

# **GRADO DE DESARROLLO DEL LCC EN UN SECTOR INDUSTRIAL**

**FERNANDO ECHEVERRI SANZ**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2006**

**GRADO DE DESARROLLO DEL LCC EN UN SECTOR INDUSTRIAL**

**FERNANDO ECHEVERRI SANZ**

**Monografía para optar por el título de  
Especialista en Mantenimiento Industrial**

**Asesor  
Dr. Luis Alberto Mora Gutierrez**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2006**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Medellín, 17 de julio de 2006**

**A mis hijas Nora Lucía y Daniela,  
a mis hermanos Hector Fabio y Mariela,  
a mi madre Mariela  
y a toda mi familia por su apoyo permanente e incondicional,  
especialmente a Javier Sanz Santacoloma**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Doctor Luis Alberto Mora por retarme a ampliar mi campo de conocimientos y al ingeniero Santiago Vallejo por compartir conmigo sus conocimientos y discutir acerca de deferentes inquietudes sobre el tema de esta monografía.

## CONTENIDO

	pág.
<b>0. PRÓLOGO</b> .....	<b>12</b>
<b>0.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>0.2 ANTECEDENTES</b> .....	<b>13</b>
<b>0.3 JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>0.4 OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
0.4.1 General.....	15
0.4.2 Específicos.....	15
0.4.3 Árbol lógico de objetivos.....	16
<b>1. FUNDAMENTOS</b> .....	<b>17</b>
<b>1.1 OBJETIVO</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>1.3 DESARROLLO</b> .....	<b>17</b>
1.3.1 Definición del costo del ciclo de vida <i>LCC</i> .....	18
1.3.2 Antecedentes del <i>LCC</i> .....	19
1.3.3 El problema de la visibilidad de los costos .....	21
1.3.4 El análisis del <i>LCC</i> y su estructura de costos.....	22
1.3.5 Costo_efectividad.....	26
1.3.6 Criterios CMDK.....	28
1.3.7 La relación de la Terotecología con el Ciclo de Vida.....	32
<b>1.4 CONCLUSIONES DE CAPITULO</b> .....	<b>33</b>
<b>2. CRITERIOS Y PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL <i>LCC</i></b> .....	<b>34</b>
<b>2.1 OBJETIVO</b> .....	<b>34</b>
<b>2.2 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>34</b>
<b>2.3 DESARROLLO</b> .....	<b>34</b>
2.3.1 Fuentes de datos.....	34

2.3.2	Estimación de costos.....	35
2.3.3	La estructura de descomposición de costos y su tratamiento a lo largo del ciclo de vida.....	36
<b>2.4</b>	<b>CONCLUSIONES DE CAPITULO.....</b>	<b>38</b>
<b>3.</b>	<b>SISTEMAS DE COSTEO.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>39</b>
<b>3.2</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3</b>	<b>DESARROLLO .....</b>	<b>39</b>
3.3.1	Sistemas de administración de costos tradicionales y contemporáneos	40
3.3.2	El costeo basado en actividades (ABC) .....	43
<b>3.4</b>	<b>CONCLUSIONES DE CAPITULO.....</b>	<b>49</b>
<b>4.</b>	<b>MEDICIÓN DEL GRADO DE DESARROLLO DEL LCC EN UN SECTOR INDUSTRIAL DEL VALLE DE ABURRÁ .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>50</b>
<b>4.3</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>50</b>
4.3.1	Formulación del problema .....	51
4.3.2	Lista de información a recolectar.....	52
4.3.3	Diseño de la investigación.....	53
4.3.4	Proceso de muestreo .....	53
4.3.5	Recolección de datos .....	55
<b>4.4</b>	<b>CONCLUSIONES DE CAPITULO.....</b>	<b>58</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>5.1</b>	<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>59</b>
<b>5.2</b>	<b>CONCLUSIONES DE LA METODOLOGÍA .....</b>	<b>59</b>
<b>5.3</b>	<b>CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>59</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>61</b>
<b>6.1</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA CLÁSICA.....</b>	<b>61</b>

<b>6.2</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET .....</b>	<b>62</b>
<b>6.3</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA NO CONVENCIONAL .....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Antecedentes del análisis del costo del ciclo de vida, <i>LCCA</i> .....	20
Tabla 2. El proceso de la investigación .....	51
Tabla 3. Encuesta para detectar el grado de desarrollo del <i>LCC</i> .....	53
Tabla 4. Estratos empresariales por nivel de mantenimiento .....	54
Tabla 5. Empresas que conforman el estrato 6 de mantenimiento .....	55
Tabla 6. Conocimiento y uso del <i>LCC</i> en el estrato industrial 6 .....	56
Tabla 7. Resultados de la encuesta sobre aproximación al <i>LCC</i> .....	57

## LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Árbol Lógico de Objetivos .....	16
Figura 2. Costos asociados a los niveles kantianos de mantenimiento.....	17
Figura 3. El Problema de la visibilidad del costo total .....	21
Figura 4. Niveles principales del árbol del <i>LCC</i> .....	23
Figura 5. Árbol de costos para el sector industrial, modelo SAE.....	25
Figura 6. Flujo del proceso de cálculo del <i>LCC</i> .....	26
Figura 7. Elementos del costo_efectividad del sistema para Sector Industrial.....	27
Figura 8. Etapas de la terotecnología.....	32
Figura 9. Fuentes de datos para el análisis de costos del ciclo de vida .....	35
Figura 10. Métodos de estimación de costos .....	36
Figura 11. Pasos esenciales para desarrollar un modelo de costos .....	37
Figura 12. Enfoques de costos y administración de costos.....	40
Figura 13. Modelo de administración basada en actividades ( <i>ABM</i> ).....	43
Figura 14. Costeo tradicional versus <i>ABC</i> .....	44
Figura 15. Modelo simplificado del <i>ABC</i> .....	44
Figura 16. Etapas del <i>ABC</i> .....	47
Figura 17. Actividades de costos como acciones sobre flujos.....	49
Figura 18. Niveles de mantenimiento en el estrato 6 .....	55

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Costo_Efectividad.....	27
Ecuación 2. Efectividad .....	27
Ecuación 3. Confiabilidad.....	28
Ecuación 4. Mantenibilidad .....	29
Ecuación 5. Disponibilidad .....	30
Ecuación 6. Disponibilidad como producto de diferentes términos .....	30
Ecuación 7. Capacidad .....	31
Ecuación 8. <i>LCC</i> durante la vida del activo.....	33

## 0. PRÓLOGO

### 0.1 INTRODUCCIÓN

Las empresas están en la búsqueda de alcanzar la siguiente ola más grande del mejoramiento de la productividad de los activos; esa que los llevará más lejos y que será más difícil de alcanzar que las anteriores iniciativas; como lo menciona el Boston Consulting Group (Mitchell, 1999).

Los ambientes de operación y producción actuales involucran sistemas y equipos que se deben operar a niveles que ni siquiera era posible pensarlo hace una década. Los requerimientos para incrementar la disponibilidad para la misión (alistamiento), la capacidad de producción, la calidad del producto, la agilidad y la efectividad de las operaciones, dentro de un contexto de cambios rápidos aumenta la exigencia en la rapidez de respuesta y la intensidad de las operaciones.

Las organizaciones por la presión de reducir los costos deben producir los mismos o mejores resultados con más poca gente y a menudo con menores recursos. El incremento de las restricciones sociales y las regulaciones contribuyen para que los niveles de experiencia, flexibilidad y margen de operación se reduzcan. La necesidad de reducir el capital que se usa conduce a rebajar los niveles del inventario de repuestos, reduciendo la redundancia y la flexibilidad para operar.

La necesidad de mantener, y a menudo incrementar, la efectividad operacional, los ingresos y la satisfacción del cliente, mientras simultáneamente se deben reducir los costos de capital, operación y apoyo, es el reto más grande que enfrentan las empresas de producción y operaciones. El éxito exige un cambio radical de los conceptos tanto culturales y organizacionales, como de los procesos y la administración.

Las organizaciones además deben adoptar niveles de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos sin precedentes. Ellas también deben manejar extensos sistemas de información que sean capaces de predecir el alistamiento de las operaciones futuras en un tiempo amplio que permita mitigar las anomalías que amenazan su misión.

La naturaleza esencial de incrementar la efectividad de los activos físicos se reconoce cuando se lideran organizaciones de producción y operaciones (Mitchell, 1999).

El ambiente de globalización que tienen los mercados con los tratados regionales tales como el TLC<sup>1</sup> y el ALCA<sup>2</sup>, hacen que la industria requiera un permanente control de los costos.

La globalización no se da solamente en el campo comercial, sino en el campo tecnológico, lo cual permite que todas los competidores tengan acceso a las mismas tecnologías, por lo tanto la competencia se centra más que todo en la optimización de los recursos y lleva a las empresas a reconsiderar el cuidado de sus activos y a medir los verdaderos costos que estos representan.

Los estudios de *bechmarking*<sup>3</sup> realizados en algunos países, muestran la importancia económica y tecnológica que adquiere el mantenimiento; los gastos de mantenimiento alcanzan niveles cada vez más representativos con respecto al valor de los activos. Es así como Dinamarca en la última década del siglo XX invirtió en mantenimiento cerca del 5.5% del valor de sus activos, según el estudio REKA, y este mismo rubro en las industrias norteamericanas oscila entre 10% y 15%, según el estudio EUREKA-93, (Mora, 2005, 30).

La monografía pretende determinar el grado de desarrollo que el sector industrial elegido tiene, de tal manera que se pueda evaluar la posibilidad de aplicar el LCC; determinar lo que hace falta para que sea aplicable en todo el sector y retroalimentar a las empresas evaluadas para que puedan lograrlo

## 0.2 ANTECEDENTES

Las organizaciones son cada vez más conscientes de la importancia del mantenimiento de los activos de producción, lo cual crea la necesidad de considerar en el análisis de la compra, no solo los costos de adquisición inicial y puesta en marcha, sino los costos que se generan durante todo su ciclo de vida LCC<sup>4</sup>; estos incluyen: costos de concepto y definición, costos de diseño y desarrollo, costos de fabricación, costos de instalación, costos de operación y mantenimiento, costos de desincorporación (Ortiz, 2005).

Los estándares británicos (*British Standard*) hacen referencia al LCC denominándolo Terotecnología (*Terotechnology*). La norma Británica BS:3811 que establece la terminología para la administración del mantenimiento, define el término como la combinación de dirección, finanzas, ingeniería, fabricación y otras

---

<sup>1</sup> TLC: Tratado de libre Comercio

<sup>2</sup> ALCA: Área de Libre Comercio de las Américas

<sup>3</sup> Se define como aprender de los otros (personas o empresas), identificarlos, estudiarlos y mejorar, basándose en lo que se ha aprendido (Boxweell, 1994, 15; citado por Mora, 2005).

<sup>4</sup> LCC *Life Cycle Costing*, Costeo del Ciclo de Vida

prácticas aplicadas a los activos físicos en la búsqueda de costos económicos del ciclo de vida.

El *LCC* le ayuda a los ingenieros a pensar como maestros en administración de negocios y a actuar como ingenieros, para que hagan la selección correcta de equipos que alcancen los más bajos costos durante todo el tiempo de su posesión, de tal manera que generen riqueza para los accionistas (Barringer@<sup>5</sup>, 2002).

Algunos enfoques acerca del control de costos se basan en comparaciones mas o menos globales de los costos de mantenimiento contra los costos de producción, bien sea por unidad procesada, producida o manufacturada o contra los costos totales del proceso, producción o manufactura; contra las ventas, la mano de obra de mantenimiento, etc. (Wireman, 1998, 168-169).

La complejidad de la maquinaria, ayudada por los avances tecnológicos, hace que sea importante la valoración de los costos tanto de operación como de mantenimiento. La anterior forma de evaluar los costos de mantenimiento no refleja qué tan efectivo ha sido el recurso invertido en el mejoramiento de la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad de los equipos.

La efectividad es una forma de medir la influencia de la confiabilidad, la mantenibilidad, la disponibilidad y la capacidad *CMDK*<sup>6</sup> en el desempeño de los activos, con base en los costos de inversión a largo plazo generados por el *LCC*. (Barringer@, 2002)

### **0.3 JUSTIFICACIÓN**

La utilización de sistemas de control en las empresas cierra el ciclo de Fayol: planear, organizar y ejecutar, coordinar, dirigir, controlar (Mora, 2005, 32, 273); lo que conduce a una verdadera gestión de mantenimiento. Está demostrado que las empresas que gestan y operan el mantenimiento con modelos de validez internacional obtienen ahorros significativos.

---

<sup>5</sup> El símbolo @ se utiliza en esta monografía para denotar la bibliografía de Internet.

<sup>6</sup> *CMDK*: Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad y Capacidad.

## 0.4 OBJETIVOS

### 0.4.1 General

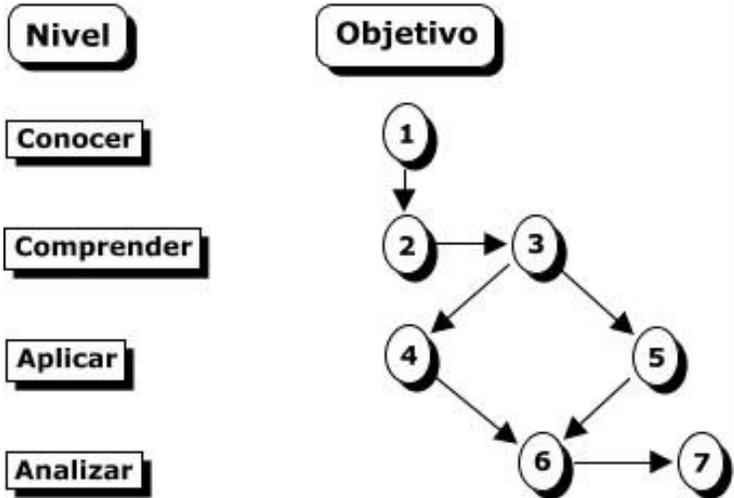
Evaluar el grado de desarrollo de los parámetros que se utilizan para calcular el costo del ciclo de vida *LCC* en un sector industrial del Valle de Aburrá.

### 0.4.2 Específicos

1. Definir los conceptos fundamentales sobre *LCC* en cuanto a su funcionamiento y los cálculos de adquisición y sostenimiento; estimar la efectividad del mantenimiento tanto de un sistema como de sus elementos individuales y su relación con la terotecnología.
2. Describir los criterios y parámetros que permiten el cálculo del *LCC* a partir de la estimación detallada y en el tiempo, de los costos de adquisición y sostenimiento.
3. Revisar los diferentes sistemas de costeo (*ABC*, global, detallado, propio, *LCC*, etc.) que se usan actualmente en el sector industrial seleccionado del Valle de Aburrá.
4. Esbozar el sector industrial que se va a evaluar, el universo, el método de muestreo, el tamaño de la muestra, el tipo de investigación, el diseño del instrumento de análisis estadístico, la recolección de la información, etc., requeridos en el estudio.
5. Medir el grado de desarrollo de los criterios y parámetros del *LCC* que se usan en el sector industrial evaluado.
6. Recomendar planes de desarrollo de criterios de costos *LCC* para cada una de las empresas evaluadas.
7. Concluir el estado de desarrollo de parámetros *LCC* en el sector industrial evaluado.

