relación en el tiempo, son arregladas horizontalmente en concordancia con la respuesta a las preguntas ¿Por qué? o ¿Cómo?, tal como se explica a continuación:

-Pregunta ¿Cómo?. La respuesta debe colocarse inmediatamente a la derecha de la función acerca de la cual la pregunta fué realizada. La pregunta ¿Cómo? debe ser una frase, como la siguiente ¿Cómo hace (verbo) (sustantivo)?. Si la función situada inmediatamente a la derecha no da una respuesta lógica a la pregunta ¿Cómo?, quiere decir que la función que responde a la pregunta, no ha sido descrita en forma apropiada, o esta situada en un mal lugar.

-Pregunta ¿Por qué?. La respuesta se coloca inmediatamente a la izquierda de la función acerca de la cual la pregunta ¿Por qué? fue realizada. La pregunta ¿Por qué? debe ser una frase como la siguiente ¿Por qué (verbo) (sustantivo). Si la función ubicada inmediatamente a la izquierda no da una lógica respuesta a la pregunta ¿Por qué?, la función que responde a la pregunta ha sido descrita incorrectamente o esta situada en mal lugar.

Funciones que son mostradas verticalmente en el diagrama. Las funciones que no tienen una relación de secuencia, deben ser colocadas abajo, o en algunos casos arriba, de la cadena horizontal de funciones.

Estas funciones que pueden ocurrir al mismo tiempo o todo el tiempo, son llamadas *funciones concurrentes de soporte*. Pueden ser, funciones secundarias esenciales, funciones estéticas, o funciones no deseadas.

Si la función ocurre al mismo tiempo y da una explicación sobre alguna función situada en la cadena horizontal, se procederá a colocarla debajo de ésta.

Si la función ocurre todo el tiempo tal como la función estética, esta podrá ser colocada arriba de la cadena horizontal de funciones, al extremo derecho del diagrama.

Si se tienen objetivos específicos de diseño a ser conservados en mente mientras el diagrama STAF es construido, estos podrán ser colocados arriba de la función básica encerrados dentro de cuadros construidos con líneas punteadas.

Para mostrar el alcance del estudio de Ingeniería del valor en el diagrama STAF, se utilizan dos líneas verticales, una al extremo izquierdo y otra al extremo derecho del diagrama. Todo lo que este situado entre el alcance de las dos líneas es definido como el problema bajo estudio de Ingeniería del Valor. Si éste estudio, es concentrado a un área más limitada, el alcance de las líneas verticales se reducirá y encerrará justamente las funciones de interés. Estas funciones pueden

Incluir normalmente una función que posee un alto cociente de costo/valor.

La función de orden superior debe colocarse por fuera de la línea de alcance izquierda.

La función básica debera siempre colocarse inmediatamente a la derecha de la línea de alcance izquierda

La figura (27), ilustra la forma de cómo integrar un diagrama típico de STAF.

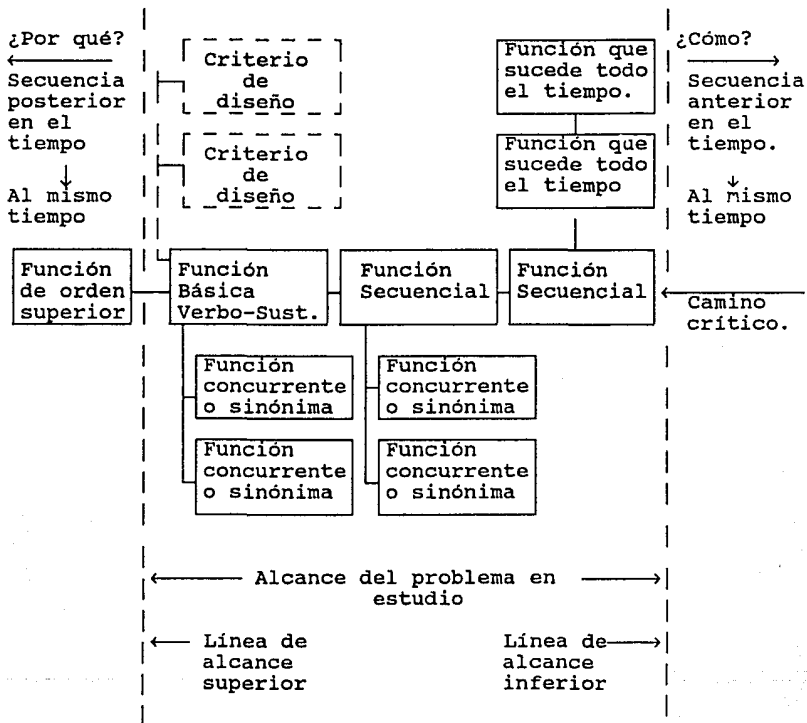


Figura (27)

Sistema técnico para el análisis de la función (STAF)
Procedimiento para construir el diagrama

TECNICA DE LLUVIA DE IDEAS

Esta será la técnica recomendada en el presente trabajo para la generación de ideas.

Una sesión de lluvia de ideas consiste en un grupo de personas sentadas alrededor de una mesa, las cuales espontáneamente producen ideas relacionadas a la ejecución de la función o funciones requeridas. Durante la sesión, el grupo es encargado de generar el máximo número de ideas. Ninguna idea es criticada, juicios y pensamientos negativos no son permitidos. Para asegurarse de que todas las ideas sean aceptadas, algunas reglas son establecidas antes de comenzar la sesión, estas son:

- i) No criticar las ideas expuestas.
- ii) Estimular la libre expresión.
- iii) Demandar la generación de una gran cantidad de ideas.
- iv) Solicitar la combinación y el perfeccionamiento de las ideas.
- v) Registrar todas las ideas generadas.

