

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo
Departamento de Ingeniería Industrial.

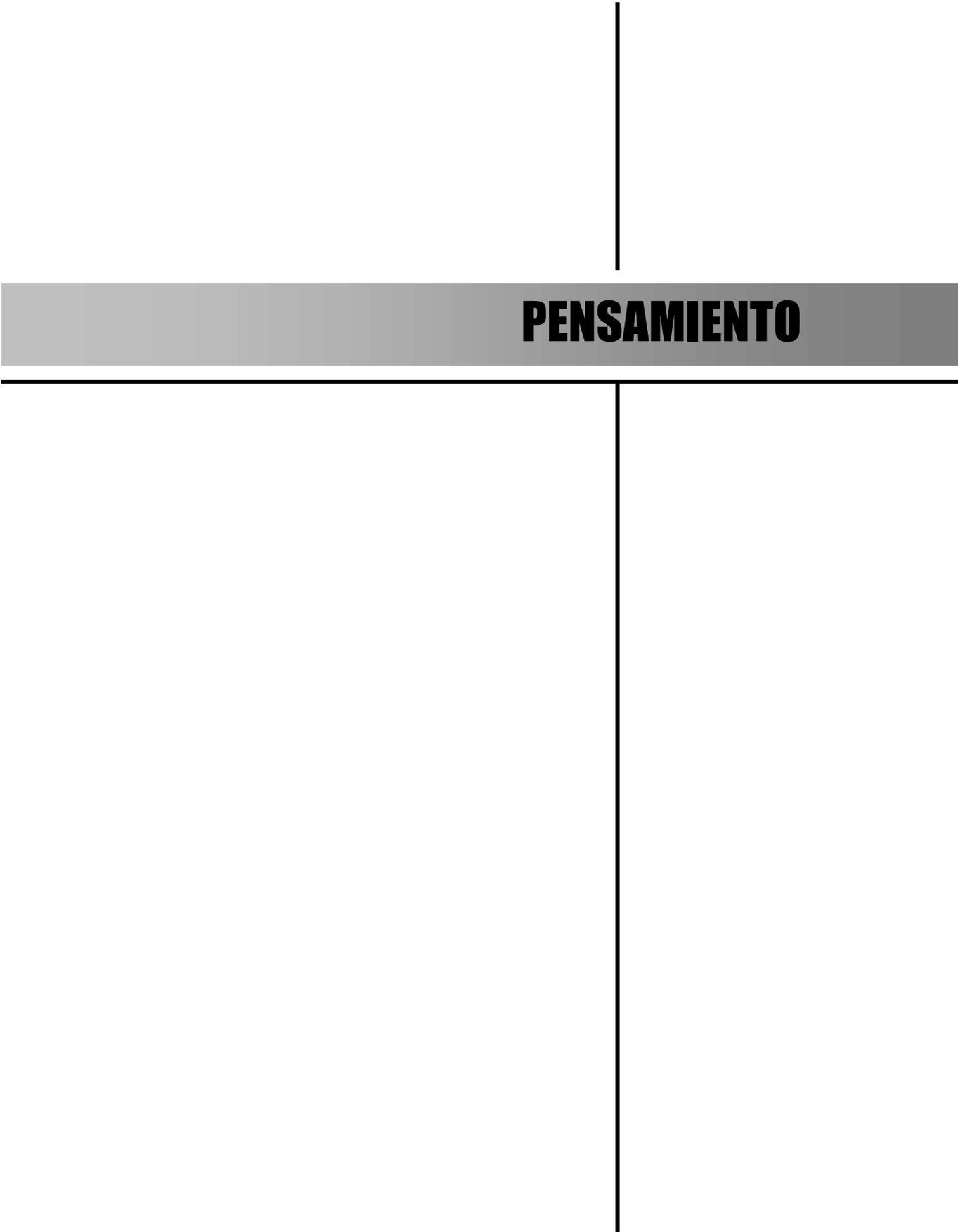


Trabajo de Diploma Trabajo de Diploma

IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN SOBRE EL EQUIPAMIENTO PRODUCTIVO EN LA “FABRICA DE FUSIBLES Y DESCONECTIVOS”

**Autora: Yenima Mesa Gómez.
Tutor: M. Sc. Yasel José Costa Salas.**

Curso 2008-2009



PENSAMIENTO

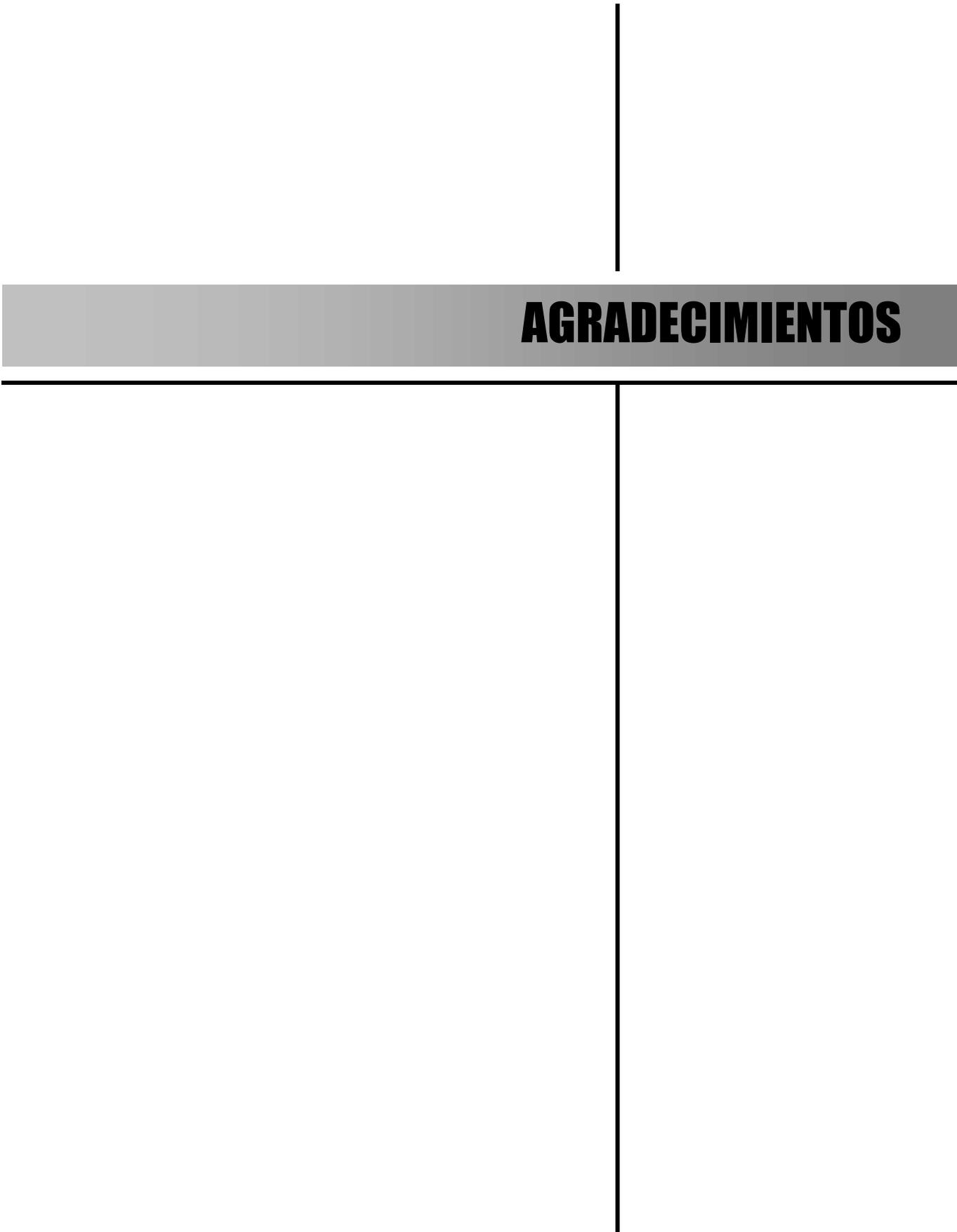
El estudio es un mérito; pero la imitacion es un error.