0.4.3 Árbol lógico de objetivos

Figura 1. Árbol Lógico de Objetivos



# 1. FUNDAMENTOS

## 1.1 OBJETIVO

Definir los conceptos fundamentales sobre *LCC* en cuanto a su funcionamiento y los cálculos de adquisición y sostenimiento; estimar la efectividad del mantenimiento tanto de un sistema como de sus elementos individuales y su relación con la terotecnología

## 1.2 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se define el *LCC*, se presentan sus antecedentes, se le ubica dentro del contexto del modelo kantiano de mantenimiento, se muestra su análisis y la estructura de costos para calcularlo; también se muestra su influencia en el cálculo del costo-efectividad de los activos de producción y cómo este se relaciona con la confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y capacidad de dichos activos.

## 1.3 DESARROLLO

Figura 2. Costos asociados a los niveles kantianos de mantenimiento



Referencia: Mora, 2005, 272.

El nivel estratégico de mantenimiento se alcanza cuando las empresas desarrollan con suficiencia los niveles anteriores; en esta fase se interesan por medir resultados y pretenden saber qué tan bien hacen las cosas, es por eso que

empiezan a establecer sistemas de costeo propios de mantenimiento como el *LCC*, implementan el registro histórico de fallas y reparaciones, se establecen sistemas de medición bajo parámetros propios o internacionales que les permiten establecer el nivel de éxito logrado tanto en operación como en mantenimiento.

El área de producción pretende, en este nivel, mejorar su competitividad y su mantenimiento, por lo que establece las estrategias por medio de las cuales puede llegar a controlar en forma integral y específica todas las actividades, los elementos, las acciones, la táctica y todos los quehaceres de mantenimiento, consolidando de esta manera la función de mantener. El resultado de aplicar el conjunto de gestiones y acciones de las etapas anteriores de una forma logística conduce a la terotecnología también conocida como mantenimiento integral logístico (Mora, 2005, 20).

### 1.3.1 Definición del costo del ciclo de vida *LCC*.

Las definiciones de *LCC* que a continuación se muestran, permiten entender de manera global este concepto:

Woodhouse define análisis *LCC* como un proceso sistemático de evaluación técnico-económica, aplicada en el proceso de selección y reemplazo de sistemas de producción, que permite considerar de forma simultánea aspectos económicos y de confiabilidad, con el propósito de cuantificar el impacto real de todos los costos a lo largo del ciclo de vida de los activos (Dólares/año), y de esta forma, poder seleccionar el activo que aporte los mayores beneficios al sistema productivo (Parra, 2003, 3).

Kirt y Dellisola definen el análisis *LCC* como una técnica de cálculo económico que permite optimizar la toma de decisiones asociadas a los procesos de diseño, selección, desarrollo y sustitución de los activos que conforman un sistema de producción. La misma propone evaluar de forma cuantitativa todos los costos asociados al período económico de vida útil esperado, expresados en unidades monetarias equivalentes anualizadas (Dólares/año, Euros/año, Pesos/año) (Parra, 2003, 3).

Goble dice que el *LCC* es un lenguaje de dinero (Barringer@, 1997, 3).

Barringer define los costos del ciclo de vida como la sumatoria de los costos estimados desde el comienzo hasta su disposición, tanto para equipos como proyectos, determinados por un estudio y estimación analítica de los costos totales

experimentados durante la vida de los equipos o proyectos. El análisis *LCC* sirve para justificar la selección del equipo y del proceso, basada en los costos totales más que en el precio inicial de compra, ya que los costos de operación, mantenimiento y disposición exceden muchas veces a los otros costos.

Landers establece que el objetivo del *LCC* es escoger el mejor enfoque costo-efectividad a partir de una serie de alternativas de tal manera que en el largo plazo se alcance el menor costo de posesión del activo, mientras se consideran los elementos de costos que incluyen diseño, desarrollo, producción, operación, mantenimiento, apoyo y disposición final de un sistema principal sobre su vida útil anticipada. El *LCC* es la suma de los gastos de adquisición, logística, apoyo y operación (Barringer@, 1997, 3).

Las apreciaciones anteriores resaltan el aspecto económico del *LCC*, hacen énfasis en que los costos de adquisición de un activo pasan a ser irrelevantes frente a los demás costos que intervienen durante todo su ciclo de vida y muestran la estrecha relación entre el *LCC* y la efectividad.

### 1.3.2 Antecedentes del *LCC*.

El área de investigación relacionada con el Análisis de Costos en el Ciclo de Vida ha venido evolucionando hacia teorías tales como: Análisis de Costos de Ciclo de Vida e Impacto Ambiental, Análisis de Costos Totales de Activos de Producción, Modelo de Costos Basado en Actividades, entre otras (Parra, 2003, 2-3).

Tabla 1. Antecedentes del análisis del costo del ciclo de vida, LCCA

Año	Antecedentes
<b>1930- 1970</b>	<p>Los antecedentes descritos en el periodo entre 1930 y 1990, fueron extraídos de (Kirt and Dellisola, 1996).</p> <p>1930 Uno de los primeros registros de las técnicas de LCCA se encuentra en el libro denominado <i>Principies of Engineering Economics</i> de Eugene L. Grant.</p> <p>1933 La primera referencia de Análisis de Ciclo de Vida del Gobierno de los Estados Unidos, realizada por parte de la dependencia federal: General Accounting Office (GAO), la cual está relacionada con la compra de una serie de tractores.</p> <p>1940- 1950 Lawrence D. Miles originó el concepto de Ingeniería de Valor en la compañía <i>General Electric</i>, incorporando aspectos relacionados con las técnicas de LCCA.</p> <p>1955 - 1965 (Stone, 1975) comenzó a trabajar en Inglaterra, dando como resultado en la década del 70 la publicación de los dos mayores textos desarrollados en Europa en relación a la Ingeniería de costes.</p> <p>1960 <i>Logistics Management Institute</i>, Estados Unidos, desarrolló una investigación en el área de Ingeniería de Obsolescencia para el Ministerio de la Defensa. El resultado final de esta investigación fue la publicación del primer Manual de Coste de Ciclo de Vida en 1970.</p> <p>Los antecedentes descritos en el periodo entre 1930 y 1990, fueron extraídos de (Kirt and Dellisola, 1996).</p>
<b>1970- 1990</b>	<p>1972 El Ministerio de la Defensa de los Estados Unidos, promovió el desarrollo de manuales de la metodología de LCCA, para aplicar en las áreas de Logística de las Fuerzas Armadas.</p> <p>1974 El Departamento de Energía de los Estados Unidos, decidió desarrollar sus planes de expansión y consumo energético sustentados en el análisis de Ciclo de Vida.</p> <p>1975 El Departamento Federal de Suministros y Servicios de los Estados Unidos, desarrolló una técnica de Logística y Adquisición basada en el LCCA.</p> <p>1979 El Departamento de Energía presento una propuesta (44 FR 25366, 30 Abril 1979) la cual proponía que se incluyeran evaluaciones de LCCA en todas las nuevas construcciones y modificaciones mayores de las instalaciones gubernamentales.</p> <p>1980-1985 La <i>American Society for Testing and Materials (ASTM)</i> desarrolló una serie de estándares y bases de datos relacionados con las técnicas de LCCA.</p>
<b>1990 —2001</b>	<p>1992 Dos investigadores de la Universidad de Virginia, Wolter Fabrycky y RS. Blanchard, desarrollan un modelo de LCCA - ver detalles en (Fabrycky and Blanchard, 1993), en el cual incluyen un proceso estructurado para calcular los costos por fiabilidad a partir de la estimación de valores constantes de fallos por año (tasa de fallos constante).</p> <p>1992—1994 Woodward (1997), de la Escuela de Negocios de la Universidad de Staffordshire (Inglaterra, Gran Bretaña), desarrolló una línea de investigación que incluye aspectos básicos de análisis del factor fiabilidad y su impacto sobre los Costes de Ciclo de Vida.</p> <p>1998 David Willians y Robert Scott de la firma consultora <i>RM Reliability Group</i>, desarrollan un modelo de LCCA basado en la Distribución de Weibull para estimar la frecuencia de fallos y el impacto de los Costes de Fiabilidad, ver detalles de este modelo en (Zohrul Kabil, 1987, Ebeling, 1997 and Willians and Scott, 2000).</p> <p>1999 El grupo consultor <i>The Woodhouse Partnership</i> participa en el Proyecto Europeo EUREKA, específicamente dentro de la línea de investigación denominada MACRO (<i>Maintenance Cost/Risk Optimisation 'MACRO' Project</i>) y desarrolla un software de LCCA denominado APT Lifespan, ver detalles en (Roca, 1987, Barlow, Clarotti and Spizzichino, 1993, Woodhouse, 1991 and the Woodhouse Partnership y el Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (INTEVEP), ponen a prueba este modelo, evaluando los Costes Totales de Ciclo de Vida de 56 sistemas de compresión de gas, utilizados para la extracción del petróleo pesado del Distrito San Tomé (Venezuela), ver detalles en (Parra and Omaña, 2003). Riddell and Jennings, 2001).</p> <p>2001 <i>The Woodhouse Partnership</i> y el Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (INTEVEP), ponen a prueba este modelo, evaluando los Costes Totales de Ciclo de Vida de 56 sistemas de compresión de gas, utilizados para la extracción del petróleo pesado del Distrito San Tomé (Venezuela), ver detalles en (Parra and Omaña, 2003).</p>

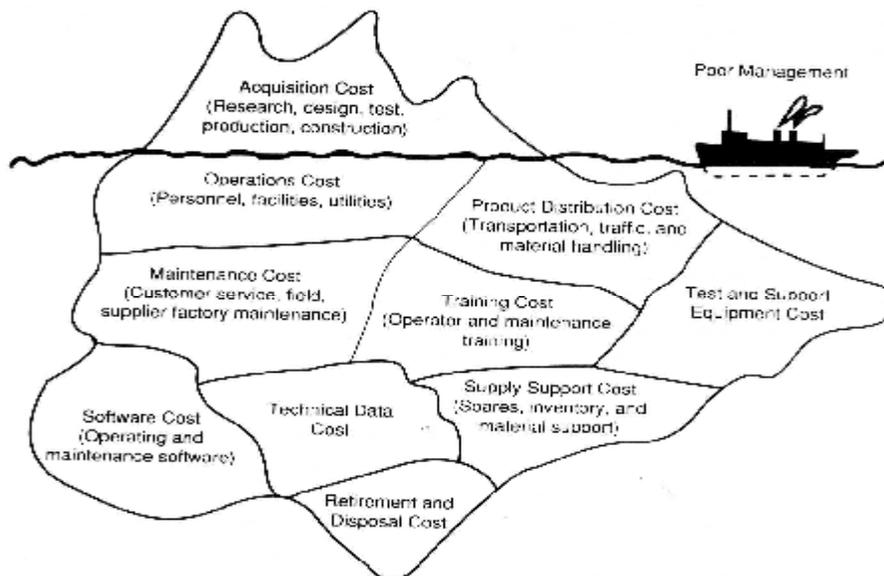
Referencia: Parra, 2003, 2.

### 1.3.3 El problema de la visibilidad de los costos

La determinación real del costo de un sistema o producto se ve afectada por factores tales como la inflación, las limitaciones de los presupuestos, el incremento de la competencia, etc. Además existen algunos otros problemas que dificultan la determinación real de los costos, tales como:

1. El efecto iceberg hace que no todos los costos asociados con la operación y apoyo del sistema, sean visibles.

Figura 3. El Problema de la visibilidad del costo total



Referencia: Blanchard y otros, 1995, 6; Fabrycky, 1997, 23.

2. Los costos con frecuencia se aplican incorrectamente.
3. Los procedimientos contables no siempre permiten una evaluación realista y oportuna del costo total. Además, a menudo es difícil (si no imposible) determinar los costos, de acuerdo con una base funcional.
4. Las prácticas presupuestales muchas veces son inflexibles con respecto al cambio de fondos de una categoría a otra, o, de un año a otro, para facilitar las mejoras del costo de la adquisición y el uso de los sistemas.

El efecto iceberg se puede evitar haciendo que los estudios de viabilidad económica aborden los costos *LCC*. La tendencia existente del aumento de la inflación y de los costos, además de los problemas enunciados anteriormente, lleva a una falta de efectividad en el uso de los recursos valiosos. Los productos y sistemas que se desarrollen deben ser viables desde el punto de vista costo-efectividad y esto solo se puede lograr siempre y cuando los ingenieros de sistemas y diseño asuman con mayor grado la consideración de los costos (Blanchard y otros, 1995, 6; Fabrycky, 1997, 21).

#### 1.3.4 El análisis del *LCC* y su estructura de costos

El análisis *LCC* se lleva a cabo desarrollando una estructura de descomposición de costos (o sea un árbol de costos) que muestre las diferentes categorías que se combinan para dar un costo total. No existe un método establecido de descomposición de costos ya que el método utilizado se debe ajustar a la aplicación específica. Sin embargo, la estructura de descomposición de costos debe tener las siguientes características básicas (Blanchard y otros, 1995, 458-466):

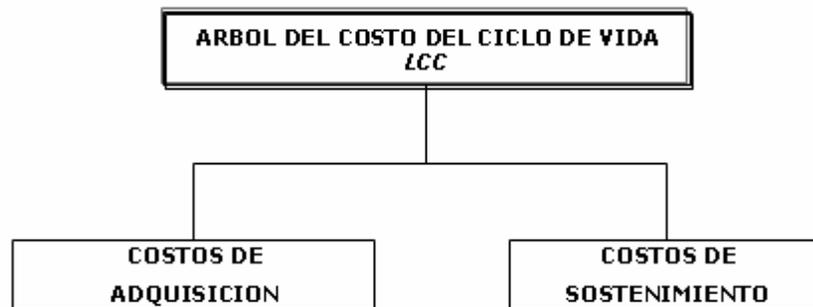
1. Se deben considerar todos los costos del sistema
2. Las categorías de costos generalmente se identifican con un nivel significativo de actividad o con un elemento principal del hardware. Todos los implicados deben tener claro qué se incluye y qué no se incluye en cada categoría.
3. La estructura de costos y las categorías deben codificarse de tal manera que permitan el análisis de ciertas áreas de interés.
4. Cuando se haga referencia a un programa específico, la estructura de costos debe ser compatible (a través de indexación cruzada, codificación, etc.) con la estructura de descomposición del trabajo y con los procedimientos administrativos contables que se utilizan para recolectar los costos. Ciertos costos se derivan de los registros contables y deben ser una entrada directa para el *LCC*.
5. La estructura de costos debe permitir la identificación de paquetes específicos de trabajo que requieran un monitoreo y control precisos. Por ejemplo cuando prevalece la subcontratación es deseable y

necesario separar los costos de los proveedores (precio inicial de la oferta y el subsiguiente programa de costos) de los otros costos.