No se le dedica tiempo a la crítica o evaluación, por lo cual un gran número de ideas por unidad de tiempo son generadas. El anterior procedimiento se conoce como el principio de el "Juicio Diferido".

La lluvia de ideas puede ser aplicada en muchas etapas y fases del plan de trabajo, desde la definición del problema, sistema o elemento a estudiar, hasta la fase de implantación y seguimiento.

Procedimiento de la Lluvia de Ideas.

La figura (28), es un diagrama STAF modificado, y recomienda el procedimiento para llevar a cabo la técnica de lluvia de ideas.

Una explicación de alguno de los términos usados son los siguientes:

-Lista de Control Utilización de una lista de preguntas o anotaciones, como base para crear nuevas ideas.

-Combinación Tomar una o más ideas previamente sugeridas o de la lista de control, e intentar combinarlas obteniendo una nueva o diferente idea.

-Idealización Intentar pensar en una o más ideas "ideales".

-Imitación Pensar en algo similar actualmente en uso y del cual podemos tomar algunas ideas que puedan imitarse.

Modificar Tomar una idea sugerida, o una idea de la lista de control, e intentar modificarla para así generar una diferente, o nueva idea.

Apalancamiento Tomar una idea ya sugerida, o una idea de la lista de control, y usarla como base para sugerir otras ideas.

Enrolarse en el Proyecto (Empatía) Al imaginarse la persona ser el elemento, ella podrá hacer mejoras por el uso de

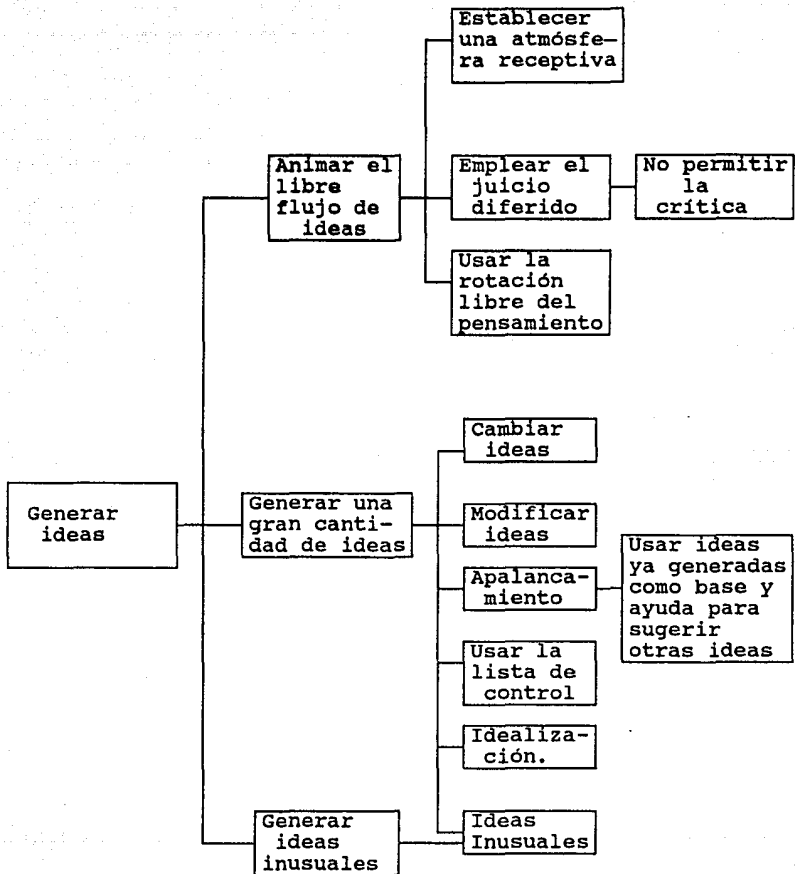


Figura (28)

Diagrama STAF como ayuda para ejecutar la técnica de lluvia de ideas

técnicas creativas. La persona podrá preguntarse ¿Qué puedo hacer o puedo estar haciendo ahora, y como puedo hacer que esto mejore?.

Inusual Intentar pensar en muchas ideas inusuales como sea posible. Se pensara que muchas de ellas son imprácticas, pero pueden ayudar a generar una o más ideas, las cuales pueden ser prácticas.

Formación del grupo para generar la lluvia de ideas.

Se debe tener cuidado al seleccionar los miembros, el líder y el secretario del grupo.

Si un grupo tiene más de nueve miembros, se puede considerar formar dos o tres pequeños grupos con dos a nueve personas en cada uno de ellos.

Criterios para seleccionar los miembros del grupo.

Los miembros del grupo pueden ser personas que representen diferentes disciplinas incluyendo: arquitectos, mecánicos, eléctricos, ingenieros, constructores, fabricantes, personas de mantenimiento y operación, etc. Los miembros del grupo deben poseer experiencia en su área.

Se debe evitar seleccionar miembros que tengan relación de dueño a contratista, o patrón a subordinado.

El miembro del grupo debe poseer buenas actitudes tales como: ser receptivo a las nuevas ideas, ser curioso, mostrar interés en optimizar, tener un pensamiento positivo, imparcialidad, y habilidad para las buenas comunicaciones.

Criterios para seleccionar el líder (moderador) del grupo.

El líder del grupo debe ser imparcial, tener interés en el caso a ser estudiado, y ser un buen comunicador. Podrá separar a un miembro, suspender la sesión cuando sea necesario, y llamar a otras personas a contribuir en la discusión. El líder debe tener conocimientos y ser capaz de aplicar la técnica de lluvia de ideas, suministrara al grupo los lineamientos para ceñirse a las reglas, especialmente la del juicio diferido o la de no hacer juicios sobre alguna idea expuesta.

Número de integrantes del grupo.