José Martí.



DEDICATORIA

*Se lo dedico a la ciencia generadora de toda clase de
verdades*



AGRADECIMIENTOS

- ✓ *A mi madre y a mi Tía que me han apoyado durante toda mi vida.*
- ✓ *A mis buenos amigos que me iluminan con su apoyo.*
- ✓ *A mi querido primo Ariel por su entrega incondicional.*
- ✓ *A mi sobrina Marisesy que con su dulzura equilibra mi vida.*
- ✓ *A todos mis profesores y en especial a mi amigo Rainer y a mi tutor Yael José Costa Salas que han estado a lo largo de mi formación como profesional.*
- ✓ *A todos los que de una forma u otra tuvieron que ver con esta tesis, gracias de corazón.*

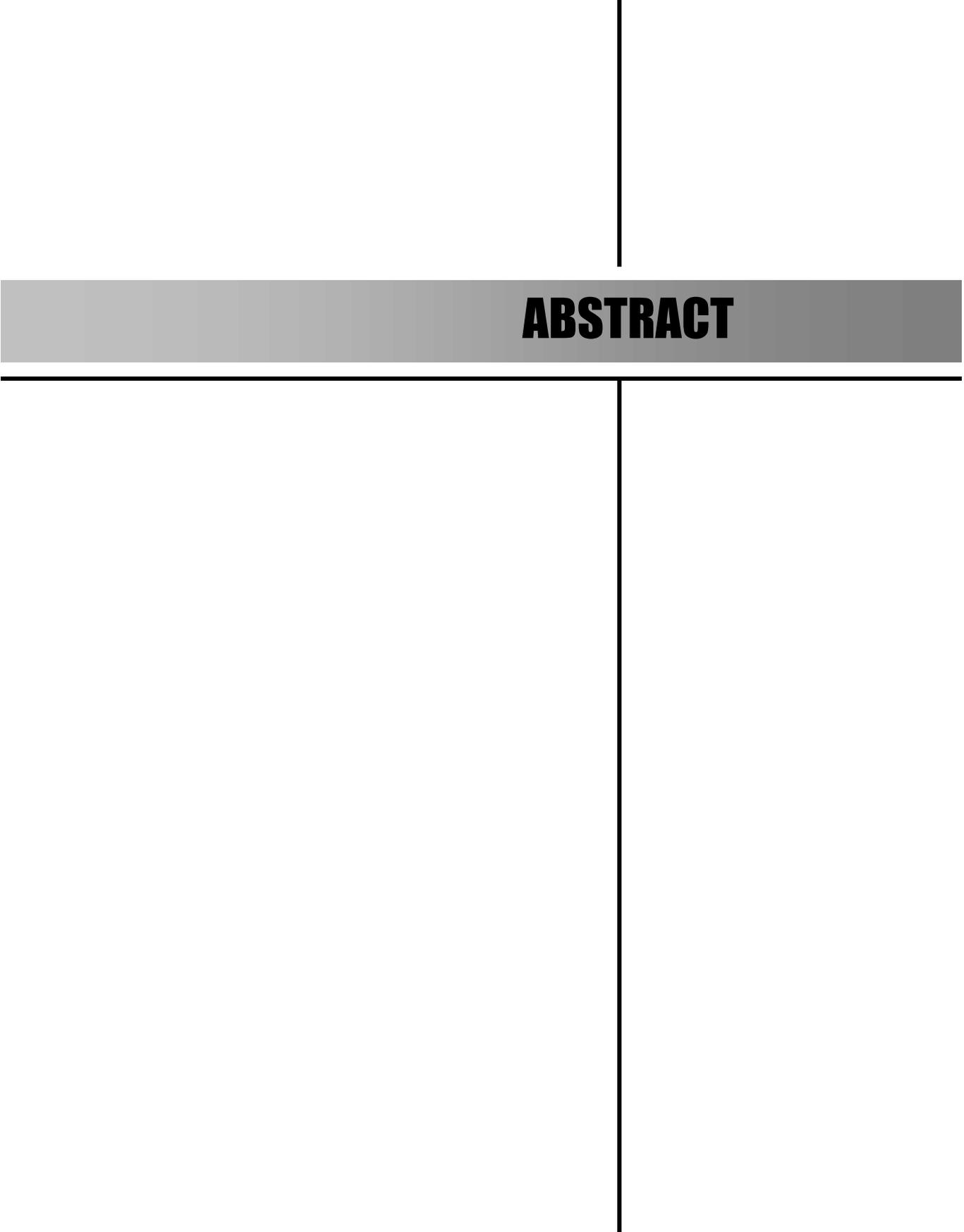


RESUMEN

RESUMEN

El presente trabajo de diploma fue realizado en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”, el mismo tiene como objetivo general identificar las oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo en la empresa antes mencionada, mediante el mejoramiento y aplicación de un procedimiento con carácter multicriterial, desarrollado para empresas manufactureras cubanas. La empresa tiene la necesidad de buscar nuevos mercados, pero la tecnología, sobre todo el equipamiento obsoleto le imposibilita aspirar a una posición competitiva a nivel internacional. El motivo fundamental para realizar esta investigación estuvo en que la empresa, en correspondencia con sus objetivos estratégicos, está enfocada hacia a la paulatina modernización de su equipamiento productivo. La misma por su parte no cuenta con un procedimiento, que en función del objetivo anterior, permita asignar de una forma efectiva los escasos recursos de que dispone, por lo que requiere de la aplicación de un procedimiento mejorado que permita de forma objetiva identificar oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo.

