

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE  
INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010.

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI,  
TAMU, ICA, e invitados.



**LA INGENIERIA DE  
VALOR EN LOS  
PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN**

Mtro. Luís Rocha Chiu

**LA INGENIERIA DE VALOR EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCION****M.C. Luis Rocha Chiu**

Departamento de Materiales  
División de Ciencias Básicas e Ingeniería  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Correo: rcla@correo.azc.uam.mx

**“LA INGENIERIA DE VALOR EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCION ”.****RESUMEN**

A menudo es difícil controlar el desarrollo de los proyectos de construcción, es tarea del equipo de gerencia de proyectos predecir dentro de lo posible las diferentes situaciones que se pueden encontrar, desarrollando planes y estrategias para cada caso. Dentro de estas situaciones el control del tiempo, de la calidad y del costo para ejecutar el proyecto son los retos más importantes que se presentan en cualquier obra de construcción.

En la actualidad la administración de los proyectos de construcción están orientados mediante un enfoque integrador que considera todos los factores que intervienen en las obras a lo largo del ciclo de vida del proyecto con la finalidad de ejecutar las construcciones al menor costo posible con ciertos estándares de desempeño del producto final.

Una de las técnicas que los equipos de gerencia de proyectos usan para reducir los costos de las obras manteniendo la calidad establecida en los planos y especificaciones, es la aplicación de la ingeniería del valor (Value Engineering). En este trabajo se hace referencia al origen de esta técnica y su adaptación a la industria de la construcción. Se presenta la metodología de trabajo aplicada a los proyectos de construcción.

Palabras clave: Ingeniería del valor, proyectos de construcción, costo, gerencia de proyectos.

## COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

## INTRODUCCION

Los proyectos de construcción deben realizarse en forma coordinada de acuerdo a reglamentos, planos y especificaciones, respetando las restricciones impuestas en el proceso de construcción, que generalmente son exclusivas para cada proyecto. A pesar de la similitud entre proyectos, existen siempre elementos distintos que hacen a cada proyecto único, tales como el tipo de suelo, las condiciones climatológicas, la disponibilidad de recursos (materiales, mano de obra y equipo). En la industria de la transformación, para manufacturar productos es necesario traer la materia prima a la fábrica con un control importante del proceso de producción; en la industria de la construcción la “fábrica” está puesta en el sitio de la obra y la ejecución de la obra se ve envuelta en un desarrollo incierto, donde no se pueden controlar todas las variables tan cuidadosamente como en una fábrica.

A menudo es difícil controlar el desarrollo de los proyectos de construcción, es tarea del equipo de gerencia de proyectos predecir dentro de lo posible las diferentes situaciones que se pueden encontrar, desarrollando planes y estrategias para cada caso. Dentro de estas situaciones el control del tiempo, de la calidad y del costo para ejecutar el proyecto son los retos más importantes que se presentan en cualquier obra de construcción.

En la actualidad la administración de los proyectos de construcción están orientados mediante un enfoque integrador que considera todos los factores que intervienen en las obras a lo largo del ciclo de vida del proyecto con la finalidad de ejecutar las construcciones al menor costo posible con ciertos estándares de desempeño del producto final.

Una de las técnicas que los equipos de gerencia de proyectos usan para reducir los costos de las obras manteniendo la calidad establecida en los planos y especificaciones, es la aplicación de la ingeniería del valor (Value Engineering). En este trabajo se hace referencia al origen de esta técnica y su adaptación a la industria de la construcción. Se presenta la metodología de trabajo aplicada a los proyectos de construcción.

**Ciclo de vida de los proyectos de construcción.** El ciclo de vida de cualquier proyecto de construcción involucra siete partes básicas: concepto y estudios de factibilidad, diseño e ingeniería, procuración, construcción, pruebas y arranque, operación y demolición (Figura 1).

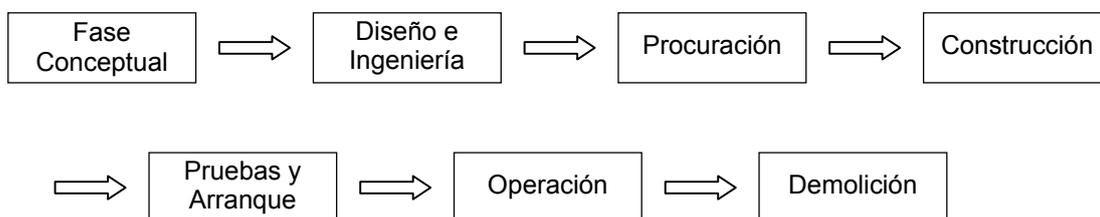


Figura 1. Fases del ciclo de vida del proyecto

En la fase conceptual se realizan a nivel global los planos y las especificaciones del proyecto con base en las necesidades generales de los futuros usuarios; también, se efectúan los estudios de factibilidad técnica y económica y de impacto ambiental. La viabilidad económica requiere la estimación gruesa de los costos del proyecto, los cuales se calculan por diferentes métodos dependiendo del tipo de proyecto y de la experiencia del arquitecto o ingeniero de costos.

La etapa de diseño e ingeniería del proyecto se divide fundamentalmente en dos partes: el diseño e ingeniería preliminar y el diseño e ingeniería detallada. Ambas partes son tradicionalmente dominadas por arquitectos e ingenieros especializados, dependiendo del tipo de construcción.