#### 1.3.4.1 Árbol general de costos

La estructura de costos del *LCC* empieza con un árbol sencillo que se basa en los costos de adquisición y los costos de sostenimiento durante la vida.

Figura 4. Niveles principales del árbol del *LCC*



Referencia: Barringuer@, 1998, 4.

Los costos de adquisición y sostenimiento no son mutuamente excluyentes. Si se adquiere un equipo o proceso, siempre se requieren costos extras para sostener lo adquirido y no se puede sostener algo que no se ha adquirido. Ambos costos se hallan recolectando las entradas correctas, construyendo la base de datos de las entradas, evaluando el *LCC* y llevando a cabo análisis de sensibilidad para identificar los controladores de los costos (Barringuer@, 1998,4).

#### 1.3.4.2 Los costos de adquisición y sostenimiento

Los costos de adquisición generalmente se identifican y recolectan correctamente pero la recolección de los costos del árbol de sostenimiento es el problema principal.

Los costos de sostenimiento del equipo, con frecuencia, son desde 2 hasta 20 veces mayores que los costos de adquisición. Los primeros costos obvios (adquisición del hardware) son normalmente la cantidad de dinero más pequeña que se gastará durante la vida de lo adquirido, mientras los gastos de sostenimiento no son tan obvios.

Los cuatro elementos más difíciles de recolectar para el árbol de sostenimiento son:

1. Costos de reemplazo/renovación.
2. Costos de transporte para reemplazo/renovación
3. Costos de apoyo/suministros de mantenimiento.
4. Los costos de operación, principalmente los eléctricos, debido a las variaciones de carga del equipo.

La mayoría de las autorizaciones para invertir capital en equipos no tienen en cuenta las partes más importantes del árbol de sostenimiento, tales como estas, como si se creyera que los equipos nunca van a fallar o inclusive que no necesitan electricidad. Cuando se incluyen los costos de fallas, se muestran como un porcentaje del costo inicial del equipo, discriminados a través de cada año de la vida típica de 20 años del proyecto, para modo de fallas por desgaste, penalizando de esta manera el análisis al no incluir las fallas en la apropiada escala del tiempo.

Las complicaciones llegan a ser mayores en el árbol de sostenimiento, el cual es controlado por los costos planeados en el árbol de adquisición. Cerca del 65-75% de los costos totales del *LCC* quedan establecidos cuando se dan las especificaciones del equipo, sin embargo, la mayoría de las decisiones se toman con base en el árbol de adquisición, siendo que es la parte más pequeña del *LCC* (Barringer@, 1998).

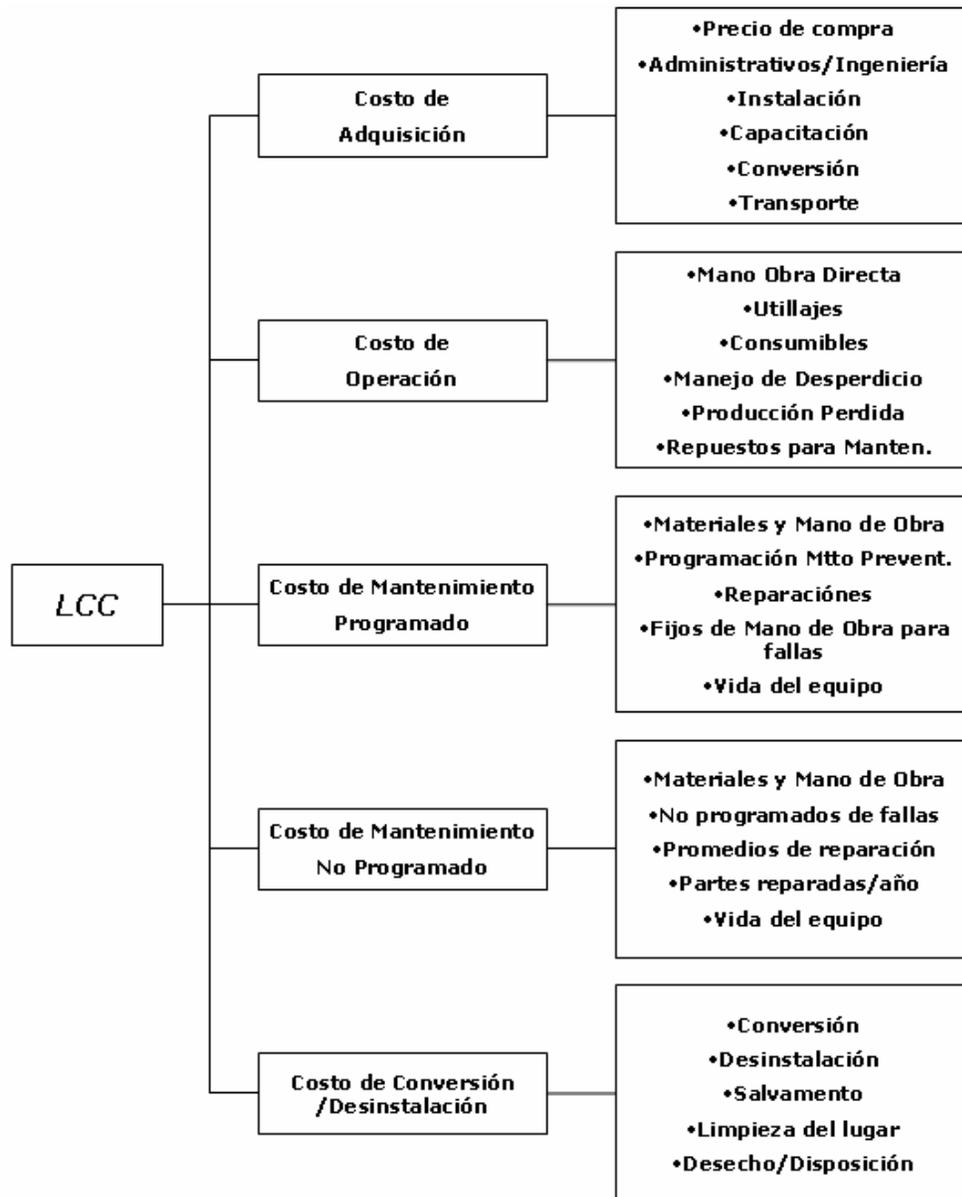
#### 1.3.4.3 El modelo *LCC* para empresas manufactureras

Los árboles de costos son característicos para cada caso particular, lo mismo que los problemas típicos que hay que resolver para minimizar el *LCC*. Cada rama de los costos de adquisición y de sostenimiento depende del caso específico y generalmente se desarrolla utilizando el sentido común. Se descartan aquellos costos que no influyen significativamente sobre el *LCC*. La *SAE*<sup>7</sup> (Barringer@, 1997,6) tiene un modelo dirigido a los ambientes manufactureros.

---

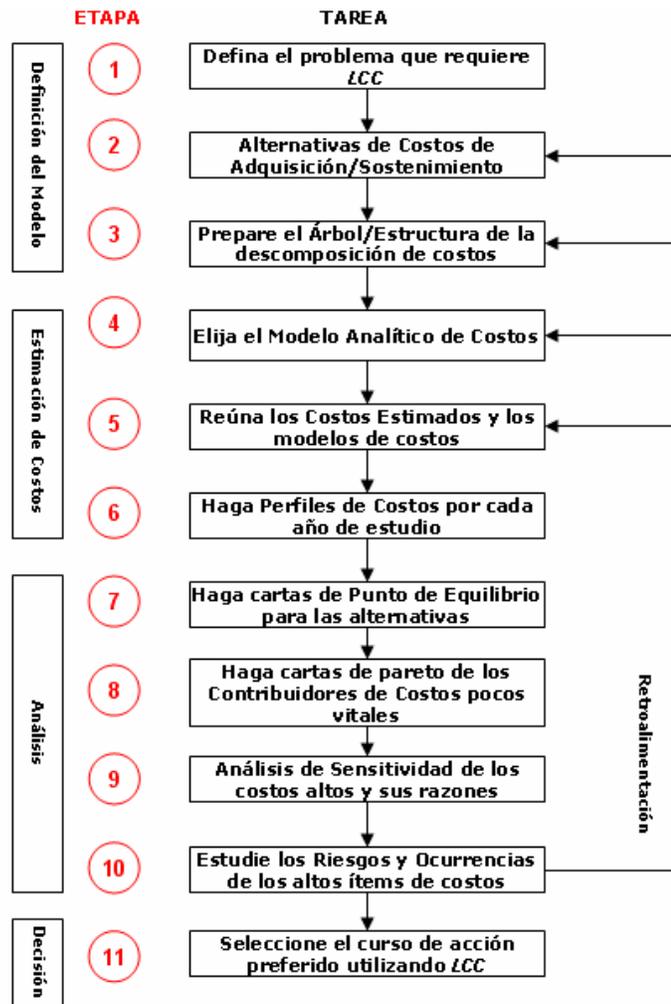
<sup>7</sup> *SAE* sigla de *Society of Automotive Engineers*; Sociedad norteamericana de Ingenieros del sector Automotor.

Figura 5. Árbol de costos para el sector industrial, modelo SAE



Referencia: Barringuer@, 1997,6.

Figura 6. Flujo del proceso de cálculo del LCC.



Referencia: Barringuer@, 1998, 6. Jusu@, 2006.

### 1.3.5 Costo\_efectividad

Una herramienta útil para facilitar los cálculos del LCC, que involucran probabilidades, es la ecuación de costo\_efectividad, la cual ofrece una forma para juzgar la oportunidad de producir los resultados deseados. La ecuación de costo\_efectividad es descrita en diferentes formatos por los diferentes autores, donde cada elemento varía como una probabilidad y se trata de encontrar un valor de efectividad del sistema que ofrezca el costo más bajo de propiedad en el largo plazo. Unificando los criterios de (Barringuer@,1998, 8) con los de (Blanchard, 1995, 139), se puede obtener la siguiente ecuación costo\_efectividad:

Ecuación 1. Costo\_Efectividad

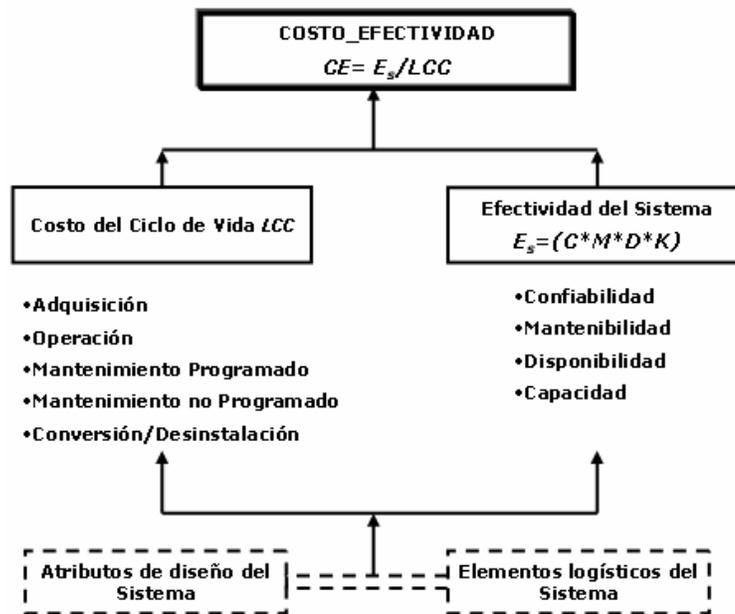
$$CE = \frac{E_s}{LCC}$$

Fuente: (Blanchard, 1995, 139; Barringuer@,1998, 8)

$E_s$  = Efectividad del Sistema (varía entre 0 y 1).

$CE$  = Costo\_Efectividad del sistema

Figura 7. Elementos del costo\_efecitividad del sistema para Sector Industrial



Referencia: Adaptada de Blanchard, 1995, 139.

El costo es una medida de la utilización del recurso y la efectividad es una medida del valor recibido. En la figura anterior se aprecia la integración de ambos, para conformar la ecuación costo\_efectividad y cómo la interdependencia de los atributos de diseño y los elementos logísticos los afectan. Si no se pueden estimar todos los costos de la efectividad, se deben incluir los más importantes:

Ecuación 2. Efectividad

$$E_s = C * M * D * K$$

$C$ = Confiabilidad;  $M$ = Mantenibilidad;  $D$ = Disponibilidad;  $K$ = Capacidad

Fuente: (Barringuer@, 1996).

En palabras normales, la ecuación es producto de: la oportunidad de que el equipo o el sistema esté disponible para efectuar un oficio en el que opere sin falla durante determinado tiempo; que sea reparado sin pérdidas excesivas de tiempo por mantenimiento y que lleve a cabo la actividad de producción deseada de acuerdo con el estándar (Barringer@, 1996, 21).

### 1.3.6 Criterios CMDK

#### 1.3.6.1 Confiabilidad

La confiabilidad trata con la disminución de la frecuencia de fallas durante un determinado intervalo de tiempo y es una medición de la probabilidad de operación libre de fallas durante el intervalo dado, en otras palabras, mide el éxito de operación libre de fallas. Normalmente se expresa como:

Ecuación 3. Confiabilidad

$$R_{(t)} = \mathbf{1}^{\left(\frac{-t}{MTBF}\right)} = \mathbf{1}^{(-\lambda t)}$$

*MTBF* = es el Tiempo Medio entre Fallas (en inglés Mean Time Between Failures). Una alta confiabilidad implica un mayor valor de *MTBF*.

$\lambda$  es la rata de falla constante.

Fuente: (Barringer@, 1996, 23).

La confiabilidad también puede ser el resultado del producto de diferentes confiabilidades, como por ejemplo:

$$R = R_{\text{utilaje}} * R_{\text{alimentación\_planta}} * R_{\text{producción}} * R_{\text{empaquetado}} * R_{\text{despachos}}$$

La confiabilidad puede ser observada desde diferentes puntos de vista:

- Desde el punto de vista del usuario se percibe como un largo período de tiempo libre de fallas, lo cual incrementa la capacidad de producción y disminuye todos los costos de mantenimiento, incluyendo la mano de obra.
- Desde el punto de vista del proveedor del producto, la confiabilidad se mide al completar un período de garantía con pocas fallas durante la vida de diseño del producto. En este caso el mejoramiento de la confiabilidad implicará un incremento de los costos de capital pero también una mejor

oportunidad de hacer dinero ya que su producto tendrá un mayor período libre de fallas para quien lo adquiera, y por ende menores costos de mantenimiento (Barringer@, 1996, 23).