La ventaja de utilizar una o dos personas al inicio de la lluvia de ideas es el de desarrollar una lista de control para ser discutida posteriormente por un grupo más grande.

El número óptimo de integrantes es de tres a ocho personas. Este número es bueno ya que estimula la discusión, debido a que las personas interactúan y pueden construir ideas en base a otras, a la vez que un gran número de ideas pueden ser generadas.

Grupos de nueve o más personas ofrecen la ventaja de ser capaz de consolidar y elaborar ideas en base a la de pequeños

COSTEO DEL CICLO DE VIDA

Tradicionalmente el enfoque dado a los costos en la construcción ha sido considerar sólo a los costos iniciales, o sea a los costos de diseño y construcción del proyecto. Sin embargo, según lo expuesto anteriormente en éste trabajo; los nuevos esquemas implantados para la ejecución de las obras publicas, la búsqueda de mecanismos que ayuden a eficientar los procesos en la empresa, y la aplicación del enfoque de sistemas, han cambiado el concepto de creer que los costos de un proyecto terminan con su construcción.

El costeo del ciclo de vida es una técnica que permite la evaluación económica de los costos iniciales, de operación, mantenimiento, y gastos de remplazo; de los servicios, componentes, o materiales durante el ciclo de vida de un proyecto; expresado en pesos constantes. La Ingeniería del Valor considera en el análisis de los costos de un proyecto, el costeo del ciclo de vida y los factores no económicos que son analizados al utilizar la técnica de evaluación ponderada. Como resultado se efectuan decisiones basadas sobre factores económicos, pero ligadas con otros factores no económicos como: seguridad, estética, medio ambiente, etc.

En el presente anexo se consideran los costos económicos que se generan durante el ciclo de vida de un proyecto y la metodología utilizada para evaluarlos. (Costeo del ciclo de vida).

La figura (29) muestra los pasos recomendados para efectuar un análisis de los costos durante el ciclo de vida de un proyecto, incluyendo la evaluación ponderada.

Para ejecutar el análisis del costeo del ciclo de vida, el propietario o contratante debiera suministrar al diseñador la información necesaria, tal como: la vida económica del proyecto, el retorno sobre la inversión, el costo del dinero, medios de operación a utilizar, y requisitos no económicos como : seguridad, estética, etc.

Tipos de Costos a considerar.

Los costos que deben considerarse cuando se realiza el análisis del costeo de ciclo de vida, son los siguientes:

Costos Iniciales

- 1-Terreno
- 2-Diseños.
- 3-Construcción.
- 4-Honorarios.
- 5-Control de calidad, pruebas o ensayos y supervisión de avances.
- 6-Comisiones o contrataciones.
- 7-Contratación y capacitación del personal de mantenimiento y de operación cuando sea necesario.

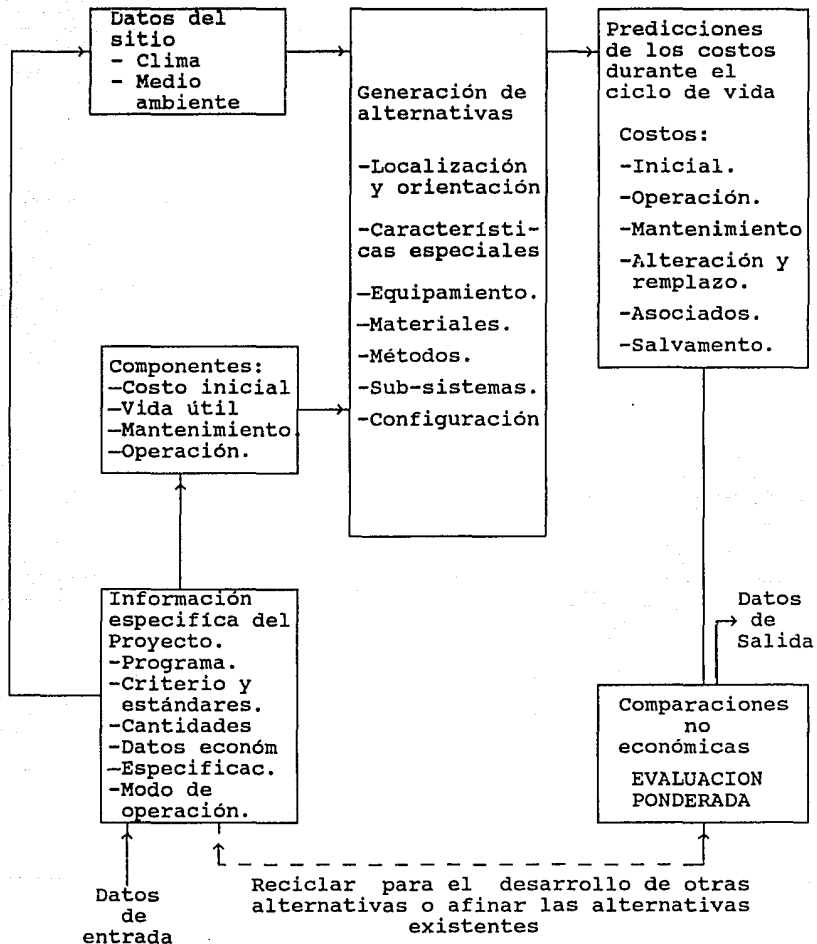


Figura (29)
 Procedimiento para efectuar el costeo del ciclo de vida
 incluyendo la evaluación ponderada.

Los anteriores son costos de capital y se consideran como gastos que se hacen una sola vez y al comienzo de la vida del proyecto.

Costos financieros

Originados normalmente para pagar el financiamiento del capital utilizado para ejecutar el proyecto.

Costos de Operación.