La procuración es una etapa de los proyectos de construcción que cada vez adquiere más relevancia, con anterioridad se consideraba como parte de la fase de construcción. Se distingue por llevar a cabo todo el procedimiento de adquisición de equipos de instalación fija y de algunos materiales de vital importancia en la ejecución del proyecto.

La etapa de construcción es la actividad más conocida de cualquier proyecto y requiere más de las dos terceras partes del presupuesto global del proyecto. Es evidente que la mayoría de los recursos se consumen en esta etapa, especialmente los materiales, la mano de obra y el uso de equipo de construcción, así como gastos de administración en obra y de oficina central del constructor.

Las etapas de pruebas y arranque y de operación son actividades que dependen del tipo de proyecto a ejecutar, en las obras de tipo industrial o de construcción pesada por lo general las pruebas a los equipos son muy especializadas; mientras que la operación requiere de una planeación cuidadosa y la mayoría de la veces se realiza en forma intensiva; por ejemplo, en las plantas de generación eléctrica es necesario probar las turbinas a plena capacidad y su operación es permanentemente vigilada, mientras que en un edificio de oficinas se prueban al terminar la construcción: los equipos relacionados con las instalaciones hidráulica, sanitarias, de aire, eléctricas, de gas, de comunicación y de computo, durante su utilización se requiere principalmente mantenimiento preventivo, y correctivo cuando las instalaciones o equipos fallan en su funcionamiento.

Comúnmente, en nuestro país la fase de demolición o de construcción no se toma en cuenta dentro del ciclo de vida del proyecto, debido a que se piensa que las construcciones son para siempre y que el costo de demoler una obra es relativamente bajo. El término de construcción comprende un preciso conjunto de procesos y técnicas orientados a la recuperación, clasificación, reutilización de materiales y espacios constructivos. Dentro de la industria de la construcción, el área de la de construcción está creciendo rápidamente, e incluye varios sectores profesionales: Descontaminación de residuos peligrosos, desmontaje, demolición manual y mecánica, desmantelamiento industrial, reciclaje y gestión final de residuo.

Por otra parte, existen varios componentes en el proceso de la construcción, todos con un importante papel para el logro exitoso del proyecto. El propietario, ya sea privado o público, es la parte que inicia la demanda del proyecto y quien paga por su realización. El papel del dueño en el proceso varía considerablemente; sin embargo, la principal función del dueño es la de diferenciar y establecer el alcance en el trabajo de las otras partes participantes. También, debe revisar la factibilidad del proyecto conforme a estimados de costos o presupuestos aproximados y vigilar permanentemente el desarrollo general del proyecto y su avance financiero.

## COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

Los diseñadores y proyectistas son los responsables del desarrollo adecuado de los planos y especificaciones de acuerdo con el reglamento de diseño y establece un vínculo entre el deseo del propietario y su realización como proyecto. El constructor es el encargado de manejar los recursos necesarios para ejecutar la obra de acuerdo al presupuesto y cumplir la calidad requerida en las especificaciones desde un principio. El éxito de cualquier proyecto depende de la correcta coordinación y control del conjunto por medio de equipos interdisciplinarios de ingenieros y arquitectos a través de la gestión administrativa de la obra mediante la Dirección integrada del proyecto o lo que comúnmente se denomina Gerencia de Proyectos (Figura 2).

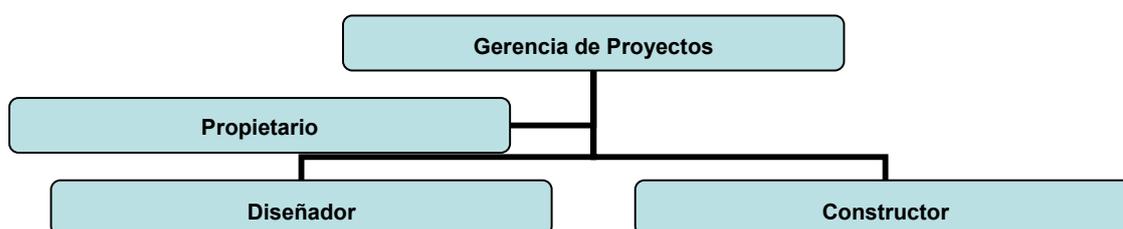


Figura 2. Gerencia de proyectos.

**Costos de los proyectos de construcción.** En el medio de la construcción es frecuente considerar solamente el costo de la obra como la parte más importante del proyecto. No obstante, existen otros costos que necesariamente el propietario tendrá que desembolsar para la concluir el proyecto completo. En la Tabla 1 se presentan los porcentajes de los conceptos de costo típicos de un proyecto con relación al costo de capital para llevarlo a cabo.

Tabla 1. Conceptos de costo de un proyecto de construcción

Concepto de costo	Porcentaje
Adquisición de terreno	5%
Planeación preliminar	3%
Diseño	7%
Construcción	64%
Administración de la construcción	6%
Costos financieros	10%
Otros costos del propietario	5%
<b>Costo total de capital</b>	<b>100%</b>

En la tabla anterior, se aprecia que el propietario tiene que asumir costos para adquirir el terreno, realizar los estudios y proyectos especializados, costos de tipo administrativo para realizar la construcción y costos financieros, además de la propia inversión en la obra. Estos porcentajes de costo por concepto son aproximados, en la práctica se presentan variaciones entre diferentes tipos de proyectos.

Adicionalmente al costo de capital requerido para realizar la obra completa, el propietario debe considerar los costos de mantenimiento y operación del proyecto durante su funcionamiento normal. En conjunto, el costo de capital y los de mantenimiento y operación representan la totalidad del costo del proyecto, de los cuales es conveniente obtener el valor presente neto a lo largo de la vida útil del proyecto para seleccionar entre diferentes opciones de obra.