En la investigación se utilizaron una serie de técnicas de Investigación de Operaciones, las cuales, unidas al enfoque multicriterio empleado y a la inclusión de nuevas expresiones matemáticas, permitieron la obtención de herramientas que se sustentan en los objetivos, prioridades y necesidades de estas organizaciones cubanas. La aplicación del procedimiento mejorado en la empresa permitió validar las herramientas propuestas, así como comprobar la elevación de la efectividad en la toma de decisiones en este proceso.



ABSTRACT

ABSTRACT

The present research was carried out in the EPEM company; the same one has before as general objective to develop the identification of the investment opportunities on the productive equipment in the plant study object mentioned, by means of the improvement and application of a procedure with character multicriterial, developed for companies Cuban manufacturers. The company has the necessity to look for new markets, but the technology, mainly the obsolete equipment disables him to aspire to a competitive position at international level. The fundamental reason to carry out this research was in that the company, in correspondence with its strategic objectives; it is directed to the gradual modernization of its productive equipment. The same one on the other hand doesn't have a procedure that in function of the previous objective, allow to assign in an effective way the scarce resources that it prepares, for what requires of the application of an improved procedure that it allows in an objective way to identify investment opportunities on the productive equipment.

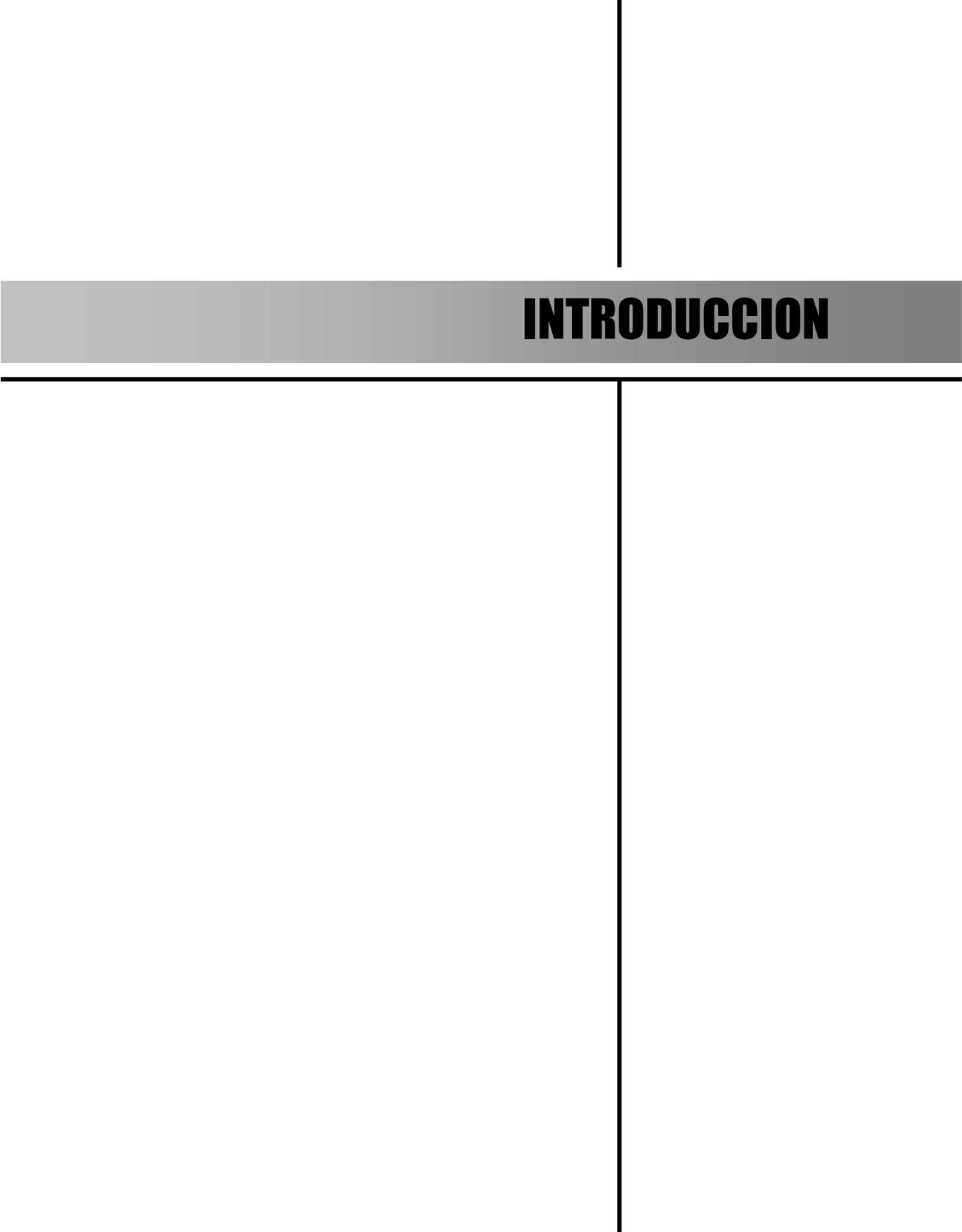
During the research they were used a series of Operation Research Techniques, those which, together to the focus used multicriterial and the inclusion of new mathematical expressions, they allowed the obtaining of tools that they are sustained in the objectives, priorities and necessities of these Cuban organizations in the context as much as national as international. The application of the improved procedure in the company allowed to validate the proposed tools, as well as to check the elevation of the effectiveness in the decisions making on this process.