- 1-Supervisión.
- 2-Mano de Obra.
- 3-Materiales, herramientas y accesorios.
- 4-Gastos generales de administración.

Costos de Mantenimiento

- 1-Contrato de mantenimiento anual.
- 2-Mantenimiento preventivo.
- 3-Reparaciones.
- 4-Salarios.

Costos de Salvamento o Rescate.

En muchos casos durante el análisis del costeo del ciclo de vida, deben considerarse los costos de reinstalación, disposición o rescate. Los costos de disposición se relacionan con los costos terminales del activo e implican:

- 1-Costos de demolición y retiro de escombros.
- 2-Reinstalación.
- 3-Disposición del activo físico y de los desechos terminales.

Estos costos se compensan en contra de la venta de los componentes, lo que resulta en un valor de recuperación positivo o negativo. Este será positivo si tiene un valor económico residual y negativo si requiere ser removido o demolido.

Costos de Alteración y Reemplazo.

Son costos que pueden presentarse en el futuro. Los costos de alteración se relacionan al cambio de función en el espacio originalmente asignado. Por ejemplo, se considera inicialmente la construcción de un edificio para oficinas, pero a los diez años la función del área del primer piso puede cambiar a dar facilidad para la instalación de un Banco. En el año diez se presentará una alteración en los costos, en razón a un cambio en el uso funcional del espacio.

El costo de reemplazo es el que puede ocurrir en el futuro para mantener la función original del servicio o elemento. Posteriormente se considerara la forma de incluir este costo en los costos de mantenimiento del elemento.

Costos Asociados.

Se refiere a otros costos identificables y que aparecen asociados a la decisión de incluir servicios o componentes no cubiertos inicialmente. Algunos costos pueden ser: seguros, primas, o costos por negativa a usar el elemento proyectado.

El costo total del elemento será:

$\text{Costo total} = \text{Costo inicial} + \text{Costo de operación} + \text{Costo de mantenimiento} + \text{Costo de recuperación} + \text{Costo de alteración y remplazo} + \text{Costos asociados} + \text{Costos financieros.}$

Los costos de operación y mantenimiento en grandes proyectos son significativos y pueden alcanzar niveles del 30% al 40% del costo de capital inicial. Las decisiones tomadas en las fases de diseño, construcción y contratación o subcontratación afectan severamente los costos en los que se incurre durante las fases de operación, mantenimiento y disposición.

La causa más común de no considerar los costos de operación y mantenimiento en un proyecto, es el interés dividido de las entidades que intervienen en su ejecución. La política ha sido que el departamento y personal que intervienen en una etapa determinada del proyecto se interesan solo en la que realizan, olvidándose de la incidencia que tengan sus decisiones en los costos durante las etapas posteriores.

La Ingeniería del Valor se apoya en la administración del costeo del ciclo de vida, ya que éste considera el intercambio y compensación entre los costos iniciales y los costos de operación, optimizando el costo total de poseer y utilizar activos materiales. En muchos casos se toma una decisión con respecto a reducir los costos iniciales a riesgo de aumentar los costos futuros, o aumentar los costos iniciales con el fin de reducir los gastos futuros. Esta opción de intercambio se ilustra en las figuras (30) y (31).

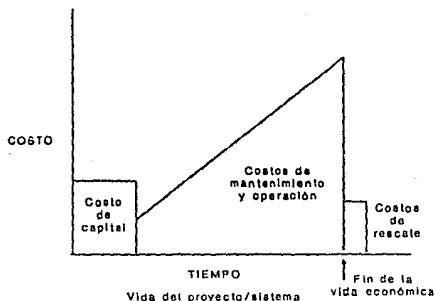


Figura (30)
Opciones de Intercambio

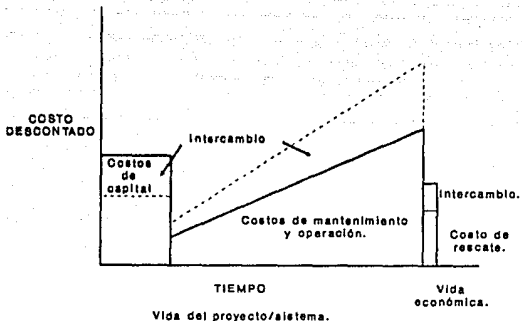


Figura (31)
Opciones de intercambio

La decisión de si es o no conveniente realizar altos costos iniciales en favor de bajos costos de operación, o de bajos costos iniciales en favor de altos costos de operación, depende de muchos factores, tales como: los presupuestos disponibles, las restricciones de ingeniería, las concesiones de capital, las tasas de interés y las utilidades anticipadas. Los anteriores factores son considerados por la Ingeniería del Valor al realizar una evaluación ponderada en base a las variables que se incluyan como criterios deseados en el proyecto. En resumen, algunas de las variables anteriores pueden ser criterios deseados en el proyecto, al efectuar la evaluación ponderada.

En el análisis del costeo del ciclo de vida de un proyecto los costos iniciales y de operación se pueden equilibrar, y se pueden determinar los costos óptimos para el propietario, tal como se ilustra en la figura (32).

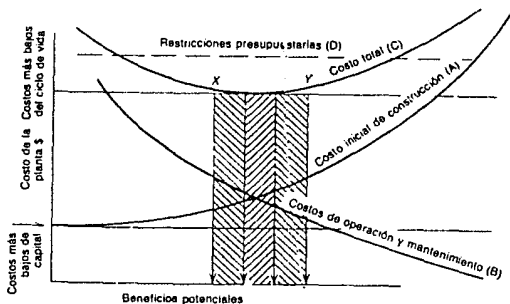


Figura (32)
Costos óptimos para el propietario.