El proceso de presupuestación de las obras se inicia en la fase conceptual con la elaboración de ante presupuestos o costos preliminares de obra. Cuando se tiene el proyecto ejecutivo se emplean métodos de estimación de costos detallados como: precios unitarios o precio alzado, para fines de concurso y contratación. El costo real de ejecución de la obra sólo es conocido hasta que ésta termina.

Los métodos preliminares o aproximados de estimación de costos sirven para dar una idea muy cercana del costo final de la obra, dependiendo del método empleado y de la calidad de la información con la cual se calculen estos costos la diferencia entre el costo aproximado con el costo final de la obra puedes ser extremadamente grande o significativamente pequeña.

Existen numerosos métodos y niveles de precisión para preparar los estimados de costo para un proyecto de construcción. Cada método tiene sus propias aplicaciones y limitaciones, pero es importante reconocer y enfatizar que todas las estimaciones son aproximadas, basadas en el criterio y experiencia del arquitecto o ingeniero de costos, llamado comúnmente analista de costos.

Para obtener los costos el analista debe prácticamente construir el proyecto en papel, no sólo debe cuantificar los materiales que se indican en los planos, sino verificar su disponibilidad en el lugar de la obra o en las cercanías de ésta. Después, se hacen hipótesis de métodos alternativos que puedan usarse para construir las diferentes partes del proyecto, determinar la mano de obra, equipo y materiales que se requieran en cada parte, evaluar la productividad y seleccionar el método de construcción más conveniente procurando que sea el de menor costo.

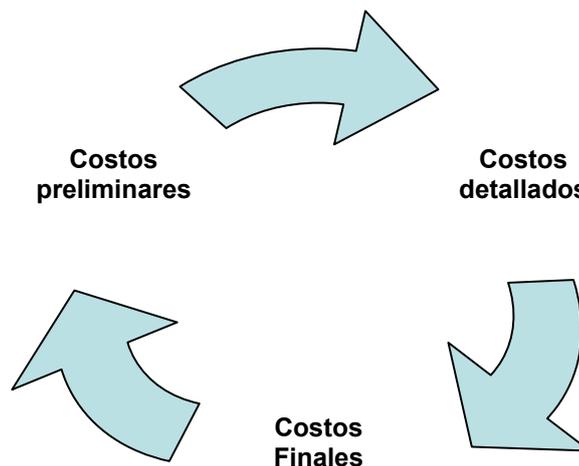


Figura 3. Proceso de presupuestación.

## COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

Es importante hacer notar que diferentes tipos de estimación de costos son requeridas conforme el proyecto se desarrolla. En primer lugar se elaboran estimaciones conceptuales o preliminares preparadas inicialmente cuando se desarrolla el anteproyecto, posteriormente cuando el diseño está completo se realizan las estimaciones detalladas que pronostican el costo del proyecto dentro de los límites permisibles de acuerdo con la información de los planos completos y de las especificaciones. Al terminar la obra se obtiene el costo final. De lo anterior podemos observar que tenemos tres principales tipos de estimaciones: Estimación conceptual o preliminar, estimación detallada y estimación final (Figura 3).

**La ingeniería del valor.** En el sector de la construcción es muy común el control de costos en los proyectos; por ejemplo en la Figura 4, se muestra el nivel de influencia que las primeras etapas del ciclo de vida de los proyectos tienen en las subsecuentes. En particular, la fase de ingeniería y diseño consume una parte sustancialmente pequeña del presupuesto total de un proyecto en comparación con las fases de procuración/construcción y de operación, pero una deficiente ejecución de los estudios y proyectos de una obra pueden ocasionar sobre costos importantes durante su construcción o en su operación a lo largo de su vida útil, puede afirmarse que este tipo de análisis corresponde con métodos de ingeniería del valor poco sistemáticos.

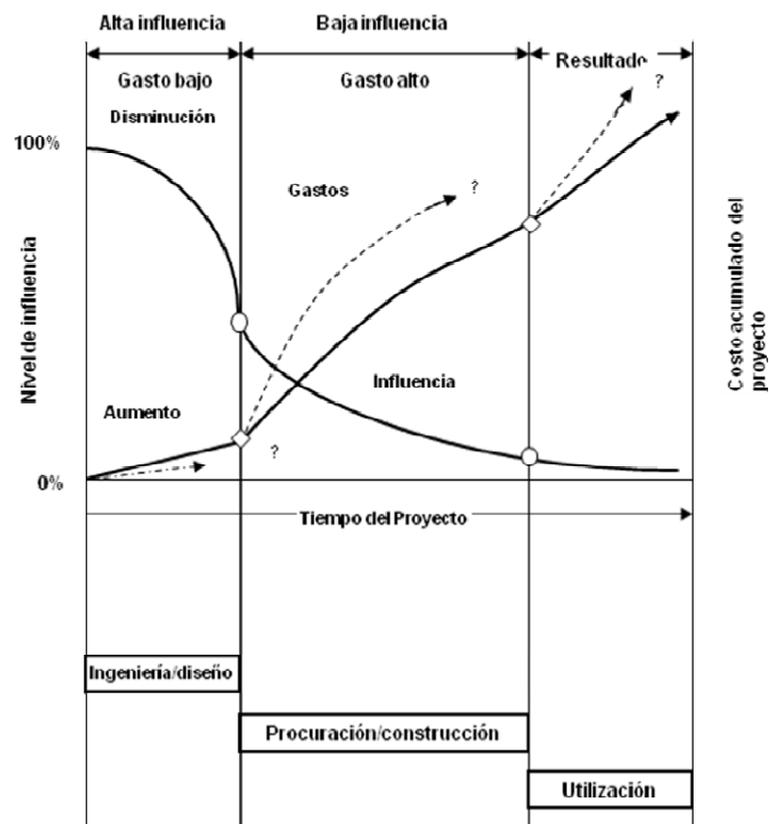


Figura 4. Nivel de influencia en los costos del proyecto

Fuente: Barrie, D., Paulson, B., "Professional Construction Management", Mc Graw-Hill (1992).