Los cálculos detallados de confiabilidad implican determinar la distribución que mejor se ajuste al comportamiento de los datos, por lo tanto la ecuación mostrada aquí solo corresponde a una distribución exponencial de los datos. En Mora (2005, 65-70) se encuentra información detallada sobre el cálculo de la confiabilidad.

### 1.3.6.2 Mantenibilidad

La mantenibilidad trata con las paradas de mantenimiento y el tiempo que toma llevar a cabo las acciones de mantenimiento, fácil y rápidamente, comparadas con datos de referencia. El dato de referencia asume que todas las actividades de mantenimiento necesarias, son ejecutadas por personal idóneo. Las características de mantenibilidad de un equipo son determinadas por sus diseñadores, los cuales establecen los procedimientos y determinan la magnitud de los tiempos de reparación.

El concepto clave de la mantenibilidad es normalmente el *MTTR*, o tiempo medio para reparar, y es un límite para el tiempo máximo de reparación que hace referencia a la facilidad con que un equipo se restablece a su estado de funcionamiento.

La mantenibilidad se mide también estadísticamente y cuando tiene una distribución exponencial se representa como:

Ecuación 4. Mantenibilidad

$$M_{(t)} = \mathbf{1}^{\left(\frac{-t}{MTTR}\right)} = \mathbf{1}^{(-\mu t)}$$

*MTTR* es el Tiempo Medio Para Reparar.

$\mu$  es la rata constante de mantenimiento.

Fuente: (Barringer@, 1996, 24).

### 1.3.6.3 Disponibilidad

La disponibilidad trata con la duración del tiempo activo de operación y es una medida de que tan a menudo el sistema está vivo y bien. Comúnmente se expresa como (con diferentes variaciones):

Ecuación 5. Disponibilidad

$$A = \frac{UT}{UT + DT}$$

A= Disponibilidad (Availability en inglés).

UT= Tiempo de operación (Up Time en inglés). Con capacidad para realizar la tarea.

DT= Tiempo no operativo (Down Time en inglés). Sin capacidad para realizar la tarea

Fuente: (Barringer@, 1996, 21).

La ecuación anterior, normalmente, no incluye las paradas programadas, como por ejemplo, las paradas de mantenimiento preventivo, reuniones, etc. En este caso es denominada Disponibilidad Genérica, por (Mora, 2005).

La disponibilidad también puede ser el producto de diferentes términos:

Ecuación 6. Disponibilidad como producto de diferentes términos

$$A = A_{hardware} * A_{software} * A_{personas} * A_{interfaces} * A_{procesos}$$

Fuente: (Barringer@, 1996, 22).

Los temas de la disponibilidad tratan al menos con tres factores principales (Barringer@, 1996, 22):

1. Incrementar el tiempo para fallar
2. Decrecer el tiempo muerto debido a reparaciones o programas de mantenimiento.
3. Llevar a cabo los puntos 1 y 2 de una manera costo-efectiva. A medida que crece la disponibilidad, incrementa la capacidad de hacer dinero debido a que el equipo está en servicio por un alto porcentaje de tiempo.

La disponibilidad se puede calcular de diversas maneras, cuya diferencia radica en considerar o no la inclusión de ciertos tiempos no operativos, así:

La disponibilidad inherente: es analizada desde el punto de vista del personal de mantenimiento que ejecuta el mantenimiento, sin incluir el mantenimiento preventivo ni las demoras administrativas ni de suministros.

La disponibilidad alcanzada: es analizada desde el punto de vista del departamento de mantenimiento, sin incluir las demoras administrativas ni de suministros, pero incluyendo el mantenimiento preventivo.

La disponibilidad operacional: es como la vería el usuario del equipo, o sea, incluyendo todos los tiempos no operativos.

(Mora, 2005) y (Barringer@, 1996) muestran estos conceptos de manera detallada.

La indisponibilidad es lo contrario de la disponibilidad, por lo tanto:

$$\text{Disponibilidad} + \text{Indisponibilidad} = 1$$

Lo cual se puede expresar como que el sistema debe estar disponible (listo para el servicio) y confiable (con ausencia de fallas) para que produzca resultados efectivos (Barringer@, 2002).

#### 1.3.6.4 Capacidad

La capacidad compara la salida productiva del sistema con la que debe ser propia de él. Es una medida de que tan bien se llevan a cabo las actividades de producción comparadas con un dato de referencia. Sobre una base de sistemas, mide la capacidad del sistema para llevar a cabo la función deseada. A menudo es un sinónimo de productividad, que es el producto de la eficiencia multiplicada por la utilización.

Ecuación 7. Capacidad

$$K = E_f * U$$

Ef= eficiencia; U= utilización  
Fuente: (Barringer@, 1996, 25)

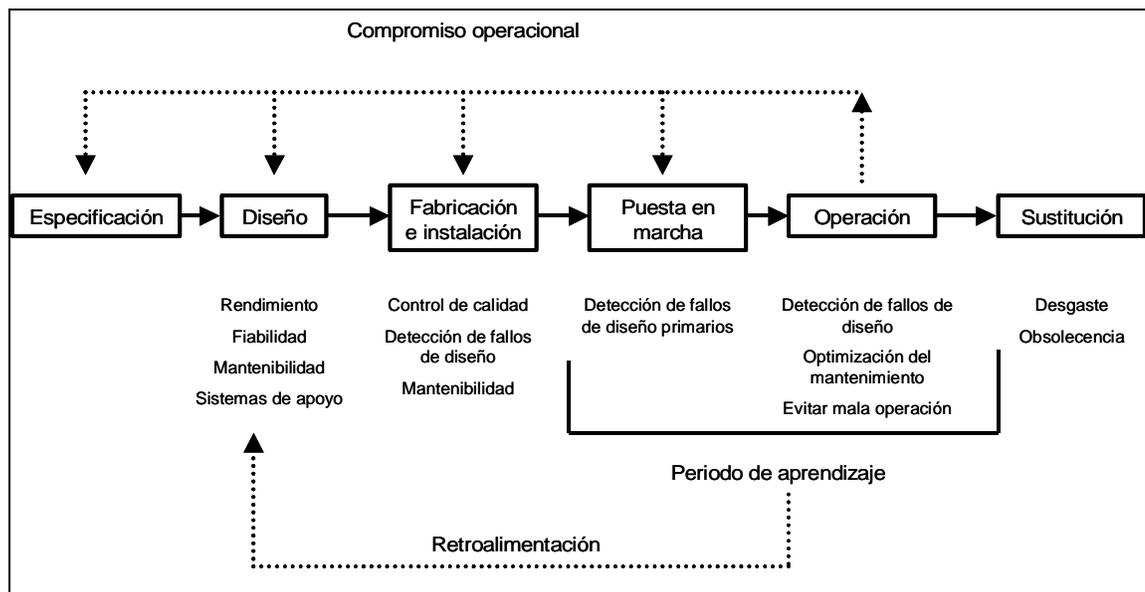
La eficiencia mide el trabajo productivo que sale comparado con el que entra (Producción\_actual/Capacidad\_de\_placa) y la utilización relaciona el tiempo que se gasta en los esfuerzos productivos con respecto al tiempo total (Horas\_utilizadas/Horas\_máximas\_potenciales).

La importancia de cuantificar los elementos de la ecuación de efectividad (y sus costos asociados) radica en encontrar las áreas de mejoramiento, para incrementar la efectividad global y reducir las pérdidas (Barringer@, 1996, 25).

### 1.3.7 La relación de la Terotecología con el Ciclo de Vida

A través de la terotecología se logran integrar todos los aspectos del mantenimiento establecidos en el enfoque Kantiano. En ella se apoya el concepto *LCC* y es a partir de ella que se establecen los indicadores de efectividad y *CMDK*.

Figura 8. Etapas de la terotecología



Referencia: (Mora, 2005, 272)

La terotecología trata de:

- Obtener información de los activos físicos y su desempeño
- Analizar la información para determinar la causa de los problemas
- Adoptar las acciones apropiadas para eliminar o reducir las causas de los problemas.

La figura muestra las diferentes etapas de la terotecología, las cuales son una representación del ciclo de vida. También se aprecia la retroalimentación que se obtiene a partir del aprendizaje de los equipos que están en su etapa productiva, para introducir mejoras en los nuevos equipos (Mora, 2005, 275). La Figura 8 también permite apreciar la interrelación entre la terotecología y el *LCC*.

El *LCC*, durante los años de vida de un activo se puede calcular con la siguiente ecuación propuesta por Barringuer (Mora, 2005, 276):

Ecuación 8. *LCC* durante la vida del activo

$$LCC = \sum_0^T \frac{1}{(1+r)^n} * C(n)$$

Fuente: (Mora, 2005, 276)

*r* es la tasa de descuento o rata de interés efectiva por año; *C* (*n*) es el costo esperado en el año *n*; *T* es la vida útil en años.

La anterior ecuación corresponde al valor presente neto esperado y tiene como ventaja que permite incorporar la incertidumbre ya que considera el valor del dinero en el tiempo. De esta manera el *LCC* viene a ser el valor presente de los factores que implican ganancia menos el valor presente neto de los factores que implican pérdida. Tanto en los proyectos como en los procesos, normalmente, el mejor será el que reporte un mayor valor presente neto.

#### **1.4 CONCLUSIONES DE CAPITULO**

La definición del *LCC* permitió comprender el término, sus orígenes y tener un concepto claro de su importancia y su alcance. Se planteó además su relación con la terotecnología y su efecto sobre la efectividad de los equipos. Se introdujo el concepto del árbol de descomposición de costos como base del modelo de cálculo del *LCC* y se mostró un modelo aplicable a la industria manufacturera.

## **2. CRITERIOS Y PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL LCC**

### **2.1 OBJETIVO**

Describir los criterios y parámetros que permiten el cálculo del *LCC* a partir de la estimación detallada y en el tiempo, de los costos de adquisición y sostenimiento.

### **2.2 INTRODUCCIÓN**

El cálculo del costo del ciclo de vida de los activos, como su nombre lo indica es función de tiempo, el cual afecta los costos, sobre todo en economías cambiantes donde las tasas de intereses y los niveles de inflación son inestables. Esto lleva a establecer mecanismos de referencia comparativos a través del tiempo, como lo es el valor presente neto. Otros factores que influyen son las fuentes de datos, ya que normalmente los ingenieros tienden a creer que no existen datos suficientes y como se verá existen diferentes fuentes de datos para obtener la información necesaria para los cálculos. Para asignar los costos a las diferentes etapas del ciclo de vida de los activos es necesario establecer una metodología, de las cuales la más común es la generación de un árbol de descomposición de costos.

### **2.3 DESARROLLO**

#### **2.3.1 Fuentes de datos**

Los datos que se requieren para los cálculos del *LCC* casi siempre se encuentran dispersos, mal compaginados y a veces es cuestionable su calidad. Su disponibilidad llega a convertirse en una de las actividades que consume más tiempo en las evaluaciones de los ciclos de vida y a veces tampoco están disponibles en el momento que se necesitan sino que están dispersos a lo largo de la organización de un proyecto y van apareciendo a medida que éste se desarrolla. Esto hace que haya que acudir a métodos de estimación o de simplificación (Iglesias@2005, 17, 35) (Blanchard, 1995, 471).

La siguiente ilustración muestra como pueden estar dispersas las diferentes categorías de datos, por lo que es importante entender bien como se interrelacionan ya que existen muchas interfaces.

Figura 9. Fuentes de datos para el análisis de costos del ciclo de vida



Fuente: Blanchard, 1995, 471

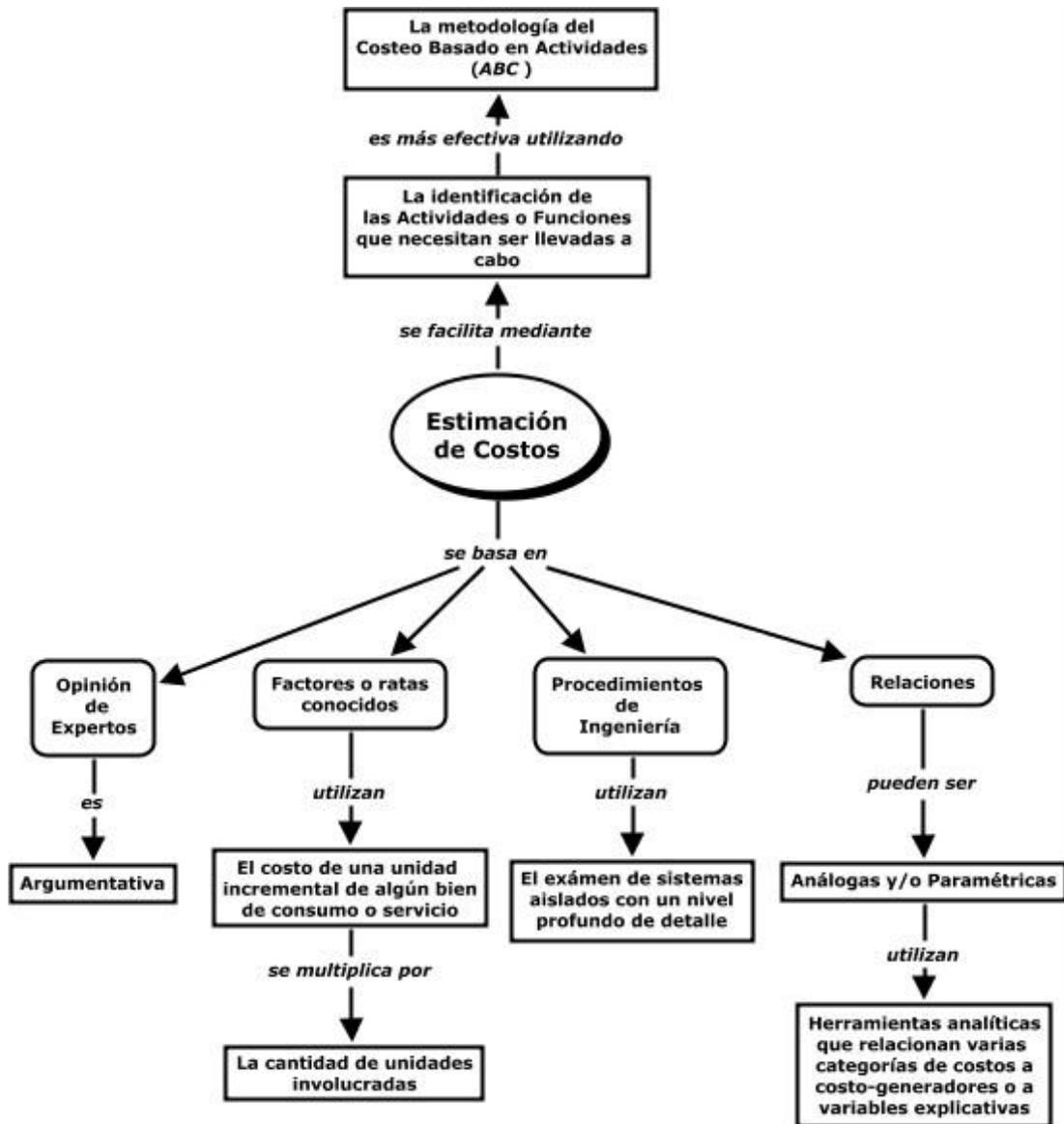
### 2.3.2 Estimación de costos

La estimación de los costos se puede llevar a cabo mediante varios métodos, unos más exactos que otros, de acuerdo con las fases del programa de desarrollo del sistema y con la disponibilidad de las diferentes categorías de datos.