En los estudios del costeo del ciclo de vida es importante identificar la vida de un servicio o elemento, por su vida económica en lugar de su vida física. A la terminación de su vida económica habrán de gastarse fondos adicionales de capital para adaptar al elemento a continuar con la función asignada.

Si un elemento o componente tiene una esperanza de vida más corta que la vida económica del proyecto, entonces tendrá que ser reemplazado durante la vida de éste, de manera que pueda cumplir con su función. El anterior reemplazo se transforma en un costo de mantenimiento y debe tomarse como tal.

El costeo del ciclo de vida se puede aplicar en los procedimientos utilizados en la construcción, por ejemplo, cuando se presenta el interrogante de si es conveniente construir para una vida a largo plazo o construir para un uso temporal estimando una reconstrucción posterior.

Todos los costos futuros deben llevarse a un parámetro común para que se logre una comparación objetiva. En consecuencia, en los estudios del costeo del ciclo de vida se emplean los conceptos de *Valor Presente Neto*, *Flujo de Efectivo* o *Caja Descontado* y el *Valor Anual Equivalente*.

Los costos aislados correspondientes a cada alternativa generada por la Ingeniería del Valor pueden ser agrupados y presentados por años durante un número de periodos iguales a la vida económica del proyecto. Los costos probables de reemplazo, alteración y salvamento deben ser considerados, los primeros en el momento en que se sucedan y el último al final del ciclo.

Una forma utilizada es el de presentar los costos en pesos constantes convertidos a valor presente neto, usando técnicas que emplean una tasa razonable de descuento (esta tasa varía de acuerdo a las expectativas económicas, y si la entidad propietaria del proyecto es entidad pública o privada).

El equipo de estudio de Ingeniería del Valor totaliza los costos descontados e identifica la alternativa de más bajo costo.

Cuando se analiza el intercambio en los estudios del ciclo de vida, es importante la técnica de comparar los costos por medio del *Valor anual equivalente*, a una tasa de interés y en un periodo de amortización establecido.

Para algunos elementos de costo, la intuición puede ser más útil que los cálculos precisos. La intuición se aplicará a elementos tales como: tasas de interés, vida útil y tasas de inflación. La precisión se aplicará a los elementos de consumo de energía, eficiencias de operación, horas totales de operación. Las tasas de interés deben predicirse con tanta exactitud como sea posible, ya que pueden surgir efectos significativos de una evaluación incorrecta, con independencia de los costos de operación y mantenimiento; por ejemplo, las

altas tasas de interés favorecen un costo inicial bajo y altos costos de operación; en tanto que las bajas tasas de interés favorecen costos iniciales altos y bajos costos de operación.

Las tasas de interés se pueden predecir mediante el uso de técnicas matemáticas, ayudadas por el conocimiento de la economía nacional y de los anuncios de la tasa principal de interés (tasa líder). También habrán de consultarse las predicciones financieras hechas por los periódicos, revistas de economía e instituciones financieras. Puede ser necesario realizar un análisis de sensibilidad para cada una de las variables asumidas para ver si un cambio razonable en alguno de los costos asumidos puede cambiar las conclusiones.

La selección final de una opción debe ser soportada por factores no económicos usando la evaluación ponderada.

El formato (6) es una guía para calcular el costeo del ciclo de vida de un elemento o componente en un proyecto.

EVALUACION PONDERADA

El diseñador o administrador de un proyecto esta continuamente obligado a tomar decisiones; estas involucran el análisis de uno o más criterios.

Frecuentemente la decisión requiere un análisis de distintos criterios, incluyendo factores económicos y no económicos, suministrando cada uno un grado de importancia (peso), el cual depende de las circunstancias del proyecto. La evaluación ponderada (por peso) suministra las herramientas adecuadas para efectuar una compleja decisión, es más apropiada cuando hay diferentes criterios. Cuando se hace la comparación entre los criterios, se puede seleccionar la alternativa óptima. El criterio de los costos iniciales, mantenimiento, etc; pueden ser comparados con otros criterios no económicos, tales como: la estética, impacto sobre el medio ambiente, etc. La evaluación ponderada es un procedimiento organizado para seleccionar la alternativa óptima en las áreas que involucran distintos criterios.

En el proceso de evaluación, a los criterios le son asignados diferentes pesos de acuerdo con su impacto sobre el proyecto. Las alternativas generadas serán evaluadas contra cada criterio, y la que resulte con la más alta calificación será seleccionada para ser implantada.

Procedimiento para realizar la evaluación

El procedimiento recomendado para llevar a cabo la evaluación ponderada se expone a continuación, requiriendo ser realizada en dos formas: a) evaluación ponderada del criterio (por peso), y b) el análisis de la matriz.

El criterio por el procedimiento de evaluación ponderada (por peso), ver formato (7), esta designado a aislar el criterio y a establecer su peso o importancia relativa en el proyecto, al asignarsele una calificación.

En el análisis de la matriz, ver formato (8), cada alternativa es listada y calificada contra cada criterio. Posteriormente la calificación obtenida de acuerdo al peso (importancia) de cada criterio es multiplicada por la calificación de cada alternativa generada en la matriz y el resultado es totalizado. Las alternativas que obtienen las más altas calificaciones son recomendadas para su implantación.

Evaluación ponderada del criterio.

Se recomienda utilizarlo de la siguiente forma: El primer procedimiento consiste en listar y asignar una letra al criterio que se considera de importancia para el proyecto o área en particular. Por ejemplo, durante el estudio de Ingeniería del Valor de una estación de bombeo, los criterios utilizados y que se consideraron importantes comprendieron:

el costo inicial, mantenimiento, estética, rendimiento, impacto de la energía, y tiempo de rediseño. Solo los criterios que tienen significativo impacto al comparar las alternativas deben ser listados.