La ingeniería del valor tiene su origen en Estados Unidos en la empresa General Electric®, durante la Segunda Guerra Mundial. Fue ideada por Lawrence Miles, quien propuso una metodología de trabajo en equipo orientada fundamentalmente a la reducción de costos mediante un análisis sistemático de diseño y fabricación del producto basado en conseguir lo que denominó “función” del producto al menor precio posible. El “valor” se define, entonces, como una relación entre ese concepto de “función” (objetivo o propósito del producto) y su costo.

Miles designó a ésta metodología como “Análisis del Valor”, la cual derivó rápidamente desde una primera aplicación en el proceso de compras de la compañía hacia las áreas de ingeniería y producción, donde se introdujo la denominación de “Ingeniería del Valor”. La construcción fue una de las primeras aplicaciones de la nueva técnica en aspectos de ingeniería, en el año de 1963 en Estados Unidos, especialmente en el sector público, donde actualmente la Ley señala el empleo de la ingeniería de valor en las agencias del gobierno en las que "se deberá establecer y mantener los procesos y procedimientos de ingeniería de valor rentable".

La ingeniería del valor (Value Engineering) es la aplicación sistemática de técnicas reconocidas que identifican la función de un producto o servicio, establecen un valor monetario para cada función y aportan la fiabilidad necesaria en la consecución de estas con el mínimo costo global. Puede aplicarse a cualquier negocio o sector económico, incluyendo la industria, el gobierno, la construcción y los servicios.

La ingeniería del valor, el análisis funcional (Function Analysis), el análisis del valor (Value Analysis) y la administración del valor (Value Management) son parte de las denominaciones de los procesos genéricamente conocidos como metodología del valor (Value Methodology), ver la Figura 5.

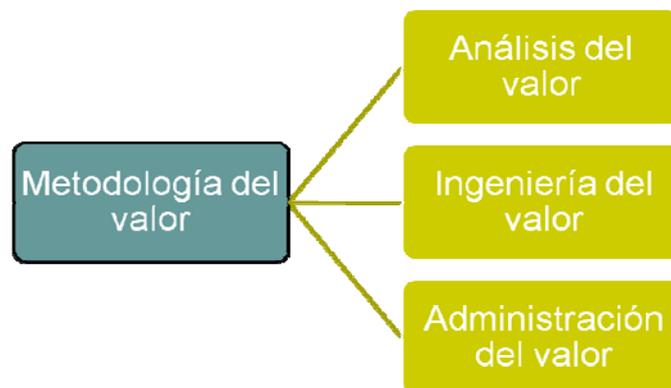


Figura 5. Concepto moderno de metodología del valor

Aunque muchos autores admiten como sinónimos de ingeniería del valor a los otros procesos anteriormente citados, análisis funcional, análisis del valor y la administración del valor, en la actualidad se reconocen algunas diferencias en lo que a sus aplicaciones en la industria de la construcción se refiere. Así, a la administración del valor se le relaciona con el término que describe el proceso total de incrementar el valor de un proyecto para un cliente o usuario en tanto que, a la ingeniería del valor se le considera una parte del proceso de la administración del valor, ya que limita su objetivo al incremento del valor en las etapas de diseño y construcción de un proyecto, este enfoque es el que se emplea actualmente con matices en todo el mundo.

---

**COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010**

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

La ingeniería de valor se enseña a veces dentro del campo de la administración de proyectos o ingeniería industrial, como una técnica en la que el valor de las salidas de un sistema es optimizado por una mezcla de costos y desempeño (función) del proyecto. En la mayoría de los casos, esta práctica identifica y elimina los gastos innecesarios, incrementando el valor para el fabricante o sus clientes.

La ingeniería de valor sigue un proceso de pensamiento estructurado que se basa exclusivamente en la "función" del producto o servicio. Esta técnica utiliza la lógica racional y el análisis funcional para identificar relaciones que aumentan el valor del producto o servicio. Se considera un método cuantitativo similar al método científico, que se centra en los enfoques de hipótesis-conclusión para probar las relaciones entre las partes del proceso constructivo de una obra.

**Estudio del valor.** Precisamente, la "aplicación sistemáticamente de técnicas reconocidas" especificadas en la definición de Ingeniería del Valor, se refieren y concentran en el "Estudio del valor" que cubre tres etapas: preparación, plan de trabajo y, documentación e instrumentación. Todas las etapas son realizadas secuencialmente, conforme va progresando el estudio, se va generando nueva información, lo que puede ocasionar que el equipo regrese a una etapa de una fase previa.

**Preparación.** Las tareas de la etapa de preparación involucran seis áreas: definición de los requerimientos del usuario o cliente, acopio de la información del proyecto, determinación de los factores de evaluación, alcance específico del estudio, construcción de los modelos apropiados y determinación de la composición del equipo.