Cuando se estiman los costos es necesario también abordar los siguientes temas (Blanchard, 1995, 467-471) (Fabrycky, 1997, 35-41):

- *Rata de Descuento.* Se refiere al valor del dinero en el tiempo. Es la aplicación de una tasa de interés a la corriente de costos, tal que cada costo futuro queda ajustado al tiempo presente, que es el punto donde se toma la decisión. Mediante la utilización del valor presente neto se evalúan las alternativas sobre una base comparable.
- *Inflación.* Cada categoría de costos puede tener diferentes tasas de inflación.
- *Curvas de aprendizaje.* Los procesos que se llevan a cabo sobre bases repetitivas dan lugar a una reducción en costos como resultado de la experiencia obtenida.

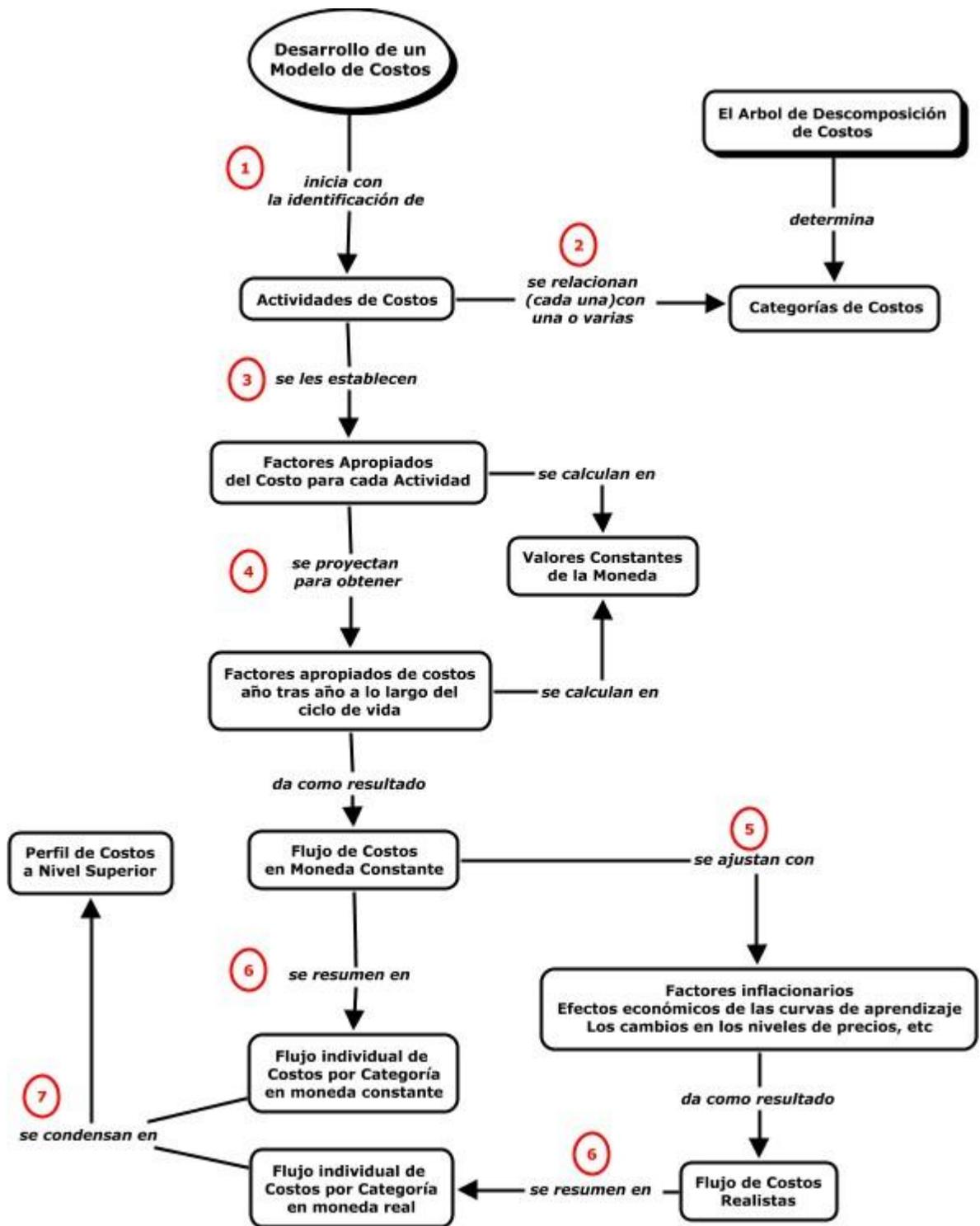
Figura 10. Métodos de estimación de costos



### 2.3.3 La estructura de descomposición de costos y su tratamiento a lo largo del ciclo de vida

El perfil de costos se puede desarrollar adoptando uno de varios procedimientos que existen, pero hay unos pasos que son fundamentales para todos los casos, los cuales se resumen en la figura siguiente (Fabrycky, 1997, 27-33).

Figura 11. Pasos esenciales para desarrollar un modelo de costos



Los factores apropiados de costos que se establecen en el paso 4 para cada actividad se calculan en valores constantes de la moneda (por ejemplo, con valores de la moneda en el 2006). Esto se hace para reflejar el poder adquisitivo de la moneda en el momento que se está tomando la decisión, por ejemplo, año 2006, de tal manera que se pueda hacer una comparación directa de los niveles de actividad de año a año y así se evitan las confusiones que se pueden causar cuando se introducen factores inflacionarios, etc.

Los factores inflacionarios; los efectos económicos de las curvas de aprendizaje; los cambios en los niveles de precios reflejados por los cambios del dinero en el tiempo, etc., se tienen en cuenta en el paso 5 para reflejar los costos realistas tal como se prevé que van a ser para cada año del ciclo de vida, o sea, los costos esperados para el año 2007 en el 2007, los del año 2008 en el 2008, etc. Con estos costos se preparan las necesidades futuras de presupuesto porque reflejan anticipadamente las necesidades reales de dinero año tras año durante el ciclo de vida (Fabrycky, 1997, 30-31).

## **2.4 CONCLUSIONES DE CAPITULO**

Los factores o parámetros que intervienen en el cálculo del *LCC* se aclararon, se mostraron las diferentes fuentes de datos y la manera como se pueden estimar los costos; además se mostraron los pasos esenciales para desarrollar el modelo de costos, los parámetros que más afectan su manejo y se determinó como base de comparación el valor presente neto.

### 3. SISTEMAS DE COSTEO

#### 3.1 OBJETIVO

Revisar los diferentes sistemas de costeo (*ABC*, global, detallado, propio, *LCC*, etc.) que se usan actualmente en el sector industrial seleccionado del Valle de Aburrá.

#### 3.2 INTRODUCCIÓN

El cálculo del *LCC* se alimenta en gran parte de la información disponible en las empresas y el árbol de descomposición de costos debe ser coherente en sus categorías y actividades con la administración de costos utilizada, de tal manera que haya facilidad para la retroalimentación de la información. Es por lo tanto importante conocer los métodos y la terminología utilizada al respecto, lo mismo que las tendencias. Como podrá verse, a medida que el control de los costos indirectos adquiere relevancia frente a los costos directos, los métodos tradicionales de costos se van quedando obsoletos.

#### 3.3 DESARROLLO

Los sistemas de administración de costos se componen de dos subsistemas: Contabilidad de Costos y Control de Operaciones. Estos son estructurados para asignar los costos a los **objetos de costo**, los cuales son entidades tales como productos o servicios, departamentos, proyectos, clientes, etc. y para medir su comportamiento.

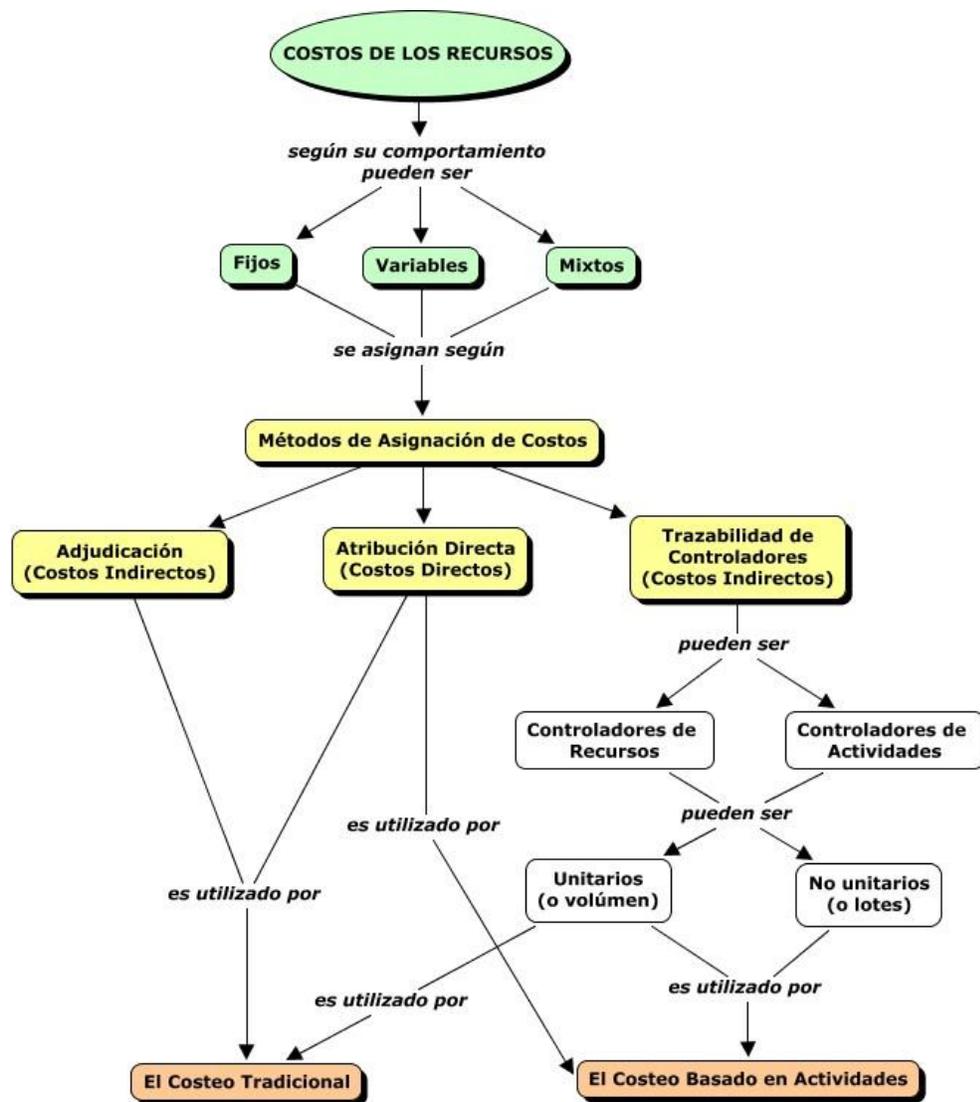
El concepto de **costo**, es el valor en efectivo o equivalente que se sacrifica a cambio de la obtención de bienes y servicios que brindarán un beneficio a la organización. Cuando se habla de valor equivalente es porque por ejemplo, como en el caso de los activos, no están en efectivo, pero también son intercambiables por los artículos o servicios deseados.

Los costos, al expirar, cuando se consumen en la producción de ingresos, se denominan **gastos**; de lo contrario, si no producen ingresos, se denominan **pérdidas**. De acuerdo con su comportamiento los costos se pueden clasificar en tres categorías: fijos, variables y mixtos (Hansen, 1996, 29-49).

### 3.3.1 Sistemas de administración de costos tradicionales y contemporáneos

La clasificación general de los sistemas de administración de costos se puede dividir en: Sistemas Tradicionales y Sistemas Contemporáneos. Las diferencias básicas entre los dos sistemas radican en la manera como asignan los costos a los objetos de costos y en cómo facilitan o no el control de las operaciones. Los sistemas tradicionales utilizan lo que se denomina Costeo Tradicional y los sistemas contemporáneos utilizan el Costeo Basado en Actividades (ABC)<sup>8</sup>.

Figura 12. Enfoques de costos y administración de costos



<sup>8</sup> ABC, sigla en inglés. Activity Based Costing

### 3.3.1.1 Métodos de asignación de costos

Los costos se asocian directa o indirectamente con los objetos de costo. Para hacer seguimiento a dichos costos se utiliza la trazabilidad o rastreo. Los **costos directos**, son los que permiten ser seguidos con claridad hasta los objetos de costo, sin embargo, los costos indirectos no se pueden rastrear fácilmente y con exactitud hasta el objeto de costo.

Los métodos de asignación de costos utilizados por la contabilidad de costos se describen a continuación (Hansen, 1996, 29-55).

- **Atribución directa:** es el método más exacto y consiste en asignar el costo a los objetos de costo mediante la observación física, ya que se trata de costos que están asociados física o específicamente a dichos objetos. Ej.: Los materiales y la mano de obra utilizados en la fabricación de un producto.
- **Trazabilidad de controladores de costos:** este método permite hacer un rastreo de los costos hasta los objetos de costo, cuando no se pueden atribuir directamente, utilizando relaciones causa-efecto. Para ello se usan los que se denominan Controladores<sup>9</sup> de Costos, que son los que permiten la trazabilidad y la determinación de tasas de asignación de acuerdo al tipo de recurso o de actividad. Pueden existir controladores de recursos y de actividad.

El consumo del recurso energía, por ejemplo, se puede controlar mediante el controlador kW\_h para podérselo asignar a la actividad Mantenimiento de Equipos, la cual consume dicho recurso para operar las herramientas de mantenimiento. Como se verá mas adelante en el costeo ABC, los objetos de costo consumen actividades. Si el objeto de costo es el Equipo A de producción, el controlador de actividad: cantidad de horas en mantenimiento, podría servir para calcular el costo de la energía consumida por el departamento de mantenimiento en reparación del equipo A.