INDICE

INDICE

Introducción	1
Capítulo I Marco teórico y referencial	5
1.1 Estrategia para la construcción del marco teórico y referencial de la investigación	5
1.2 Los activos fijos tangibles como elementos indispensables para el logro de ventajas competitivas	5
1.3 Tipos de inversiones sobre el equipamiento productivo	9
1.4 Identificación de las oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo	12
1.5 Indicadores para la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo.	19
1.5.1 Calidad	19
1.5.2 Eficiencia	21
1.5.3 Impacto ambiental	22
1.6 Principales regulaciones y disposiciones del proceso inversionista en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”	24
1.7 Conclusiones parciales	25
Capítulo II Procedimiento para la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”	27
2.1 Introducción	27
2.2 Proceso de identificación de las oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo	27
2.2.1 % de productos de buena calidad	29
2.2.2 Índice de Eficiencia Media Comparativa	31
2.2.3 Índice Relativo de Impacto Ambiental	34
2.2.4 Índice de Funcionalidad (F)	35
2.2.5 Importancia relativa del equipo en el proceso	36
2.2.6 Nivel de obsolescencia tecnológica	36
2.3 Conclusiones Parciales	41
Capítulo III Identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”	42
3.1 Introducción	42
3.2 Caracterización de la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”	42
3.3 Aplicación del procedimiento para la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”	44
3.4 Análisis Costo-Beneficio.	52
3.5 Conclusiones Parciales	54
Conclusiones Generales	55
Recomendaciones	56
Bibliografía	
Anexos	



INTRODUCCION

INTRODUCCION

En la actualidad la empresa cubana tiene que enfrentar innumerables retos propios de la situación actual que vive el mundo. Se está viviendo en una era de revolución tecnológica donde se trata de vender más y más conocimientos, y menos recursos materiales. Bajo estas condiciones la empresa cubana está librando una extensa batalla por lograr altos índices de eficiencia económica que le permitan insertarse en el mercado internacional con productos cada vez más competitivos.

Hoy en día plantean nuevos desafíos que es necesario enfrentar de una manera diferente, acorde con las circunstancias. El derrumbe del campo socialista y el recrudescimiento del bloqueo económico de más de 40 años impuesto a Cuba por parte de Estados Unidos, la potencia hegemónica más brutal que ha conocido la historia, han creado una situación económica complicada para nuestro país. En medio de esta situación, la empresa cubana ha comenzado a desarrollar un proceso de perfeccionamiento empresarial para garantizar el incremento de la calidad de la producción y el uso racional de los recursos, así como utilizar coordinadamente los hombres, equipos, materiales, energía e información en conjunto con el medio ambiente.

Las necesidades para transferir tecnologías y know-how ambientalmente sanas y convenientes para la región de América Latina y el Caribe, deberán identificarse a la luz de las disponibilidades de los recursos naturales y humanos para realizarlo. En estos países hay una diversidad de recursos naturales que son técnica y económicamente viables para desarrollarse y todo depende de la evolución y definición de una política gubernamental y la voluntad de toda una nación para realizarlo. Las oportunidades de transferir tecnología y más aún desarrollar tecnología (un status más avanzado) se originan mediante el establecimiento de una estrategia para la promoción de inversiones que permitan el desarrollo económico sustentable de un país. La búsqueda continua de la competitividad es la clave para el éxito de la estrategia de promoción de inversiones y, por lo tanto, de transferir tecnología. El desarrollo de la tecnología será fundamental para lograr el desarrollo sostenible de los países.

Las empresas cubanas no escapan al impacto de este escenario mundial, luchan por acercarse a los índices de producción a escala global, por lo que están enfrascados por mejorar su posición en el mercado y se esfuerzan cada vez más por defenderla. No obstante, eso no ha sido así en todas las empresas, algunas se han quedado atrás en el proceso de mejora continua de su gestión interna mostrando un bajo desempeño para producir bienes o servicios, los cuales le han impedido retar la competencia.

Un ejemplo de lo anteriormente expuesto lo constituye la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”, la cual tiene como objetivos estratégicos para este año 2009:

1. Alcanzar valores de producción y ventas superiores a los 15,9 millones de pesos, lo que significa un crecimiento del 7 %.
2. Lograr la expansión de la fábrica creciendo en nuevas áreas productivas y de almacenamiento.
3. Integrar e introducir nuevos productos a través de un fuerte proceso inversionista.
4. Mejorar el equipamiento tecnológico y de Laboratorio.
5. Garantizar los niveles de aseguramiento material que demandan nuevas producciones.
6. Continuar el desarrollo tecnológico de nuestras producciones permitiendo mayor satisfacción a las demandas de la UNE.
7. Implantar medidas que permitan incrementar los resultados por concepto de ahorro de materias primas y materiales, así como de energía.
8. Lograr la mejora continua mediante la aplicación de los sistemas de gestión.
9. Mantener una contabilidad confiable y oportuna.
10. Evaluar el cumplimiento de los indicadores fundamentales de trabajo y salario.
11. Asegurar el cumplimiento de las tareas relacionadas con la preparación para la defensa.
12. Minimizar los riesgos a la salud de los trabajadores manteniendo en cero los accidentes de trabajo. Mejorar los indicadores de rendimiento económico en función de elevar las ganancias y los aportes al país.

La misma fue inaugurada en el año 2000, antes de ese año pertenecía al Ministerio de Educación (MINED) y su prestación de servicio estaba dirigida a las necesidades de la Escuela Politécnica “Lázaro Cárdenas”. Actualmente la entidad lleva como nombre “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”. Entre sus características específicas se tiene que: su pertenencia ramal es a la Unión Eléctrica, perteneciente al Ministerio de la Industria Básica. Por el nivel de concentración en cuanto al número de trabajadores es pequeña porque solo cuenta con 82 trabajadores, aunque tienen aprobada una plantilla de 90 trabajadores. El nivel de especialización es universal, el proceso productivo está organizado por partidas o unidades, la producción es seriada y se produce de forma manual mecanizada.

La empresa tiene la necesidad de buscar nuevos mercados, pero la tecnología, sobre todo el equipamiento obsoleto le imposibilita aspirar a una posición competitiva a nivel internacional. Es por ello que uno de las líneas de trabajo fundamental de la empresa, en correspondencia con

sus objetivos estratégicos, está dirigida a la paulatina modernización de su equipamiento productivo.