**Definición de la posición del usuario o cliente.** La posición del cliente se recopila a través del enfoque de grupos y por medio de investigaciones de mercado. Entre otros, los objetivos de esta investigación son: definir y evaluar la importancia de las características del proyecto; determinar y tasar la gravedad de las fallas percibidas por el usuario y sus inquietudes o quejas acerca del proyecto; comparar al proyecto con las otras alternativas en competencia a través de la correlación directa con proyectos similares, y, para el caso en que el proyecto se refiera a una construcción nueva, este análisis se puede relacionar a los éxitos y objetivos propuestos. Los resultados de esta tarea se utilizan para identificar incompatibilidades en la fase de información.

**Acopio de la información del proyecto.** Existen fuentes primarias y secundarias de información. Las fuentes primarias son de dos clases: personas y documentación. Dentro de las personas se incluye al diseñador, al equipo que elabora las estimaciones de costos, a los trabajadores y a los consultores. Las fuentes de documentación comprenden los dibujos, las especificaciones del proyecto, los planos del proyecto y las cotizaciones del proyecto. Las fuentes secundarias incluyen la literatura tal como las normas de ingeniería y diseño, las regulaciones, los resultados de pruebas y los reportes de falla. Otras fuentes secundarias son los proyectos similares. .Es deseable el acopio de datos cuantitativos.

**Determinación de los factores de evaluación.** El equipo determinará cuál será el criterio de evaluación de las ideas y la importancia relativa de cada criterio para las recomendaciones finales y las decisiones de cambio.

**Alcance del estudio.** El equipo elaborará la declaración de los alcances del estudio. Esta declaración define los límites del estudio basado en las tareas de recolección de datos. En la declaración de alcances se define lo que no está incluido en el estudio. La declaración de los alcances deberá ser verificada por el patrocinador del estudio.

**Construcción de los modelos.** Con base en el acuerdo establecido en la declaración de alcances, el equipo deberá recopilar los modelos para la comprensión más amplia del estudio. Se incluirán tantos modelos como sean apropiados para cada estudio, tal como: costo, tiempo, energía, flujo de caja y distribución.

**Determinación de la composición del equipo.** El líder del Equipo del Estudio del Valor confirmará el horario del estudio, la localización y la necesidad de personal de soporte. Se revisará la composición del equipo para asegurar que las áreas de usuarios, técnica y de administración estén representadas. El líder del equipo asignará las tareas de recopilación de información a los miembros del equipo para que los datos pertinentes estén disponibles para el estudio.

**Plan de trabajo.** El Estudio del Valor constituye la aplicación de la Metodología del Valor, compuesta de seis fases: Información, análisis funcional, creatividad, evaluación, desarrollo y presentación.

**Fase de información.** El objetivo de la fase de información es completar el paquete de datos comenzado en la etapa de preparación. El patrocinador o diseñador del proyecto proporcionará oportunamente al equipo un resumen de las preguntas obtenidas durante la investigación previa. Finalmente, se revisa la declaración de alcances para su ajuste a cualquier aclaración debida a la obtención de información adicional.

**Análisis funcional.** La definición de la función y su análisis es el corazón de la Metodología del Valor. El objetivo de esta fase es desarrollar las áreas de mayor beneficio para continuar el estudio. El equipo ejecuta los siguientes pasos:

- Identifica y define las funciones de trabajo y de venta del proyecto bajo estudio, utilizando verbos activos y características conmensurables.
- Clasificación de la función como básica o secundaria.
- Construir un modelo de la función organizacional lógica ("Model-Function Hierarchy/Logic" o "Function Analysis System Technique , FAST").
- Asignar costos u otro criterio de medida a las funciones.
- Establecer las funciones que valen la pena mediante la asignación de la posición del usuario.
- Comparar los costos para las funciones que valen la pena, para instaurar la mejor alternativa de mejora.
- Evaluar las funciones para consideraciones de programa de desempeño.

---

**COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010**

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

**Fase creativa.** El objetivo de la fase creativa es desarrollar una gran cantidad de ideas para desempeñar cada función seleccionada por el estudio. Este es un tipo de esfuerzo creativo, totalmente ajeno a hábitos, tradiciones, actitudes negativas, restricciones asumidas y criterios específicos. Durante esta actividad no se presentan discusiones ni se emiten juicios.

Existen dos claves para el éxito en la fase creativa: la primera, el propósito de esta fase no es concebir la manera de diseñar, sino desarrollar las maneras para ejecutar las funciones seleccionadas. Segundo, la creatividad es un proceso mental en el que las experiencias pasadas se combinan para formar nuevas combinaciones que cumplan con las funciones deseadas al menor costo y mejoren su nivel de desempeño anterior. Existen varias técnicas para la generación en la fase anterior y seleccionar las ideas factibles de desarrollar para la mejora específica del valor.

Utilizando el criterio de evaluación establecido durante la etapa de preparación, las ideas son clasificadas y evaluadas de acuerdo al cumplimiento de esos criterios. Generalmente, el proceso involucra varias etapas:

- Eliminación de ideas absurdas.
- Agrupación de ideas por categorías de acuerdo a implicaciones de largo y corto plazo.
- Entre los miembros del equipo se acordará quienes defenderán cada una de las ideas en las discusiones y evaluaciones futuras. De no haber voluntarios, la idea o concepto será desechado.
- Se listarán las ventajas y desventajas de cada idea.
- Jerarquización de las ideas dentro de cada categoría de acuerdo a la prioridad del criterio de evaluación mediante técnicas como la indexación, evaluación numérica y consenso del equipo.
- Si aún existen combinaciones competitivas, se analizará mediante una matriz la Jerarquización de ideas mutuamente exclusivas que satisfagan la misma función.
- Selección de ideas para desarrollar la mejora del valor.