Los controladores a su vez pueden ser unitarios o no unitarios. Un controlador de costo unitario es cuando la tasa de consumo del recurso o de la actividad se determina en unidades tales como horas, volumen,

---

<sup>9</sup> Este término se toma del inglés *costs drivers* y tiene diferentes adaptaciones al español, tales como: controladores de costos, conductores de costos, costo-generadores, determinantes de costos, bases de costos, etc.

cantidad producida, etc. Un controlador no unitario es tasado, por ejemplo, en todas las unidades producidas, en toda la fábrica, etc.

- **Adjudicación:** Este método es el más impreciso de todos, siendo el más preciso el de atribución directa. Este método es utilizado en el sistema tradicional para asignar los costos indirectos, los cuales no muestran relación clara de causalidad con los objetos de costo, entonces se acude a supuestos o se asignan por conveniencia, por ejemplo, los costos de aire acondicionado de una fábrica se cargan a los productos producidos dividiendo por la cantidad de estos o dividiendo por las horas de mano de obra directa utilizada en su producción.

### 3.3.1.2 Diferencias entre los sistemas tradicionales y contemporáneos

Como se dijo anteriormente, la administración de costos se compone del sistema de contabilidad de costos y control de operaciones.

La contabilidad de costos tradicional: clasifica los costos en fijos o variables en función de las unidades o volumen de productos producidos, las horas de mano de obra directa o las horas máquina, o sea que solamente utiliza controladores de costos de actividades unitarias.

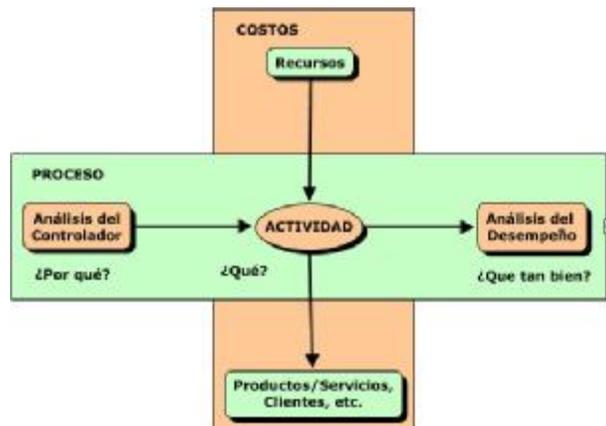
La contabilidad de costos contemporánea: le da prioridad a la trazabilidad de la asignación de los costos y acude al concepto de controladores de costos actividades no unitarias, las cuales no están relacionadas con el volumen de productos fabricados, convirtiéndose en un sistema más exacto para la asignación de los costos indirectos.

Un sistema de contabilidad de costos que utiliza los controladores de costos de actividades no unitarios se denomina Sistema de Costos Basados en Actividades (*ABC* por su sigla en inglés).

El control de operaciones tradicional: está enfocado en unidades de desempeño conocidas como centros de costos o de responsabilidad y los costos se cargan a estas unidades y los resultados de los gerentes se miden teniendo en cuenta lo real contra lo presupuestado para cada centro de costos. Aquí la trazabilidad de los costos se hace hasta los responsables de las unidades organizacionales.

El control contemporáneo de operaciones: se diferencia del sistema tradicional en que se enfoca en la administración de las actividades como clave del control de los costos y no en los costos por si mismos. Por eso un sistema de control contemporáneo de operaciones se apoya en la administración basada en actividades (*ABM* por su sigla en inglés).

Figura 13. Modelo de administración basada en actividades (ABM)



Referencia: adaptada de (Hansen, 1996, 51).

La administración basada en actividades, hace trazabilidad de los costos hasta los objetos de costo a través del control de los costos de las actividades y el consumo de estas por parte de los objetos de costo; a su vez hace control de los procesos identificando los factores que causan el costo de las actividades y evalúa los resultados (Hansen, 1996, 49-55).

### 3.3.2 El costeo basado en actividades (ABC)

La metodología de costeo *ABC* es una innovación en cuanto al tratamiento de los costos indirectos de producción. Como propuesta metodológica concreta renace, entre otros, a través de los trabajos de Kaplan R. y Jonson T. (1984); Cooper R. (1988); O'Guinn (1990), citados por (Reveco, 1998, 23).

El *ABC* se basa en la premisa de que las actividades llevadas a cabo por las empresas son las que consumen los recursos económicos escasos, o sea, los costos indirectos, y no los productos o servicios por sí mismos. A estos últimos los denomina Objetos de Costos (Reveco, 1998, 26). En el costeo tradicional los costos indirectos se distribuyen a una unidad de la organización, planta o departamento, y luego a los productos. Como se observa en la ilustración anterior, ambos sistemas de costos son procesos de dos etapas.

Figura 14. Costeo tradicional versus ABC

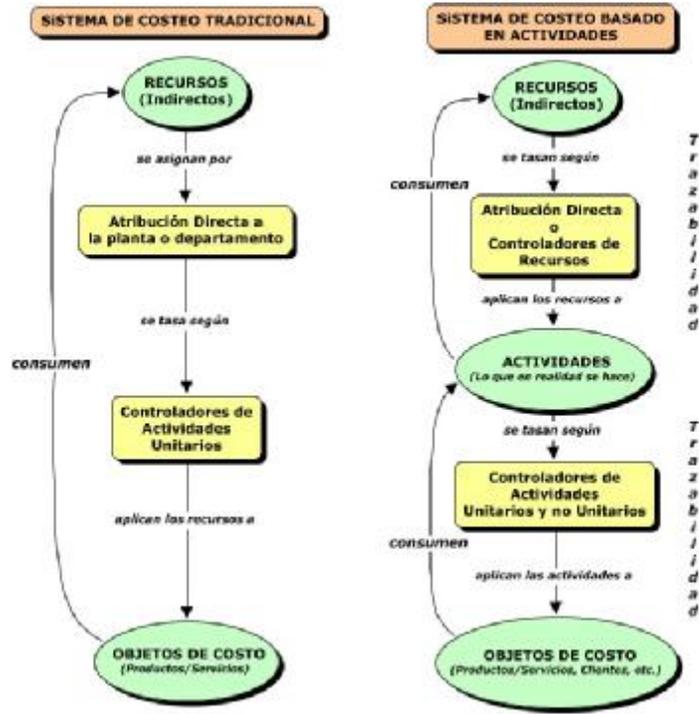
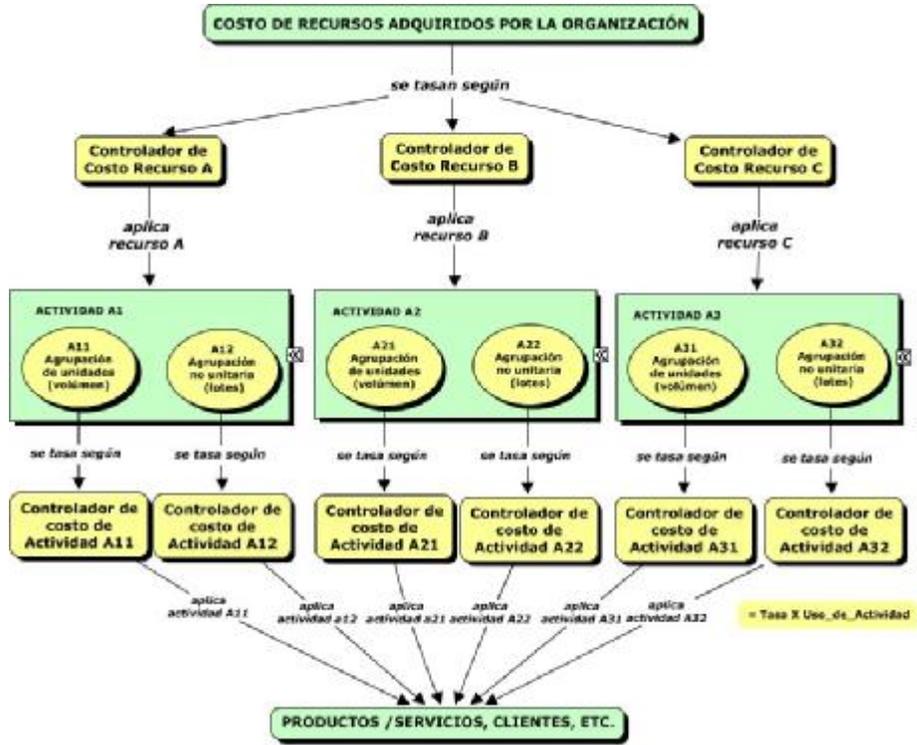


Figura 15. Modelo simplificado del ABC



Referencia: adaptado de (Reveco, 1998, 27)

El *ABC* en su primera etapa hace trazabilidad de los costos indirectos a las actividades. El costeo tradicional lo hace a una unidad de la organización. En ambos tipos de costeo la segunda etapa consiste en asignar los costos al producto. La diferencia radica en que el *ABC* se destaca por la distribución directa o el uso de controladores de costos, aprovechando las relaciones causa-efecto; pero el sistema tradicional lo hace de una manera intensiva, sin tener en cuenta las relaciones causa-efecto.

La principal diferencia entre los dos métodos radica en la naturaleza y el número de los controladores de costos, pues el *ABC* utiliza tanto controladores de costos unitarios como no unitarios (Hansen, 1996, 267).

### 3.3.2.1 El concepto de actividad

La metodología del *ABC* consiste en desagregar la empresa en actividades, las cuales corresponden a un nivel más pequeño que un centro de costos de naturaleza funcional. Incluso ellas pueden ser de naturaleza transfuncional (Reveco, 1998, 26).

Una actividad es una unidad básica de trabajo llevada a cabo dentro de una organización. Es una agregación de acciones que es útil a los administradores con el fin de planear, controlar y tomar decisiones. Ejemplos de actividades son: instalar equipos para producción, mover materiales y bienes, compras, facturación, mantenimiento, envíos, diseño de ingeniería e inspección. La actividad se describe por un verbo de acción y un objeto (Hansen, 1996, 36, 273).

Una actividad es un paso dentro de un proceso que consume recursos, ocurre a través del tiempo, tiene un claro comienzo y un final y posee resultados conocibles e identificables (Reveco, 1996, 26).

La **capacidad de una actividad** es simplemente la potencialidad que se tiene de desarrollar dicha actividad, en términos de su controlador de costos. Como se dijo anteriormente, los controladores de costos pueden ser unitarios o no unitarios. Un controlador de costos unitario es por ejemplo, horas; entonces la capacidad de la actividad es el número de horas con que cuenta la organización para dicha actividad; tal es el caso por ejemplo de horas\_máquina. La **capacidad práctica**, corresponde al nivel en que la actividad se desarrolla con eficiencia y es la que realmente se debe tener en cuenta en el *ABC* (Hansen, 1996, 71, 268).

### 3.3.2.2 Razones para utilizar el ABC

En la contabilidad de costos ha existido el supuesto de que los **costos primos**, o sea aquellos que corresponden a materiales directos y materias primas más mano de obra directa, tienen el mayor porcentaje de participación dentro de los costos totales de una empresa. Aunque esto puede ser vigente actualmente en algunas empresa, los avances tecnológicos, la profesionalización de procesos de negocios, todo ello estimulado por la globalización, ha hecho que los costos indirectos de producción sean hoy en día un porcentaje significativo dentro del los costos totales.

Un estudio de Miller y Vollman, en 1985, citado por (Hansen, 1996), ya mostraba como en Estados Unidos el porcentaje de participación de los costos indirectos fluctuaba entre el 35% y el 75%. El estudio además mostraba un crecimiento continuo, durante los anteriores 100 años, de la participación de los costos indirectos con respecto al valor agregado y a los costos totales de manufactura, mientras que en el mismo período la participación de la mano de obra directa venía disminuyendo constantemente (Reveco, 1998, 25).

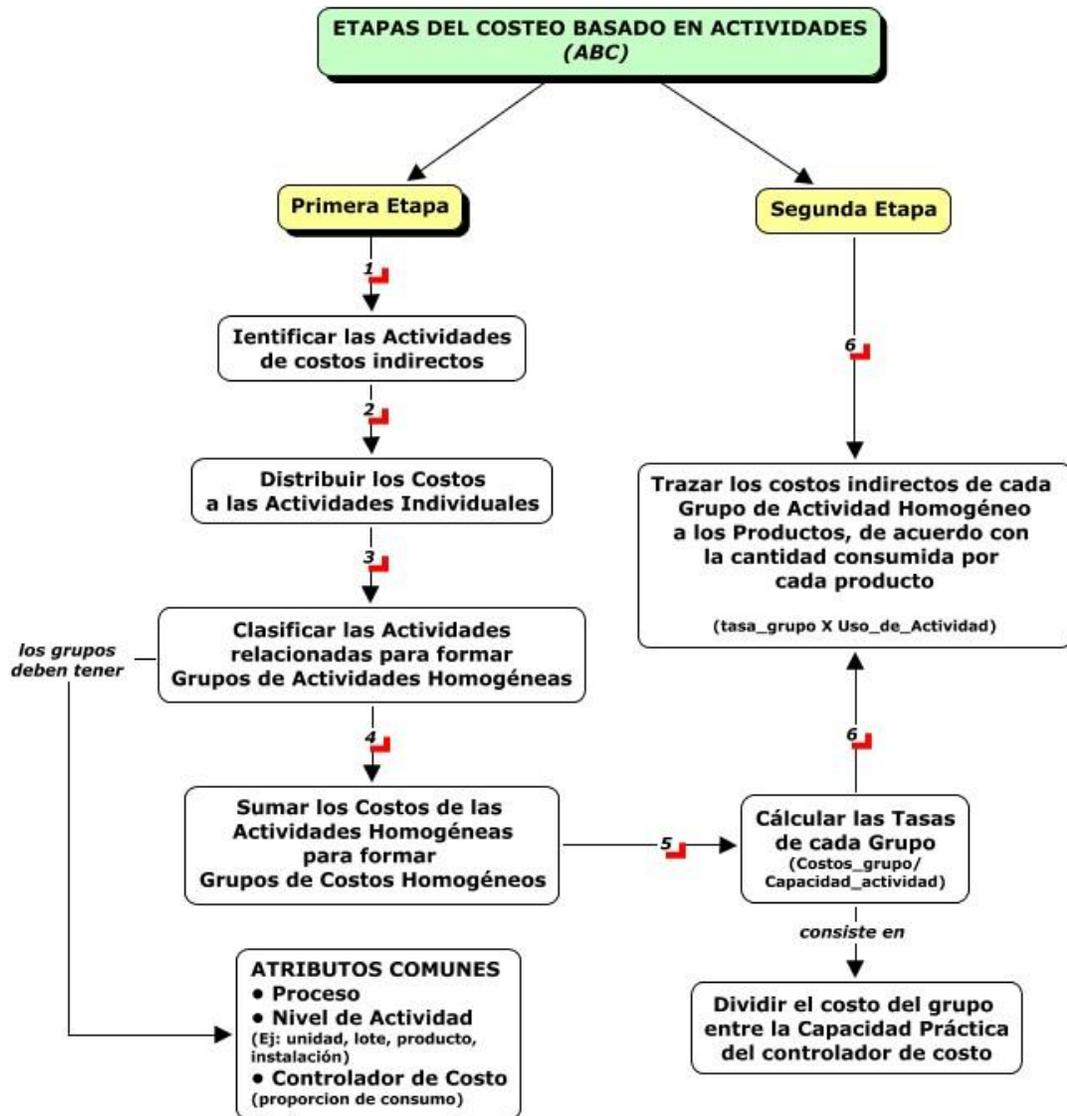
### 3.3.2.3 Las dos etapas del ABC

El ABC consta de dos etapas principales, cuyos procedimientos se muestran en la ilustración siguiente.