En el siguiente paso, los criterios son comparados uno contra otro y el más importante es determinado para proporcionarlo al proyecto. La comparación puede basarse en los costos, rendimiento, o alguna base subjetiva (estética). Un equipo multidisciplinario es normalmente requerido para seleccionar y evaluar objetivamente el criterio más importante; algunas veces, un individuo con amplia experiencia puede desarrollar efectivamente la evaluación requerida. Ver formato (7).

Después de seleccionar el criterio más importante (identificado con la letra correspondiente), puede ser establecido su grado de importancia. El grado es clasificado como de mayor, media, menor, o escasa preferencia; asignandosele un puntaje de 4, 3, 2, y 1 respectivamente. Cuando un grado de importancia no puede ser establecido entre dos criterios (punto muerto), los dos criterios deben ser indicados como equivalentes al usar ambas letras, registrandolas en la matriz y asignandole a cada criterio un punto.

El criterio favorecido y su relativa importancia son determinados; estos son registrados (la letra identificará al criterio favorecido y el número al grado de preferencia asignado) dentro de la matriz con una ponderación apropiada de acuerdo a la importancia establecida para cada criterio.

Para estandarizar el proceso de evaluación por ponderación, la calificación en bruto es convertida a una escala de 0 a 10 y colocada debajo de la columna peso (Ver formato 7), diez (10) será el criterio que reciba la más alta calificación.

Después de haber sido utilizado el criterio por ponderación; el proceso puede ser revisado. A veces un criterio en particular, no puede recibir calificación; pero puede ser suficientemente importante y tener un impacto en la evaluación por ponderación; la calificación puede ser ajustada para reflejar una ponderación más apropiada. De otra manera, si el criterio no obtiene calificación y su impacto es mínimo, éste puede ser desvinculado del proceso.

Análisis de la Matriz.

El análisis de la matriz esta designado a tomar el criterio, expresar su peso, y a establecer un formato que sirva para evaluar varias alternativas al confrontarlas con los criterios.

La calificación total obtenida por el criterio en la evaluación por ponderación (peso) ayuda a seleccionar la mejor alternativa.

Los datos de entrada requeridos consisten en los diversos criterios establecidos con sus respectivos pesos obtenidos al

efectuar la evaluación ponderada (formato 7), así como las alternativas desarrolladas para su estudio.

Después de introducir los datos de entrada, el camino a seguir es evaluar cada alternativa contra cada criterio y calificarla de acuerdo a los siguientes valores (ver formato 8):

Excelente	5
Muy buena	4
Buena	3
Regular	2
Pobre	1

El rango es seleccionado para tomar en consideración como cada alternativa (propiedades y /o costos) se compara con el criterio. Por ejemplo, si se evalúa la alternativa contra el criterio de los costos iniciales; la alternativa más económica puede ser calificada como excelente al asignarle el valor de 5 correspondiente y colocando el valor en el cuadro de la matriz.

La calificación obtenida al confrontar la alternativa contra el criterio, es colocada en la parte media inferior del cuadro. El próximo paso consiste en multiplicar esta calificación por el peso de cada criterio y colocar el resultado en la parte media superior del cuadro. Estos resultados son totalizados para cada alternativa, seleccionándose la que obtenga la más alta calificación para su implantación. Ver formato (8).

Las calificaciones asignadas varían de acuerdo al criterio de los individuos que realizan la evaluación y al momento en que estas son realizadas. Es importante que la selección y ponderación del criterio sea efectuada por personas que representen los intereses del dueño e incluyan el mayor número de disciplinas del proyecto. Por ejemplo, si la selección de los criterios es realizada por arquitectos, estos no le darán énfasis a las áreas de mantenimiento, operación, calidad, etc. Si la selección es realizada por ingenieros, es posible que se le de poco énfasis a áreas como: la estética, medio ambiente, confort, etc.

El proceso de selección de criterios puede ser aplicado a nuevas construcciones, rehabilitaciones, modernización, o en cualquier momento durante las etapas de planeación, diseño y proceso de construcción. El factor más importante es que, a través de la evaluación ponderada, la Ingeniería del Valor condiciona sus recomendaciones al impacto que pueda tener el criterio en el proyecto, el cual no solamente puede ser medido en términos monetarios.

**CLAUSULA CON INCENTIVOS PARA LA APLICACION DE LA
INGENIERIA DEL VALOR.**

(CONTRATO DE CONSTRUCCION)

A continuación se presenta a manera de información, los alcances de una cláusula que contiene incentivos para el empleo de los estudios de Ingeniería del Valor por parte del contratista, en un contrato de construcción de una entidad del gobierno de los Estados Unidos de América.

1.-Objetivos.

Está cláusula se aplica a alguna propuesta de reducción de costos (en este anexo referida a la propuesta de cambio obtenida por la aplicación de la Ingeniería del Valor PCIV), iniciada y desarrollada por el contratista con el objeto de cambiar algunos requerimientos de este contrato. Esta cláusula sin embargo, no debe ser aplicada a cualquier propuesta, a menos que ésta sea identificada por el contratista, y éste al mismo tiempo la someta al propietario, con el fin de que la evalúe.

1.1. La propuesta de cambio originada por la aplicación de la Ingeniería del Valor puede dar como resultado que se presenten ahorros netos que favorezcan al propietario, al suministrar alguno de los siguientes beneficios:

i) Una disminución en el costo de ejecución de este contrato.
ii) Una disminución del costo para el propietario (posteriormente referidos como costos colaterales) en la operación de las instalaciones objeto de este contrato, sin tener en cuenta los costos de adquisición. Los cambios propuestos deben generar ahorros, sin perjudicar estas algunas funciones y características exigidas en el presente contrato tales como: economía de operación, facilidad de mantenimiento, estética, seguridad, etc.