**Fase de desarrollo.** El objetivo de la fase de desarrollo es seleccionar y preparar la mejor alternativa para la mejora del valor. El paquete de datos elaborados por la defensa de cada uno de las alternativas deberá proporcionar tanto información técnica, de costos y de programa como práctica para que el diseñador y patrocinador del proyecto puedan hacer una evaluación inicial relacionada con la factibilidad para la implantación. Se incluyen los siguientes pasos:

- a. Iniciar con la alternativa mejor jerarquizada, se desarrolla un análisis de beneficio, incluyendo la estimación de costos de implantación, tomando en cuenta el riesgo y la incertidumbre.
- b. Conducción de un análisis de beneficios
- c. Compilación de un paquete de datos técnicos para cada alternativa propuesta:
  - Describir el diseño original y alternativas propuestas.
  - Bosquejar el diseño original y alternativas propuestas
  - Mostrar datos de costos y desempeño, que identifique claramente las diferencias entre el diseño original y las alternativas propuestas.
  - Utilizar cualquier técnica de respaldo de datos tal como fuentes de información, cálculo y literatura.
  - Resumir el impacto del programa.
- d. Preparar un plan de implantación, incluyendo el programa de implantación de actividades propuesto, asignación del equipo y requerimiento de la dirección.
- e. Completar las recomendaciones incluyendo cualquier condición única para el proyecto bajo estudio tal como tecnología emergente, asuntos políticos, impacto en otros proyectos en curso, planes de comercialización, etcétera.

**Fase de presentación.** El objetivo de la fase de presentación es obtener el consentimiento y un compromiso por parte del diseñador, patrocinador del proyecto y otros directivos para proceder con la implantación de las recomendaciones. Esto involucra una presentación oral seguida de un reporte escrito completo.

Como la última tarea dentro de un estudio del valor, el equipo presentará sus recomendaciones a los tomadores de decisiones. A través de la presentación y su discusión interactiva, el equipo obtiene ya sea la aprobación para proceder con la implantación, o la orientación de la necesidad de información adicional. La organización específica del reporte es única para cada estudio; contendrá los documentos con el reporte escrito y las alternativas propuestas junto con los datos de soporte, y la confirmación del plan de implantación aceptada por la directiva.

## COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

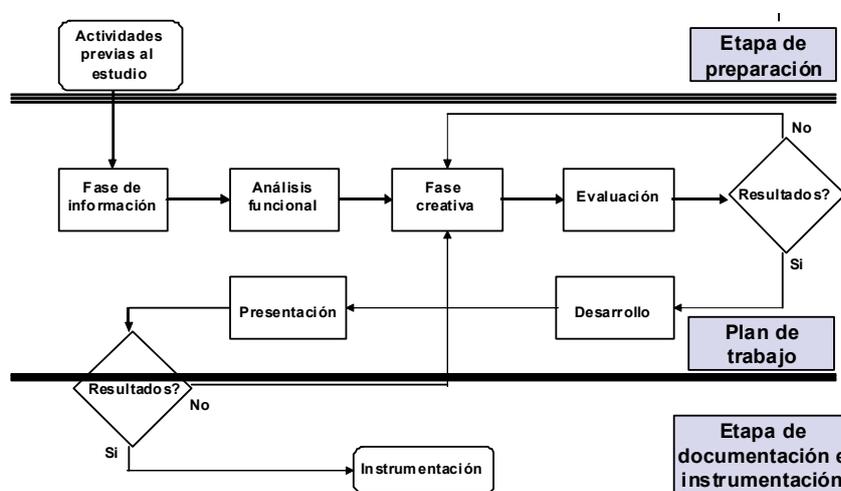


Figura 6. Diagrama de flujo del estudio del valor

**Documentación e instrumentación.** El objetivo de las actividades durante esta etapa es asegurar la implantación de las recomendaciones de cambio aprobadas por el estudio del valor. En tanto que el líder del equipo del valor pueda rastrear el progreso de la implantación, en todos los casos será la persona designada como responsable de la implantación. Cada una de las alternativas debe ser diseñada y confirmada independientemente, antes de su implantación en del proyecto, incluyendo los cambios contractuales, si se requiere. Además se recomienda que los departamentos de finanzas (contabilidad, contraloría, etc.) realicen una auditoría para verificar los beneficios del estudio de la Ingeniería del Valor.

**Análisis funcional.** La metodología del valor se centra en la mejora de valor mediante la identificación de formas alternativas para realizar de forma fiable una función que cumple con las expectativas de desempeño del cliente. El análisis funcional es la base de la metodología del valor y es la actividad clave que diferencia a este cuerpo de conocimiento de otros problemas o prácticas de mejora. Durante la fase de análisis funcional del plan de trabajo, se identifican las funciones que describen la labor que se realiza dentro del ámbito del proyecto bajo estudio. El equipo revisa las funciones del proyecto para determinar aquellas que podrían mejorarse, como aquellas funciones del proyecto que se realizan en forma ineficiente o con costos más altos. Estas funciones se convierten en el foco del equipo de metodología del valor en su esfuerzo para mejorar el proyecto.