La identificación de las actividades es el primer paso para diseñar un sistema ABC, sin embargo, su identificación es tan simple como preguntarle a cada trabajador lo que él hace.

Los resultados obtenidos se pueden modelar mediante una estructura de relaciones correspondiente a una tabla donde las filas sean las actividades involucradas y las columnas los atributos, por ejemplo, Código\_actividad, Nombre\_actividad, Proceso, Nivel\_actividad, Controlador\_costo\_actividad, Capacidad, Costo.

Figura 16. Etapas del ABC



Un aspecto importante que se debe destacar es que, como lo muestra el paso 4, los grupos de actividades deben tener atributos comunes tales como: pertenecer al mismo proceso, tener el mismo nivel, tener el mismo controlador de costos. Un ejemplo detallado del proceso ABC se puede observar en (Hansen, 1996, 259-303).

#### 3.3.2.4 Relación entre el *LCC* y el *ABC*

La mayoría de los métodos *LCC* se caracterizan porque verdaderamente no son métodos de costeo sino que son un análisis del flujo de caja; usan avalúos pero no el valor en sí del ciclo de vida o sea que son métodos contables del ciclo de vida. El problema con los flujos de caja es que representan flujos de gastos, positivos o negativos, que indagan sobre la capacidad requerida para llevar a cabo el trabajo. Los enfoques tradicionales de *LCC*, por ejemplo, no manejan bien las asignaciones de los costos indirectos y a menudo confunden costos con flujo de caja.

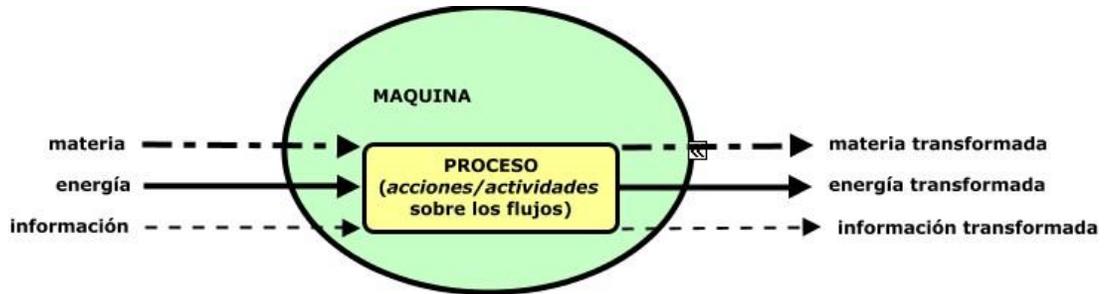
Los modelos de costeo, como contraste, conservan la trazabilidad del consumo de los recursos y la demanda de los trabajos que se van a ejecutar. La perspectiva de ese consumo de los recursos es lo que cuenta, porque los administradores deben comparar la capacidad con la demanda y no al contrario. Por lo tanto, los análisis de flujo de caja son completamente inapropiados para propósitos de costeo y debido a esto es que se plantea utilizar el costeo del ciclo de vida basado en actividades (Emblemsvåg, 2001).

La combinación del *ABC* con el *LCC* implica que las categorías de costos deben establecerse enfocadas en procesos, como lo muestra el numeral anterior, o sea que esto implica un replanteamiento del flujo del proceso de cálculo expuesto por Barringer, Figura 6, de tal manera que incluya los conceptos del *ABC*.

Lo establecido por Fabrycky, ver Figura 11, con respecto a que una actividad puede estar asociada a diferentes categorías de costos habría que replantearlo, ya que en el enfoque *ABC* una actividad de costos no debe asociarse a diferentes categorías de costos, pues como se acabó de decir, cada actividad de costos pertenece a un proceso y este proceso determinará una categoría de costos (Hansen, 1996, 274).

El enfoque de sistemas utilizado por el diseño conceptual para los artefactos técnicos, permite ver las máquinas como sistemas por los cuales pueden circular flujos, los cuales conforman tres grupos principales: materia, energía e información. Esto lleva a concluir que toda actividad de costos, relacionada con las operaciones que se llevan a cabo en el equipo, debe ser ejecutada sobre uno de estos flujos (Rodríguez, 2003, 32-33) y, por lo tanto, este flujo determinará su controlador de costos. Esta puede ser una buena guía para determinar los controladores de costos.

Figura 17. Actividades de costos como acciones sobre flujos



### 3.4 CONCLUSIONES DE CAPITULO

Las empresas que utilizan modelos tradicionales tendrán mayores dificultades para la utilización del *LCC*, ya que la filosofía del *LCC* se ajusta más al sistema de costeo basado en actividades, sobre todo para aquellas empresas donde los costos indirectos tienen un porcentaje significativo con respecto a los costos directos. La utilización del costeo basado en actividades disminuye la necesidad de acudir a estimaciones imprecisas.

La utilización de todo el potencial del *ABC* es sustentado por (Ness, 1999, 53).

## **4. MEDICIÓN DEL GRADO DE DESARROLLO DEL *LCC* EN UN SECTOR INDUSTRIAL DEL VALLE DE ABURRÁ**

### **4.1 OBJETIVO**

Esbozar el sector industrial que se va a evaluar, el universo, el método de muestreo, el tamaño de la muestra, el tipo de investigación, el diseño del instrumento de análisis estadístico, la recolección de la información, etc., requeridos en el estudio.

Medir el grado de desarrollo de los criterios y parámetros del *LCC* que se usan en el sector industrial evaluado.

### **4.2 INTRODUCCIÓN**

El objetivo planteado requiere para su ejecución la aplicación de las teorías de investigación de mercadeo y del método científico para la determinación del sector que se va a evaluar, lo cual implica un trabajo minucioso que le da seriedad y confiabilidad a este tipo de estudios. El proyecto de grado de Jiménez y Donado desarrolla esta metodología y la aplica específicamente al Valle de Aburrá, logrando establecer una estratificación de las empresas que permite obtener la muestra requerida para este estudio; por lo tanto este capítulo se fundamentará esencialmente en el proyecto de grado (Jiménez, 2006).

### **4.3 METODOLOGÍA**

La metodología utilizada para el proceso de investigación que permita medir el grado de desarrollo del *LCC* en un sector industrial, se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 2. El proceso de la investigación

<p><b>Etapa 1. FORMULACION DEL PROBLEMA</b></p> <p>Determinación de los Objetivos Generales y Específicos de la Investigación.</p> <p><b>Etapa 2. LISTA DE INFORMACION A RECOLECTAR</b></p> <p><b>Etapa 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b></p> <p>— Clase de investigación a realizar:</p> <p style="text-align: center;"><b>EXPLORATORIA — ► DESCRIPTIVA —► EXPERIMENTAL</b></p> <p>— Método de recolección de datos:</p> <p>Investigación de datos secundarios, interrogatorio a expertos, investigaciones cualitativas, interrogatorios estructurados, observación, experimentos.</p> <p>— Diseño del instrumento de recolección de datos:</p> <p>(Cuestionario).</p> <p><b>Etapa 4. PROCESO DE MUESTREO</b></p> <p>Definición de la población o universo, especificación del marco muestral, especificación de la unidad muestral, selección del método de muestreo, tamaño de la muestra, plan de muestreo.</p> <p><b>Etapa 5. RECOLECCION DE DATOS</b></p> <p>Selección, entrenamiento, supervisión y evaluación de la actuación de los encuestadores, trabajo de campo.</p> <p><b>Etapa 6. ANALISIS DE DATOS</b></p> <p>Preparación de los datos, revisión, codificación, tabulación, determinación de diferencias, relaciones, etc., estadísticas sumarias, estadísticas de muestreo.</p> <p><b>Etapa 7. CONCLUSIONES Y PRESENTACION DEL INFORME</b></p>
---

Referencia: (Cabrejos, 1989, 33)<sup>10</sup>

#### 4.3.1 Formulación del problema

##### 4.3.1.1 Objetivo general

El grado de desarrollo del LCC en un sector industrial del valle de Aburrá se busca medir.

<sup>10</sup> Citado por (Jiménez, 2006, 48)

#### 4.3.1.2 Objetivos específicos

- Seleccionar el sector industrial a evaluar
- Determinar si el sector industrial seleccionado conoce la metodología *LCC*
- Determinar si el sector industrial seleccionado utiliza la metodología *LCC*
- Determinar a que nivel el sector seleccionado utiliza la metodología *LCC*

#### 4.3.2 Lista de información a recolectar

La lista de información a recolectar se refiere a la información necesaria para satisfacer cada uno de los objetivos propuestos (51-52). Para este caso se considera necesario disponer de la siguiente información:

- Una base de datos de empresas y dentro de ella determinar el sector en el cual se basará el estudio. Para el caso del presente estudio se dispone de una base de datos de empresas tomada de la Cámara de Comercio de Medellín y de una base de datos de las empresas donde laboran los egresados de la universidad EAFIT. Estas dos bases de datos se integran en una sola (69-70)
- Para saber si se conoce la metodología *LCC* solo basta con hacer una pregunta directa
- Para saber si se utiliza la metodología, implica que se la conozca. Esta es una pregunta directa cuando la anterior es positiva
- Para determinar a que nivel o en que grado el sector seleccionado utiliza la metodología *LCC*, hay que tener en cuenta algunos aspectos tales como que puede que no se conozca la metodología pero se aplique con diferente nombre o criterio. Para esto es necesario determinar si la empresa hace evaluación económica de alternativas de inversión para la compra de sus equipos y si en ella considera todos los costos del ciclo de vida de un equipo y no solamente los costos de adquisición o la forma y facilidades de pago.
- Si la empresa utiliza el costeo basado en actividades, esto puede facilitarle el camino hacia la aplicación de la metodología *LCC*, como se vio en el capítulo anterior.

### 4.3.3 Diseño de la investigación

#### 4.3.3.1 Tipo de investigación

La investigación puede ser exploratoria, descriptiva o experimental, como se aprecia en la Tabla 2 (52-53). Este estudio se basa en la investigación exploratoria llevada a cabo por (Jiménez, 2006).

- Método de recolección de datos

Los datos obtenidos por Jiménez y Donado son la base de este estudio. De no ser suficientes se procede a hacer encuestas a los expertos de las empresas del sector seleccionado.

- Diseño del instrumento de recolección de datos (cuestionario)

Tabla 3. Encuesta para detectar el grado de desarrollo del *LCC*

<b>ENCUESTA PARA DETECTAR EL GRADO DE DESARROLLO DEL <i>LCC</i></b>	
1	¿Aplica su empresa el <i>LCC</i> ? Si__ NO__ No conoce el tema__
2a	¿Utiliza su empresa alguna metodología para la evaluación económica de alternativas en la adquisición de equipos? SI__ NO__
2b	Si su respuesta anterior es positiva: ¿Aparte del costo de adquisición y forma de pago, considera dentro del análisis de las alternativas el costo de operar y sostener dicho activo durante la vida útil? SI__ NO__
2c	¿Considera dentro del análisis de las alternativas los costos de destino final o el ingreso por venta cuando termina su vida útil? SI__ NO__
3	¿Utiliza su empresa el costeo basado en actividades? SI__ NO__

#### 4.3.4 Proceso de muestreo

La población a analizar se selecciona con base en la estratificación de empresas establecida por Jiménez y Donado; y teniendo en cuenta que el uso del *LCC* se

ubica dentro del enfoque Kantiano, ver capítulo 1.3, en el nivel estratégico, por lo tanto, se seleccionará el sector más avanzado en mantenimiento (92-94).

Tabla 4. Estratos empresariales por nivel de mantenimiento

<b>ESTRATIFICACIÓN DE LA INDUSTRIA DE ACUERDO CON SU NIVEL DE MANTENIMIENTO</b>		
<b>ESTRATO</b>	<b>NIVEL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>6</b>	Avanzado: empresas sobresalientes	Desarrollan sus propios planes de mantenimiento, los dominan y mejoran permanente. Poseen modelos muy maduros que funcionan en toda su organización desde hace tiempo relativamente largo. Tienen personal experto y un departamento de mantenimiento bien conformado.
<b>5</b>	Bueno: empresas bien concebidas en su actuación en general	Han iniciado procesos (aún sin culminar) para desarrollar sus propios planes de mantenimiento. Poseen técnicas que funcionan en toda su organización desde hace poco tiempo. El personal en general ya tiene la filosofía, el departamento va en proceso de maduración pero le falta consolidarse.
<b>4</b>	Con conocimientos en mantenimiento. Se les observa éxito a mediano y largo plazo	Conocen la metodología de mantenimiento para desarrollar sus propios planes pero sus logros en este campo son incipientes y no muy claros. Están en el proceso de implementación de técnicas que aún no funcionan en toda su organización. El personal en general empieza a conocer la filosofía, el departamento apenas se empieza a conformar.
<b>3</b>	Clásico: atienden los problemas del día, y poco o nada les interesa el futuro	Saben que existen metodologías pero aún no creen en eso, ni en la necesidad de manejarlas. Escasamente compran tecnologías (pero sin criterios muy definidos)
<b>2</b>	Nacientes en mantenimiento: absorben todo su tiempo atendiendo los innumerables problemas del día, viven en el día a día	Sólo tienen algún poder económico para adquirir maquinaria y tecnología sin ningún criterio. Actúan enfocados hacia la venta o producción.
<b>1</b>	Con mantenimiento en el papel: toda su intención sólo queda plasmada en el documento o papel	Muchas veces sin capacidad económica para adquirir o implementar técnicas que le permitan desarrollar el mantenimiento

Referencia: adaptada de (Jiménez, 2006, 92-94)

La tabla anterior muestra los estratos empresariales, donde se puede apreciar que el estrato 6 es el más evolucionado en mantenimiento, por lo tanto la población o universo para el proceso de muestreo será el estrato 6.