La empresa por su parte no cuenta con un procedimiento, que en función del objetivo anterior, permita asignar de una forma efectiva los escasos recursos de que dispone. Todo lo que se expone anteriormente es una síntesis de la situación problemática de la investigación.

En investigaciones anteriores que han incluido este sector (Abreu Ledón, 2004) se ha obtenido como resultado un procedimiento que permite abarcar las diversas etapas del proceso de inversión sobre el equipamiento productivo. Dicho instrumento, como cualquier obra humana, no está exento del mejoramiento continuo y como bien ha reconocido su autor en su tesis doctoral, una de los principales aspectos en que se pueden dirigir investigaciones futuras es en la reducción de la subjetividad, a través del estudio más detallado de algunos de los indicadores presentes en la etapa de identificación (obsolescencia tecnológica e importancia del equipo en el proceso). Por todo lo anterior, se puede plantear como problema científico de esta investigación:

Para mejorar la efectividad en la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”, se requiere de la aplicación de un procedimiento científicamente argumentado con carácter multicriterial; lo cual exige de un proceso de investigación científica que conduzca al mejoramiento, a partir de la reducción de la subjetividad, de un instrumento desarrollado para las empresas manufactureras cubanas.

El objetivo general de la investigación es *desarrollar la identificación de las oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo de la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”, mediante el mejoramiento y aplicación de un procedimiento con carácter multicriterial, desarrollado para empresas manufactureras cubanas.*

Los objetivos específicos de la investigación se abordaran a continuación:

- I. Realizar una revisión crítica de la bibliografía especializada sobre los tipos de inversión con respecto a los activos fijos.*
- II. Caracterizar el proceso inversionista sobre el equipamiento productivo, con énfasis en la fase de identificación de alternativas de inversión, en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”.*
- III. Mejorar el procedimiento de identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo desarrollado por Abreu Ledón (2004) a partir de la reducción de la subjetividad en el análisis de algunos de sus criterios o indicadores.*
- IV. Aplicar el procedimiento mejorado en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”.*

Como hipótesis del trabajo de diploma se formuló, el mejoramiento y aplicación de un procedimiento científicamente argumentado y con carácter multicriterial, el cual permitirá incrementar la efectividad del proceso de identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”.

La comprobación de la hipótesis de la investigación se evidenció en el capítulo III de la tesis, además de otros beneficios de carácter cualitativos.

El trabajo de diploma se estructuró de la siguiente forma:

Capítulo I: Se realizó una minuciosa revisión bibliográfica acerca de los activos fijos, los tipos de inversión sobre el equipamiento productivo, así como las investigaciones desarrolladas en el campo de la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo.

Capítulo II: Se desarrolló un procedimiento para la identificación de oportunidades sobre el equipamiento productivo, basado en el propuesto por Abreu Ledón [2004] con la inclusión de expresiones matemáticas para el análisis de dos indicadores.

Capítulo III: Aplicación del procedimiento mejorado para la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”.

La investigación que se desarrolla, implica la aplicación de técnicas de Investigación de Operaciones, herramientas estadísticas, así como el desarrollo de expresiones matemáticas de apreciable complejidad, a todo esto se suma el trabajo con expertos, técnica bien conocida en el mundo de la ingeniería.



CAPITULO I

CAPITULO I MARCO TEORICO Y REFERENCIAL

1.1 Estrategia para la construcción del marco teórico y referencial de la investigación

Partiendo del problema científico a resolver en la investigación, precisado en la introducción de este trabajo de diploma, la estrategia seguida por el autor para la construcción del marco teórico y referencial (ver Figura 1.1) se estructuró de forma tal que permitiera el análisis del estado del arte y de la práctica en la temática objeto de estudio, permitiendo sentar las bases teórico-prácticas del proceso de investigación. Se realizó un análisis crítico de la bibliografía y otras fuentes con vistas a precisar los principales aspectos conceptuales involucrados en la investigación, enfatizando en las herramientas existentes para gestionar el proceso de inversión en la etapa de identificación de proyectos.

Además, se analizó el estado actual del proceso inversionista en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”, a partir de las disposiciones y resoluciones que lo rigen.

1.2 Los activos fijos tangibles como elementos indispensables para el logro de ventajas competitivas

Una definición bastante breve de activo fijo es brindada por la Universidad Central del Ecuador [2004], al considerarlos como aquellos bienes permanentes y derechos que la empresa utiliza en el desarrollo de sus actividades. Según esta institución y otros autores como Weston & Brigham [1994], White & James [2000], Gitman [2003] y Office of Financial Management [2004] los activos fijos se clasifican en tangibles e intangibles, teniendo en cuenta el carácter material o inmaterial de los mismos. De ellos, son de especial atención en esta investigación los activos fijos tangibles, los cuales han recibido varias denominaciones, dadas por diferentes autores. Además de activos fijos tangibles [Kohler, 1990 y FreeAdvice, 2004], algunos los llaman medios básicos productivos [Cruz Pérez, 1985; Marrero, 1986; Portuondo Pichardo, 1990], como bienes de producción [Thuesen *et al.*, 1993] y otros [García, 1999; Baca, 2000; Gómez, 2000; Idárraga, 2003] los llaman activos físicos. Muchas veces se les llama simplemente equipos, equipamiento o instalaciones.

Los autores consultados en la literatura especializada, establecen conceptos bastante coincidentes sobre activos fijos tangibles. La diferencia mayor radica en que algunos resaltan sólo las características de estos activos, mientras que otros, incluyen aspectos relacionados con su utilización.