La identificación y la asignación de nombres de funciones del proyecto permiten limitar la descripción de una función a un verbo activo que opera sobre un sustantivo mensurable que comunica el trabajo o actividad realizados. Este proceso de asignación de nombres ayuda a los equipos multidisciplinarios a construir una visión compartida de los requisitos funcionales del proyecto y, como consecuencia, la identificación de las partes donde existen oportunidades de mejora de valor en el proyecto.

El análisis funcional se puede mejorar mediante el uso de una herramienta conocida como **técnica sistemática de análisis funcional** (Function Analysis System Technique-**FAST**), que permite a los miembros del equipo entender cómo se relacionan entre sí las funciones de un proyecto.

La técnica de FAST ha sido usada en ingeniería de valor principalmente para analizar costos, pero el método puede ser además útil en ingeniería de diseño.

El diagrama FAST es una técnica para analizar la estructura funcional de un sistema técnico, fue concebida por Charles W. Bytheway en 1965, como una forma para organizar sistemáticamente y representar las relaciones funcionales de un sistema técnico. El análisis funcional se lleva a cabo en 5 fases: listado de funciones, organización, caracterización, ordenación jerárquica y evaluación; finalmente se representa el diagrama funcional (FAST) del producto o proceso.

La función expresada como un verbo-sustantivo, ha sido un concepto fundamental de la ingeniería del valor; hasta el desarrollo del FAST el concepto de función sirvió únicamente para enfocar la atención en aspectos funcionales del producto y para ayudar en la diferenciación entre sus funciones básicas y secundarias. En FAST las funciones del sistema son identificadas y desplegadas gráficamente con respecto a la relación entre las preguntas ¿Cómo? y ¿Por qué?

Para elaborar un diagrama FAST para un sistema, todas las funciones conocidas que pueden ser asociadas con el sistema técnico interno y externo deben ser identificadas. El verbo debe ser un verbo activo (sostiene, protege, rota, mueve, controla, dirige, etc.), este es el efecto de la operación que es desempeñada. El sustantivo debe ser descriptivo y general, es el operante sobre el cual la función toma lugar. Este sustantivo puede ser convenientemente identificado como forma de material, energía, información o abstracción.

Nombres y descripciones específicas deben ser evitadas ya que limitan la oportunidad de alternativas creativas. El uso de adjetivos y adverbios no son usados por la misma razón. Los términos elementales son los más deseados en el inicio. Al principio no es esencial que las funciones sean desarrolladas de una manera ordenada o que estén completas. Se ha encontrado que la identificación de las funciones tiende a ocurrir en una manera un tanto aleatoria. En esta etapa, es conveniente escribir cada función sobre una tarjeta separada.

Las funciones son clasificadas en funciones básicas y secundarias (funciones de soporte). Las funciones básicas son esas para las cuales el sistema técnico existe, la función básica es la función del sistema técnico. Las funciones secundarias son todas las demás funciones que son parte del sistema técnico y apoyan la función básica. Puede haber además funciones innecesarias en un sistema técnico.

En un sistema FAST orientado a la técnica, el objetivo es determinar la única función básica. En FAST orientados al producto, cuatro funciones primarias de soporte están además presente, una que asegura dependencia, otra conveniencia, satisfacción y la que atrae al usuario.

Dos flechas son colocadas en la parte de arriba del diagrama FAST, una apuntando a la derecha con el texto ¿Cómo? y otra apuntando a la izquierda con el texto ¿Por qué? Las funciones básicas y de apoyo son seleccionadas y colocadas una sobre la otra para iniciar el diagrama FAST, con la función básica de más jerarquía.

---

**COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010**

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

Las funciones secundarias están acomodadas a la izquierda o a la derecha de las funciones, sobre el diagrama dependiendo sobre la pregunta que contesten ¿como? o ¿por qué? Cuando las funciones ocurren al mismo tiempo se colocan una sobre la otra. Como las funciones son agregadas al diagrama FAST, estas se unen por una línea para indicar la relación causa y efecto.

Cada diagrama FAST tendrá un camino crítico de funciones, yendo de derecha a izquierda a través de la línea de alcance. Sobre la línea del camino crítico estará únicamente la función básica, las funciones secundarias requeridas y las necesidades externas. La función básica del sistema será la función inmediata a la derecha de la línea de alcance izquierda sobre el camino crítico.

Todos los diagramas FAST deben incluir una línea de alcance del lado izquierdo del diagrama. La línea de alcance limita el proyecto. La jerarquía mayor de funciones debe colocarse a la izquierda de la línea de alcance. En el diagrama FAST orientado a una tarea, la función de jerarquía mayor debe construirse por las necesidades del usuario y del cliente. El FAST orientado a la técnica, se utiliza en una variedad de libros de trabajo de corporativos y gobierno. Los proyectos de diseño y de construcción siguen estos formatos.

El diagrama FAST terminado es una descripción funcional del sistema técnico. Las funciones a la derecha indican ¿Cómo? las funciones de la izquierda están siendo producidas. Las funciones a la izquierda indican ¿Por qué? las funciones a la derecha son desempeñadas.

Todas las funciones que están sobre el camino primario deben tomar lugar para satisfacer la función básica del sistema técnico. Consecuentemente, es ventajoso indicar el camino primario en una forma especial. Todas las otras funciones pueden o no pueden ser requeridas, y están disponibles para intercambiarse, o pueden ser completamente desechadas.