#### 4.3.4.1 Tamaño de la muestra

El estrato 6 está conformado por las siguientes empresas que son la población base de este estudio.

Tabla 5. Empresas que conforman el estrato 6 de mantenimiento

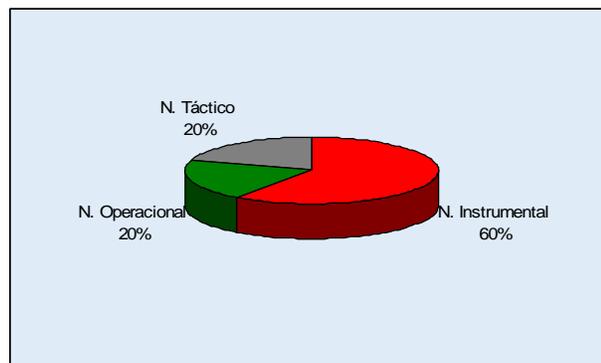
<b>EMPRESAS QUE CONFORMAN EL ESTRATO 6</b>		
CALDERAS JCT	ESTRA	I.S.A
CERVUNION	FABRICATO	ISAGEN
CONCRETO	FERRASA	PELDAR
CSL	HALCONES	SOFASA
EDUARDOÑO	HELISERVICE	TAMPA

Referencia: (Jiménez, 2006, 107)

#### 4.3.5 Recolección de datos

##### 4.3.5.1 Datos existentes

Figura 18. Niveles de mantenimiento en el estrato 6



Referencia: (Jiménez, 2006, 132)

La figura anterior muestra cómo la mayoría de las empresas se encuentran en el nivel instrumental de mantenimiento, según el enfoque Kantiano. En el nivel estratégico que es el más avanzado no se encuentra ninguna empresa y las empresas más avanzadas en mantenimiento se encuentran en el nivel táctico.

La siguiente tabla muestra cómo el 47 % de las empresas del sector 6 conocen del LCC pero no lo usan y en general ninguna empresa usa el LCC.

Tabla 6. Conocimiento y uso del *LCC* en el estrato industrial 6

<b>CONOCIMIENTO Y USO DEL <i>LCC</i> EN EL ESTRATO 6</b>		
<b>EMPRESA</b>	<b>CONOCEN EL <i>LCC</i>?</b>	<b>UTILIZAN EL <i>LCC</i>?</b>
CALDERAS JCT	NO	NO
CERVUNION	SI	NO
CONCRETO	NO	NO
CSL	SI	NO
EDUARDOÑO	NO	NO
ESTRA	NO	NO
FABRICATO	SI	NO
FERRASA	NO	NO
HALCONES	SI	NO
HELISERVICE	SI	NO
I.S.A	NO	NO
ISAGEN	SI	NO
PELDAR	SI	NO
SOFASA	NO	NO
TAMPA	NO	NO

Referencia: (Jiménez, 2006, 107)

#### 4.3.5.2 Aplicación de la encuesta

Los datos existentes muestran que el *LCC* no se está aplicando, sin embargo queda la posibilidad de analizar en que grado los métodos actuales que utilizan dichas empresas se aproximan a los criterios del *LCC*, para lo cual se pueden hacer, a todas las empresas que componen el estrato seis, las preguntas relacionadas con los puntos 2 y 3 del instrumento de medición mostrado en la Tabla 3, o sea:

2a ¿Utiliza su empresa alguna metodología para la evaluación económica de alternativas en la adquisición de equipos?

SI\_\_ NO\_\_

Si su respuesta anterior es positiva:

2b ¿Aparte del costo de adquisición y forma de pago, considera dentro del análisis de las alternativas el costo de operar y sostener dicho activo durante la vida útil?

SI\_\_ NO\_\_

2c ¿Considera dentro del análisis de las alternativas los costos de destino final o el ingreso por venta cuando termina su vida útil?

SI\_\_ NO\_\_

3 ¿Utiliza su empresa el costeo basado en actividades? SI\_\_ NO\_\_

Tabla 7. Resultados de la encuesta sobre aproximación al LCC

<b>RESULTADOS DE LA ENCUESTA</b>				
<b>EMPRESA</b>	2a	2b	2c	3
CALDERAS JCT	NO	NO	NO	NO
CERVUNION	SI	NO	NO	SI
CONCONCRETO	SI	SI	NO	NO
CSL	SI	SI	SI	SI
EDUARDOÑO	SI	NO	NO	NO
ESTRA	SI	NO	NO	NO
FABRICATO	SI	SI	NO	NO
FERRASA	SI	NO	NO	NO
HALCONES				
HELISERVICE				
I.S.A				
ISAGEN				
PELDAR	SI	NO	NO	NO
SOFASA				
TAMPA	SI	SI	SI	NO

Referencia: (Jiménez, 2006, 107)

Comentarios a algunas de las encuestas:

- CALDERAS JCT, contacto: Ing. Luis Alfonso Romero.  
Normalmente cuando los dueños de la empresa deciden comprar un equipo, lo hacen porque consideran que es bueno y en este caso el precio no es lo importante. Con respecto al costeo basado en actividades, no lo usan actualmente pero la empresa va a instalar un nuevo software que tiene la posibilidad de usar al ABC.
- EDUARDOÑO, contacto: ing. Carlos Maya.  
Ellos han elegido un grupo de proveedores a quienes les compran todo, con el propósito de unificar repuestos. En cuando al ABC, por lo menos en mantenimiento no se usa.
- FABRICADO, contacto: ing. Carlos Mario Tamayo.  
En la decisión final de compra pueden llegar a pesar más otros factores diferentes a operación y mantenimiento, por ejemplo, la capacidad de producción y la calidad, porque en cosas de la moda hay que comprar y decidir rápido. De todos modos mantenimiento participa y cuando compran la máquina ya se sabe con qué limitaciones vendría, entonces se preparan para ello.
- FERRASA, contacto: ing. Daniel Marulanda  
Ellos analizan qué, quien lo tiene, condiciones de pago, garantía, servicio de postventa. Entre el grupo de propuestas se elige el proveedor a quién se le debe comprar teniendo en cuenta, más que todo, que se sientan respaldados en lo técnico; por ejemplo: el número de visitas técnicas incluidas en la compra. Luego de lo anterior se procede a sustentar con el área financiera.

- PELDAR, contacto. Ing. Elkin Florez  
Ellos solo tienen en cuenta la depreciación a 10 años.

#### **4.4 CONCLUSIONES DE CAPITULO**

El objetivo de conocer el grado de desarrollo del *LCC* plantea una investigación de mercadeo, la cual requiere de un proceso serio, mediante la aplicación del método científico. Se sigue la metodología planteada por Jiménez y Donado, se utilizan los datos disponibles de su proyecto de grado y se aprecia cómo las empresas del Valle de Aburrá desconocen en su mayoría los conceptos *LCC* y las pocas que los conocen no los aplican.

## **5. CONCLUSIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES GENERALES**

El costeo del ciclo de vida *LCC* aunque es una metodología que se existe hace más de dos décadas, no es bien conocido en nuestro medio y por lo tanto su aplicación es prácticamente nula. Esto deja un mensaje claro de que el tema debe ser incluido en los programas académicos.

Los pocos profesionales que conocen la metodología *LCC* no la están aplicando en la práctica.

Las empresas que aplican el costeo basado en actividades tienen mejores posibilidades de hacer un buen aprovechamiento del *LCC*.

### **5.2 CONCLUSIONES DE LA METODOLOGÍA**

Los fundamentos teóricos sientan las bases para el proceso de investigación y son una base fundamental para poder hacer una exploración del medio, ya que permite conocer los factores claves a evaluar.

Un estudio de mercado que haga una clasificación científica de la industria frente al tema del mantenimiento industrial, es base fundamental para determinar el sector a evaluar.

El hecho de utilizar la información existente, como en este caso un proyecto de grado que hizo la estratificación de la industria, es fundamental para lograr resultados coherentes con la exploración del medio hecha por otros autores.

### **5.3 CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS**

Las empresas no están utilizando actualmente la metodología *LCC* y esto es explicable porque no existen empresas que se encuentren en el nivel estratégico de mantenimiento. Sin embargo es previsible que en un futuro tengan que acudir a ella forzados por un mercado global cada vez más exigente.

Las empresas del estrato 6, indiscutiblemente, van en esta dirección y se prevé que tengan que acelerar su ritmo hacia allá, por las mismas razones anteriores.

El hecho de que haya empresas que a pesar de conocer del *LCC* no lo estén aplicando, muestra que todavía no han sentido la presión suficiente de la competencia para ser más eficientes en este campo.

Los resultados marcan una clara necesidad del medio por capacitarse en los conocimientos y en la aplicación práctica del *LCC*.

En la toma de decisiones para la compra de activos pueden prevalecer otros conceptos no contemplados en el *LCC*, tales como la moda en negocios de temporada, la estandarización de los proveedores con el objetivo de unificar repuestos, servicio de postventa, etc.

Este estudio, unido al de Jiménez y Donado, muestra un campo que puede ser aprovechado por las empresas de consultoría y las instituciones de educación.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### 6.1 BIBLIOGRAFÍA CLÁSICA

BLANCHARD, B.; VERMA, D.; PETERSON, E. *Maintainability: A key to Effective Serviceability and Maintenance Management*. NY, USA: John Wiley & Sons, Inc., 1995. 537 p. ISBN 0-471-59132-7. L620.0045 B639 Biblioteca EAFIT.

CABREJOS, Belisario. *Investigación de mercadeo, segunda edición*. Medellín, Colombia: Centro de Publicaciones EAFIT, 1989. 480 p. ISBN 84-89338-15-9.

FABRYCKY, Walter J. *Análisis del Coste del Ciclo de Vida de los Sistemas*. Madrid, España: Isdefe, 1997. 147 p..

<http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/0/16B9FC916370A4D3C12570F90036EA83?OpenDocument>

HANSEN, Don R.; MOWEN, Maryanne M. *Administración de Costos: contabilidad y control*. Monterrey, Mexico: International Thomson Editores, S.A. de C.V. 1996. 505p. ISBN 968-7529-05-09.

JIMÉNEZ VERGARA, Cristian D.; DONADO MERCADO, Ernesto J. *Ubicación del nivel de gestión y operación de mantenimiento con el fin de detectar oportunidades en un estrato industrial del área metropolitana de la ciudad de Medellín*. Medellín, 2006, 149 p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad EAFIT. Facultad de Ingeniería Mecánica.

MITCHELL, Jhon S. *Handbook of Operating Equipment Asset Management. –Your 21<sup>st</sup> century competitive necessity*, 1<sup>st</sup> edition. USA: Pennsylvania State University, Applied Research Laboratory, P.O. Box 30, State College, PA 16804, (814) 865-9036. 1999.

MORA, Luis A. *Mantenimiento Estratégico para Empresas de Servicios Industriales*. Medellín, Colombia: AMG, 2006. 290 p. ISBN 958-33-8218-3.

NESS, Joseph A.; CUCUZZA, Thomas G. Harvard Business Riview: *Cómo medir el rendimiento de la empresa*. Bilbao, España: Ediciones Dusto S.A. 1999. 245p. ISBN 84-234-1650-X. L658.515 D794, biblioteca EAFIT.

REVECO Sepúlveda, Roberto. *Análisis Comparado de un Sistema de Costos de Producción Basado en Actividades (ABC) y Costeo Tradicional*. En: Revista Economía y Administración. Universidad de Concepción. Chile. Vol. 35, No. 50; (junio 1998); p. 23-59. ISSN 0716-0100.

RODRÍGUEZ, Alberto. *Artefactos: diseño conceptual*. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universitario EAFIT. 2003. 198p. ISBN 958-8173-31-0.

WIREMAN, Terry. *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*. New York, USA: Industrial Press, Inc., 1998. 195 p. ISBN 0-8311-3080-0.

## 6.2 BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

Barringer@, 2002

BARRINGER, H. Paul. *Life Cycle Cost Issues* (10/07/2002). Consultado en enero de 2006, <http://www.barringer1.com/lcc.htm>

Barringer@, 1996

BARRINGUER, H. Paul. *Life Cycle Cost Tutorial*. Fifth International Conference on Process Plant Reliability. Houston, Texas, USA: Marriott Houston Westside, October 2-4, revised December 2, 1996.

<http://www.barringer1.com/pdf/lcctutorial.pdf#search='life%20cycle%20cost%20tutorial'>

Barringer@, 1997

BARRINGUER, H. Paul. *Life Cycle Cost & Reliability for Process Equipment*. 8th Annual Energy Week Conference & Exhibition. Houston, USA: George R. Brown Convention Center, January 28-30, 1997.

[http://www.barringer1.com/pdf/lcc\\_rel\\_for\\_pe.pdf](http://www.barringer1.com/pdf/lcc_rel_for_pe.pdf)

Barringer@, 1998

BARRINGUER, Paul. *Life Cycle Cost And Good Practices*. NPRA Maintenance Conference. San Antonio, USA: San Antonio Convention Center, May 19-22, 1998.

[http://www.barringer1.com/pdf/lcc\\_gp.pdf](http://www.barringer1.com/pdf/lcc_gp.pdf)

Barringer@, 2002

BARRINGER, H. Paul. *Life Cycle Cost Issues* (10/07/2002). Consultado en enero de 2006, <http://www.barringer1.com/lcc.htm>

Emblemsvåg, 2001

EMBLEMSVÅG, Jan. *Activiy-based life-cycle costing*. Managerial Auditing Journal. 16/1 (2001) 17-27.

Consultado en abril de 2006, <http://www.emblemsvag.com/download.htm>

Iglesias@, 2005

IGLESIAS, Daniel H. *Relevamiento exploratorio del análisis del ciclo de vida de productos y su aplicación en el sistema agroalimentario*. Contribuciones a la Economía, febrero 2005. Consultado en Abril de 2006. [www.eumed.net/ce/2005/dhi-acv.htm](http://www.eumed.net/ce/2005/dhi-acv.htm)

Jusu@, 2006

JUSU, Jang. *An Introduction of Life Cycle Cost*. Relex Asia. Consultado en Abril de 2006. [jsjang@relexasia.co.kr](mailto:jsjang@relexasia.co.kr). <http://www.tsminc.co.jp/download/relexsemi2/LCC.pdf>

## 6.3 BIBLIOGRAFÍA NO CONVENCIONAL

ORTIZ, Germán. *Memorias de clase de Terotecnología*. Especialización en Mantenimiento Industrial. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia: Nov 2005. [gortiz@ISA.com.co](mailto:gortiz@ISA.com.co)

PARRA, Carlos. *Revisión del impacto de los costes de fiabilidad dentro de las técnicas modernas de análisis de coste de ciclo de vida (ACCV)*. Venezuela: PDVESA, 2003. [pcarlos@cantv.net](mailto:pcarlos@cantv.net)