En este sentido, autores como Ricolt [1990] y Rivera Marengo [2004] consideran a los activos fijos tangibles como un conjunto de bienes que participan en más de un período, sin perder su

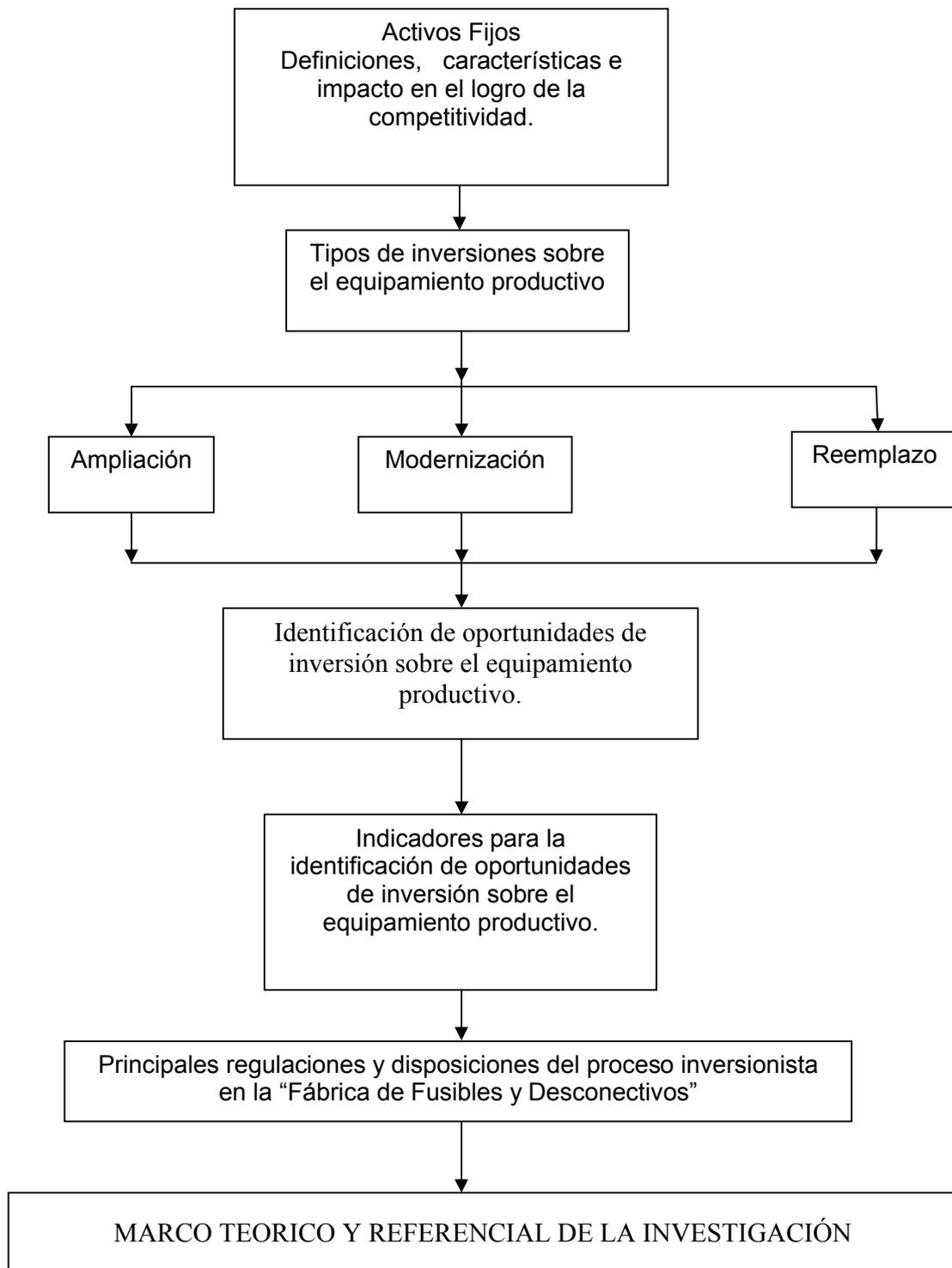


Figura 1.1 Estrategia seguida en el análisis de la bibliografía para la construcción del marco teórico y referencial de la investigación.
Fuente: Elaboración propia.

forma natural durante toda su vida útil. Esta definición, al centrarse solamente en las características físicas de los bienes, resulta quizás demasiado general e incompleta.

Por su parte, Portuondo Pichardo [1990] ofrece una conceptualización más detallada, al considerar a los activos fijos tangibles como aquellos medios de trabajo que se utilizan para producir bienes, prestar servicios o realizar la actividad comercial y que crean las condiciones necesarias para el funcionamiento ininterrumpido de la actividad dada. Según este autor se incluyen en este concepto, por ejemplo, edificios, construcciones, máquinas y equipos, medios de transporte, etcétera. Se excluyen los utensilios, herramientas y similares, que por su escaso valor o rápido desgaste se consideran como medios de rotación.

En Cuba, el antiguo Comité Estatal de Finanzas [1979] consideró a los activos fijos tangibles como aquellos objetos materiales con una duración de más de un año. Según este comité, cuando la duración y las características de un objeto no resulten suficientes para definir su clasificación como activo fijo, se aplica el criterio de que su valor exceda de cien pesos.

De los diferentes conceptos se pueden extraer algunas características de los activos fijos tangibles, entre las que se encuentran:

- Son objetos físicos.
- Son medios que participan en el proceso de producción más de una vez.
- Tienen vida limitada.
- Pierden su valor a medida que se desgastan.
- Transfieren su valor al producto en cuya elaboración participan.

Para los objetivos de esta investigación resulta de gran utilidad la clasificación en siete grupos de los activos fijos tangibles (ver Anexo 1), establecida por el Ministerio de Finanzas y Precios [2004].

El peso específico de cada uno de los grupos de la clasificación respecto al total se conoce como estructura de los activos fijos. En la mayoría de las empresas manufactureras existe la tendencia a incrementar la proporción del grupo correspondiente a máquinas y equipos productivos, que constituyen la llamada parte activa de los activos fijos, ya que esto implicaría mayor producción por cada peso invertido de los mismos [Portuondo Pichardo, 1990].

Lo anterior justifica, en cierta medida, la decisión de abarcar en esta investigación solamente la parte de los activos fijos tangibles referida al equipamiento productivo. Además, enfatiza la importancia de los resultados que de ella se obtienen.

Una de las características más importantes de los activos fijos tangibles, y en especial del equipamiento productivo, es el desgaste a que están sometidos. Durante su explotación, van perdiendo sus cualidades productivas: los edificios se deterioran, las máquinas pierden ajuste y

capacidad, algunas instalaciones se corroen y determinadas partes sufren fatiga. Sobre las edificaciones influyen principalmente fenómenos naturales como los rayos solares, la lluvia, el viento y los movimientos de la corteza terrestre. Sobre las máquinas inciden el desgaste mecánico, la fatiga, el desgaste molecular y la corrosión [Portuondo Pichardo y Pérez Tejeda, 1994]. Todo esto puede resumirse como desgaste material o físico.