El análisis funcional es capaz de iluminar cada rutina de un proyecto y encontrar las características únicas (funciones) las cuales están relacionadas con el costo-diseño. Las funciones preparan al equipo para la creatividad. Ellos cierran el espacio entre la información y las fases de creatividad. Como Miles escribió: El lenguaje de la función es el lenguaje del corazón del problema. Si el análisis funcional es el puente, FAST es una de las herramientas necesarias para construir ese puente.

Algunas dificultades son encontradas en aplicar FAST para construir proyectos porque: toma tiempo hacer el FAST adecuadamente y completamente, así como entrenamiento para perfeccionar la técnica FAST

FAST es un mapa de funciones un diagrama lógico Como/Porque/Cuando. No es un proceso difícil, pero requiere paciencia. Si muchos miembros del equipo no son entrenados en la aplicación del FAST pueden convertirse solo en observadores.

**Aplicaciones.** La metodología del valor puede aplicarse durante cualquier etapa del ciclo de desarrollo de un proyecto, aunque el mayor de beneficio y ahorro de recursos se logra al principio de los proyectos durante las etapas conceptuales. En este punto, se establece la información básica del proyecto, cuando el diseño definitivo y los recursos de desarrollo del proyecto todavía no han sido comprometidos.

La razón de que éste es el mejor momento para aplicar una metodología del valor es porque no se ha establecido la manera en que se lleva a cabo la función básica del proyecto y formas alternativas se pueden identificar para ser consideradas en la optimización del desempeño y en la identificación de costos innecesarios. Ejemplos de estas aplicaciones son:

**Construcción.** Los proyectos pueden beneficiarse mediante la identificación de mejoras para diversas fases del proyecto, como: desarrollo del concepto, diseño preliminar, diseño final, adquisición y construcción.

**Productos manufacturados.** Un producto puede ser objeto de un estudio de valor en cualquier momento durante la vida del producto. Aplicarse al inicio del desarrollo de producto para comprender mejor las necesidades cliente, en el diseño para perfeccionar el concepto del producto, después de que un producto ha sido introducido para mejorarlo o desarrollar nuevas formas para fabricación o cambiar un proceso existente.

**Sistemas y procesos de negocios** también pueden ser objeto de estudios del valor. Desarrollar planes de negocios y estudios organizacionales o la mejora de negocio existentes.

**Organizaciones de servicios.** Para mejorar los procesos y procedimientos en la industria médica (quirófanos, salas de emergencia, etc.) y el sistema jurídico (sistemas de policía).

Metodologías de valor pueden utilizarse para mejorar programas de calidad de una organización, nuevas actividades de desarrollo de productos, procesos de fabricación y diseño de arquitectura e ingeniería.

Por ejemplo, Angela Palmer, John Kelly y Steven Male en el artículo "Holistic appraisal of value engineering in construction in United States", publicado en el Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 122, No.4, December, 1996; recogen la experiencia recopilada durante la aplicación de estudios de valor en 55 proyectos de edificación en las etapas de diseño y construcción.

El estudio del valor en 55 proyectos, cuyo costo total de todos los proyectos fue de 28.4 millones de dólares, arrojó una propuesta de ahorros por 4.8 millones de dólares; sin embargo, sólo fue posible implementar las medidas propuestas en 41 proyectos por un valor 1.8 millones. El reparto de ahorros entre disciplinas con respecto al total fue para arquitectura 34%, ingeniería 30% y diseño mecánico/eléctrico 36%.

Las medidas de valor propuestas se tipificaron en dos categorías: cambios de diseño y recorte de costos. La disminución de costos obtenida por cambios en las especificaciones de los proyectos representó el 36% del total de los ahorros, mientras que el recorte de costos por cambios en los materiales o procedimientos de construcción fue de 64%.

Finalmente, se tuvo la experiencia de aplicar las técnicas de la ingeniería del valor en la etapa de construcción de un edificio de departamentos de interés social en el Distrito Federal, los ahorros obtenidos representaron el 3% en los costos de materiales y mano de obra, el estudio fue elaborado por un alumno de proyecto terminal de la licenciatura en ingeniería civil de la propia UAM-Azcapotzalco.

---

**COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010**

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

**CONCLUSIONES**

La ingeniería de valor es una técnica probada que se ha utilizado en muchos países con buenos resultados en el mejoramiento del desempeño de los proyectos de construcción y en ahorros significativos en el costo.

En nuestro país sólo se emplea en los sectores industriales avanzados como el automotriz, en el sector de la construcción los proyectos más importantes utilizan solamente la gerencia de proyectos como herramienta del control de costos de las obras, sería de mucha utilidad que estos equipos incorporen técnicas de ingeniería de valor en las primeras etapas del ciclo de vida del proyecto.

En México pocos autores de presupuestos de obra reconocen esta técnica para su aplicación en proyectos de construcción, solamente el libro de Ingeniería de costos de Leopoldo Varela dedica un capítulo relativamente pequeño al tema de la ingeniería del valor, por lo que se hace necesaria una mayor divulgación de esta herramienta por medio de congresos, cursos y publicaciones especializadas.

**REFERENCIAS**

1. Barrie, D., Paulson, B., "Professional Construction Management", Ed. Mc Graw-Hill, 1992
2. SAVE International, "Value standard and body of knowledge", June 2007
3. Palmer, A., Kelly, J., Male, S., "Holistic appraisal of value engineering in construction in United States", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 122, No.4, December, 1996
4. Varela, L., Ingeniería de Costos de Construcción, Ed. BIMSA, 2000.