1.2. Un propuesta de cambio, la cual en algunos casos resulta ser idéntica a la presentada en otro contrato por el contratista u otro contratista, podrá también ser considerada en esta cláusula.

1.3. Una propuesta de cambio que de como resultado una disminución en los costos de ejecución del contrato, y que principalmente se apoye en la substitución de un subcontratista por otro, listado por el contratista en su oferta, no será considerado como un cambio. Se puede efectuar la substitución de un subcontratista, manteniendo los objetivos expuestos en el inciso 1.1.

2.0. Inclusión del Subcontratista.

En los subcontratos que excedan de US 25.000, el contratista deberá incluir los incentivos estipulados en esta cláusula, junto con un acuerdo de participación del subcontratista en

los ahorros, con un porcentaje igual o mayor al establecido en el presente contrato; adicionalmente a juicio del contratista éste podrá incluir lo estipulado para el subcontrato mencionado arriba, a algún otro subcontrato que ofrezca una alta probabilidad de poder ofrecer propuestas de cambios. Dependiendo de la opinión del subcontratista principal, esta cláusula puede ser incluida dentro de los subcontratos secundarios. El contratista debe encargarse de que sean sometidas a su estudio las propuestas de cambio ofrecidas por el subcontratista, de tal manera que no este obligado a aceptarlas y/o comunicarlas al propietario.

3.0. Datos Solicitados.

Como mínimo, la siguiente información debe ser suministrada por el contratista en cada propuesta de cambio originada por la aplicación de la Ingeniería del Valor PCIV.

3.1. Una relación en la cual se describan las diferencias entre las solicitudes del contrato actual y las propuestas de cambio, acompañada de las ventajas y desventajas comparativas de cada propuesta de cambio, incluyendo una explicación en donde se justifique la reducción de la función o característica del elemento, si algo de esto llegara a presentarse.

3.2. Presentar los costos estimados del contrato actual y la propuesta de cambio, e incluir un estimado de la modificación en el precio del contrato, describiendo los costos necesarios para implantar la propuesta de cambio y la participación del contratista en los ahorros obtenidos.

3.3. Un estimado de los efectos que la propuesta de cambio pueda tener sobre los costos colaterales del propietario, incluyendo un cálculo de la participación que el contratista solicita como pago al propietario con base a la aprobación de la propuesta.

3.4. Análisis en detalle de la Ingeniería y Arquitectura, que describa e identifique cada requisito del contrato, los cuales pueden ser modificados si la propuesta de cambio es aceptada; también se debe incluir las recomendaciones necesarias para poder realizar cada cambio y sus posibles efectos.

3.5. Una declaración en donde se especifique la cantidad de tiempo del cual dispone el propietario, para estudiar, discutir, y aprobar la propuesta de cambio con el fin de obtener la máxima reducción de costos durante la vigencia de este contrato, mencionando algún efecto que pueda influir sobre el tiempo de culminación o programa de entrega.

3.6. Identificación de alguna propuesta de cambio ofrecida anteriormente, incluyendo la fecha de presentación, las entidades involucradas, los números de los contratos del propietario sometidos a cambios, y las acciones asumidas por éste, si son de conocimiento.

4.0 Procedimiento.

Seis copias de cada propuesta de cambio serán enviadas a la oficina del contratante, o al representante autorizado. La propuesta de cambio deberá ser procesada rápidamente; sin embargo, el propietario no debe ser obligado por algún retraso a decidir sobre una propuesta de cambio sometida de conformidad a esta cláusula. El contratista puede retractarse, en todo o en parte, de una propuesta de cambio no aceptada por el propietario dentro del período especificado para la evaluación del cambio propuesto.

El propietario no debe ser obligado a responder por el costo de una propuesta de cambio en el caso donde esta sea rechazada o excluida. La decisión de la oficina contratante en relación a la de aceptar algún cambio propuesto bajo este contrato debe ser la final y no estar sujeta a las cláusulas en disputa del presente contrato.

4.1. La oficina contratante puede modificar una propuesta de cambio, con la anuencia del contratista, y la participación de éste en los ahorros será en base a la estimación del cambio modificado.

4.2. Pendiente de la aceptación por escrito de la propuesta de cambio en toda o en parte, el contratista estará obligado a ejecutar el contrato de acuerdo con los términos del contrato existente.

4.3. La aprobación de la propuesta de cambio deberá ser finiquitada a través de un ajuste equitativo en el precio del contrato y en el tiempo de ejecución del mismo, de conformidad a lo previsto en esta cláusula.

4.4. Cuando exista la necesidad de proceder con una propuesta de cambio (en toda o en parte) y no se concede el tiempo suficiente para la ejecución de el contrato modificado, el propietario podrá aceptar la propuesta de cambio (en toda o en parte), autorizando al contratista a ejecutar el trabajo sobre la base del precio del contrato modificado a ser determinado.

5.0 Estimaciones a ejecutar para determinar el cambio en el costo de ejecución del contrato.

Deberan ser elaboradas dos estimaciones: la primera para determinar el valor del contrato actual y la segunda para determinar el valor del contrato al ser incluidas las propuestas de cambio.

Para cada estimado se efectuara un análisis detallado en el cual deberan incluirse los costos del contratista, y subcontratistas, indicando las cantidades de obra a ejecutar y los costos de mano de obra, material y equipo.

5.1. El contratista calculara los costos de implantar la propuesta de cambio, debiendo estos ser incluidos en el estimado; sin embargo estos costos no deben ser permitidos si ellos son reembolsables en otra parte del contrato como un cargo directo.

5.2. Los costos efectuados por parte del propietario para implantar la propuesta de cambio no deben ser incluidos en el estimado.