Además, los activos fijos tangibles también están sometidos a desgaste moral, el cual se caracteriza por la pérdida de valor, que se manifiesta aunque estos se mantengan inalterables en su forma material. Este desgaste se expresa en la pérdida de valor de las máquinas en la medida en que pueden producirse otras del mismo tipo a un precio menor o que les hagan la competencia.

Según Derkach [1986], las causas del desgaste moral pueden ser diversas, señalando entre ellas:

1. El desarrollo científico-técnico que permite adquirir equipos de mayor productividad al mismo costo.
2. El aumento de la productividad social del trabajo, que permite adquirir equipos del mismo tipo a menor costo.
3. La combinación de las causas anteriores, que conducen a la producción de equipos del mismo tipo, con rendimientos superiores y, por ende, de mayor eficiencia que los existentes.

El desgaste del equipamiento productivo, ya sea físico o moral, deberá considerarse como un elemento básico a la hora de analizar el proceso inversionista sobre este tipo de activos.

La identificación del desgaste físico requerirá de información sobre el equipo bajo estudio que se deberá recolectar en el interior de la empresa. Identificar el desgaste moral, por su parte, precisa de mayor esfuerzo en la gestión de información para obtener no sólo información interna a la empresa, sino también mantenerse informado sobre avances tecnológicos que permitan la realización de comparaciones.

Lo anterior, es de gran importancia para las economías subdesarrolladas, como es el caso cubano, que se convierten, la mayoría de las veces, en receptoras de tecnologías de países desarrollados, corriendo el riesgo de adquirir equipos con un grado avanzado de obsolescencia, o ambientalmente insostenible.

Debido al desgaste físico y moral, los activos fijos tangibles se ven envueltos en un proceso de pérdida de valor, denominado depreciación [Portuondo Pichardo, 1990]. Otros autores como Peters & Timmerhaus [1968], Kohler [1990] y Thuesen *et al.* [1993] han abordado este concepto estableciendo las principales causas en el deterioro físico, los avances tecnológicos, los cambios económicos u otros factores, los cuales finalmente conducen al retiro del activo.

De Garmo [1960] reconoció tres tipos de depreciación: la normal (física o funcional), la que se debe a cambios en el nivel de precios y la debida al agotamiento. Sin embargo, Thuesen *et al.* [1993] plantean que el agotamiento se diferencia, en teoría, de la depreciación, en que la última es resultado del uso y del paso del tiempo, mientras que el primero es la consecuencia de la remoción intencional por partes, de ciertas clases del activo, es decir, que el agotamiento se refiere a una actividad que tiende a terminar con una oferta.

Un activo fijo tangible se consume en realidad en la producción de bienes y servicios y su depreciación constituye un costo de producción.

Muy relacionado con el concepto de depreciación está el de amortización. Según Portuondo Pichardo [1990], la amortización es el proceso de traslado de valores de los activos fijos a las producciones terminadas. Kohler [1990] plantea que es la extinción gradual de cualquier cantidad de dinero durante un período, una reducción del valor en libros de una partida de activo fijo; un término genérico para depreciación, agotamiento, baja en libros o la extinción gradual en libros de una partida o grupo de partidas de activo de vida limitada. Estos autores coinciden con lo que ya habían planteado Peters & Timmerhaus [1968] en cuanto a que los términos amortización y depreciación son usados casi siempre intercambiabilmente, sólo que la primera está usualmente asociada con un período definido de distribución de costos, mientras que la depreciación usualmente tiene que ver con un período desconocido o estimado sobre el cual los costos del activo fijo son distribuidos.

En definitiva, puede plantearse una diferenciación entre ambos conceptos, considerando que la depreciación se manifiesta en la fase de ejecución de la producción, mientras que la amortización lo hace en la fase de realización.

Además de las anteriores, una de las características fundamentales de los activos fijos tangibles está en su incidencia en los resultados de la empresa, en el logro de la competitividad. Según Cantillo [1998] la obsolescencia del equipamiento provoca para la empresa desventajas frente a sus competidores que poseen equipos más modernos y eficientes. La competitividad ha sido definida por varios autores, la misma está muy ligada a los conceptos de eficacia, eficiencia y efectividad. A pesar de que el análisis de estos conceptos y definiciones no es objetivo de esta investigación, se pueden encontrar referencias a ellos en las obras de, por ejemplo Stoner [1985]; Martínez [1992]; Bain [1993]; Drucker [1993]; ISO 9000 [1999]. En esencia, la competitividad se manifiesta a través de lo que algunos llaman prioridades competitivas, destacándose entre ellas: costo, calidad y confiabilidad del producto, velocidad de entrega, confiabilidad en la entrega, capacidad para afrontar cambios en la demanda, flexibilidad y velocidad de introducción de nuevos productos, etcétera. [Hill, 1994; Chase *et al.*, 2000].

En el logro de la gran mayoría de estas prioridades desempeñan un papel importante los activos fijos tangibles y en especial el equipamiento productivo. Es por ello, que al analizar las inversiones sobre estos activos, se deberán tener presentes, como elementos rectores todas estas prioridades.

1.3 Tipos de inversiones sobre el equipamiento productivo

Para garantizar una incidencia exitosa del equipamiento productivo en los resultados competitivos de la empresa, es necesario atender sistemáticamente los distintos factores que definen su desempeño y que pueden conducir a la realización de determinadas inversiones sobre estos activos. Cuando se observa el ciclo de vida de los activos fijos en una empresa (ver Figura 1.2) se puede notar que existe un momento en que se precisa ejecutar algunas acciones de mantenimiento o de inversión. Para el caso de este trabajo de diploma son de interés las acciones de inversión, las cuales no sólo son causadas por el uso del activo sino que existen otros factores externos que serán analizados con posterioridad.