5.3. Si la diferencia en los estimados indica una reducción neta en el precio del contrato, no se deberán hacer concesiones adicionales para las utilidades y bonificaciones. La reducción neta en el costo de ejecución del contrato deberá ser compartida, en la forma que se explica más adelante.

5.4. Si la diferencia en los estimados indica un incremento neto en el precio del contrato, el precio de este deberá ser ajustado, considerando el trabajo adicional que le corresponderá realizar al contratista y sus subcontratistas, estimando una remuneración para el mismo.

6.0 Estimaciones para los costos colaterales.

Deberán ser calculadas dos estimaciones para los costos colaterales: una para determinar los costos en el contrato actual y otra para obtener los costos colaterales al ser incluidas las propuestas de cambio. Se efectuara un análisis detallado de los costos y la base de datos utilizada para calcularlos.

Los costos de beneficio para el propietario incluyen, pero no se limitan a: una reducción en los costos de operación, mantenimiento o reparación, prolongación de la vida útil, incremento en el espacio de terreno utilizable, y una reducción en las especificaciones que deberá cumplir el propietario.

La estimación puede hacerse de la siguiente forma:

6.1. Los costos deben ser calculados para un periodo de 20 años sobre una base uniforme para cada estimado, y deberán incluir las erogaciones que efectue el propietario para implantar la propuesta de cambio.

6.2. Si la diferencia en los estimados a ser aprobados por el propietario revelan ahorros, el contratista puede dividir el resultado obtenido para 20 años y obtener un promedio neto anual de ahorros colaterales. El resultado de los ahorros deberá ser compartido tal como se describe más adelante en esta cláusula.

6.3 En el evento que el contrato no pueda ser concluido sobre el monto de los costos colaterales estimados, la oficina contratante debe determinar la suma. Esta decisión es la final y no esta sujeta a las cláusulas de disputas provistas en el presente contrato.

7.0 Cálculo de la participación.

Si la propuesta de cambio es aceptada por el propietario, el contratista será habilitado de inmediato para participar en los ahorros iniciales y colaterales obtenidos con base a los cambios efectuados al contrato actual.

Para el propósito de participación del contratista en los ahorros, la cual es considerada en la presente cláusula, el término "Contrato actual" podrá incluir algún cambio u otras modificaciones a este contrato, las cuales podrán ser

efectuadas posteriormente a la aceptación de la propuesta de cambio, en razón a que el propietario decida incrementar la cantidad de elementos o adicione algún otro concepto de trabajo. Se puede realizar también alguna prolongación al contrato actual recurriendo a la opción (si la hay), proporcionada por el presente contrato después de ser aceptada la propuesta de cambio.

7.1 Cuando únicamente el contratista esta participando en la consecución de los ahorros, el deberá recibir un 50%, y el propietario otro 50%, del monto en los ahorros obtenidos al efectuarse una reducción en los costos de ejecución del contrato.

7.2. Cuando únicamente un subcontratista participa en el programa de ahorros, el deberá recibir como mínimo un 30%, el contratista un máximo de 30%, y el propietario un 40% de participación en el valor obtenido al reducir los costos de ejecutar el contrato.

Otros subcontratistas secundarios deberán recibir un porcentaje de participación en los ahorros igual a los acordados en el presente contrato con el subcontratista principal.

7.3. En los ahorros colaterales el contratista deberá recibir un 20% de el promedio de ahorros estimados para la vida útil del proyecto.

8.0 Ajustes al precio del contrato.

8.1. La metodología que permite remunerar los ahorros iniciales compartidos, deberá estar acompañada de una reducción en el precio del contrato, el cual debe ser por una suma igual a la participación del propietario en los ahorros.

8.2. Los ahorros colaterales compartidos y los costos de incrementar la producción de las instalaciones objeto del presente contrato deberán ser remunerados en base a un aumento en el precio del contrato.

9.0 Limitaciones contractuales.

El contratista debe limitarse a las reglas dispuestas por el propietario al usar algún documento de la propuesta de cambio o datos de soporte sometidas de conformidad a ésta cláusula, en concordancia con los términos de la siguiente leyenda, debiendo ésta ser enmarcada sobre cada documento.

Los datos suministrados de conformidad a la cláusula de incentivo del valor del contrato No-----, no deben ser divulgados por el propietario para algún otro propósito diferente al de evaluar la propuesta de cambio sometida bajo lo que se expresa en esta cláusula. Esta restricción no limita el derecho del propietario a utilizar de otro modo la información disponible, tomada del contratista u otra fuente. En el evento de que sea aceptada alguna propuesta de cambio, el propietario tendrá el derecho de utilizarla en el presente contrato o en otros contratos que se encuentre realizando o ejecute posteriormente.

BIBLIOGRAFIA.

- AHUJA H.N. y Walsh M, *Ingeniería de Costos y Administración de Proyectos*, Editorial Alfaomega, México, 1989.
- Dell'Isola, A.J., *Value Engineering in the Construction Industry*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1982.
- Heller, Edward D., *Value Management*, Adisson Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1971.
- Macedo, M. Jr., Dobrow P, y O'Rourke. J, *Value Management for Construction*, John Wiley & Sons, New York.
- Miles L.D., *Techniques of Value Analysis and Engineering*, McGraw-Hill Book Company, New York 1971.
- O'Brien, J.J., *Value Analysis in Design and Construction*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1976.
- Civil Engineering ASCE, Vol 50, No 8, Agosto 1980.
- Civil Engineering ASCE, Vol 51, Octubre 1981.
- Federación Interamericana de la Industria de la Construcción, Boletines No 235, 241, 242, 245, 249, 251, 252, y 253.
- Tellez Rubén, *Ingeniería del Valor y Calidad*, División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1990.
- Comisión Nacional del Agua, *Tabulador de Precios Unitarios año 1990*.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte, *Relación de Precios Unitarios año 1990*.