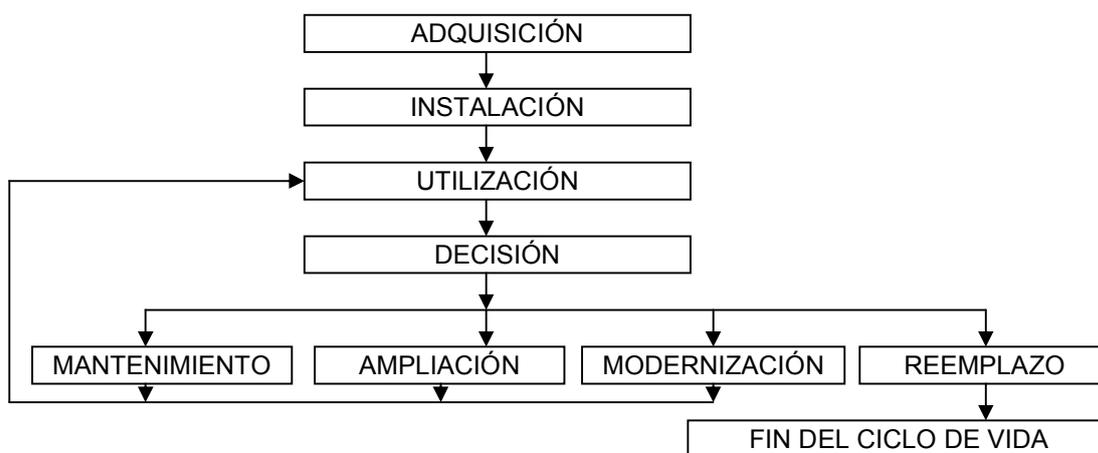


Figura 1.2 Ciclo de vida de los activos fijos. Fuente: De la Paz Martínez [1996].

Varios autores consultados en la literatura especializada han abordado la temática de las inversiones sobre los activos fijos, apreciándose similitudes en cuanto a las clasificaciones de estas. En este sentido, Omarov [1971] clasifica las inversiones en activos fijos como:

1. Inversiones de renovación.
2. Inversiones de expansión.
3. Inversiones de modernización o de innovación.

Para este autor, las inversiones de renovación son aquellas cuyo objetivo es sustituir las que han envejecido, que están en desuso o son antieconómicas. Las inversiones de expansión comprenden lo que es conocido como decisiones de ampliación de capital y su objetivo es organizar el crecimiento dinámico de la empresa. Las inversiones de modernización o de innovación procuran que en el futuro la producción de la empresa pueda mantener y mejorar su situación en el mercado. El objetivo de este tipo de decisiones es facilitar los esfuerzos para reducir los costos de la empresa.

Aunque Omarov realiza una clasificación bastante concreta y abarcadora de los tipos de inversiones, en el caso de los objetivos de estas se centra solamente en aspectos de carácter económico, obviando algunos relacionados con la seguridad y bienestar de los trabajadores, así como el cuidado del medio ambiente.

Otros autores, [Dean, 1974; Portuondo Pichardo, 1990; Gitman, 2003] ofrecen clasificaciones bastante similares empleando los términos reemplazo, modernización y ampliación. Esta clasificación será la que se adopte en esta investigación, justificado esto por la sencillez de los términos y su frecuencia de uso en las empresas en la actualidad.

El término reemplazo es el más abordado en la literatura especializada, planteándose sugerencias en cuanto a la forma de realizarlo y el momento idóneo para ello. Goldman & Slattery [1964] lo aprecian como remover artículos que están llegando al final de su vida útil máxima o al intervalo de tiempo especificado para artículos revisados o reparados y la instalación de artículos duraderos en su lugar.

Varios autores, entre ellos Kohler [1990], consideran iguales los términos reemplazo y renovación y los definen como la sustitución de una partida de activo fijo por otra, particularmente de una partida vieja por una nueva o de una parte nueva en vez de una parte vieja.

Se puede expresar que el reemplazo no es más que la sustitución de un activo fijo viejo por uno nuevo o de uso, pero, para realizarlo, deben estar presentes algunos factores que lo justifiquen. Un factor importante es la disposición de reemplazar máquinas cuando es rentable hacerlo, en lugar de esperar a que ya no funcionen.

Para De Garmo [1960] y Franco Cuartas [2003] hay tres razones básicas para reemplazar o retirar una propiedad o equipo existente: el deterioro físico, la insuficiencia y la obsolescencia. Por su parte, Thuesen *et al.* [1993] reducen a dos dichas razones: el deterioro físico y la obsolescencia, considerándolos suficientes para decidir un reemplazo.

El deterioro físico se refiere únicamente a cambios en las condiciones físicas del activo, puede conducir a una declinación en el valor del servicio prestado, a costos operativos mayores, al

aumento de los costos de mantenimiento o a una combinación de éstos. La obsolescencia describe los efectos que producen sobre un activo fijo los cambios que se generan en el medio externo; se presenta como resultado del mejoramiento continuo de los medios de producción. El deterioro físico y la obsolescencia pueden ocurrir de manera independiente o presentarse conjuntamente.

Para llevar a cabo un reemplazo de manera correcta, se debe partir de las condiciones que se manifiesten en la organización empresarial, siendo esto presentado por diversos autores. En este sentido, Alford [1953] planteó que en la elección del reemplazo hay que tener en cuenta dos aspectos fundamentales, uno de ellos técnico y el otro económico, que responden a las preguntas siguientes:

1. ¿Hará la máquina elegida el trabajo necesario de la mejor manera posible, con el grado de exactitud exigido y con la capacidad necesaria?
2. ¿Estará justificado económicamente por los ahorros realizados en costo, tiempo, calidad del trabajo, mano de obra, materiales, método de trabajo y control de la producción?

Varios autores, entre ellos Schweyer [1955] y Sasieni *et al.* [1982], se refirieron a las razones para reemplazar, las cuales incluyen un aumento de la capacidad o una reducción en el costo o ambas cosas a la vez.

Peters & Timmerhaus [1968] proponían dividir las razones para hacer el reemplazo en dos tipos generales:

1. Una propiedad existente debe ser reemplazada con el objetivo de continuar la operación y cumplir con las exigencias requeridas para el servicio o la producción.
2. La propiedad existente es capaz de producir los servicios o productos necesarios, pero equipos o propiedades más eficientes están disponibles y pueden operar con gastos inferiores.

Selivanov [1972], Figuera Andú & Figuera Figuera [1979] y Baca [2000] consideran razones de carácter técnico, tecnológico o económico para llevar a cabo el reemplazo.

Gómez [2000] considera que el análisis de reemplazo sirve para averiguar si un equipo está operando de manera económica o si los costos de operación pueden disminuirse, adquiriendo un nuevo equipo. Además, afirma que mediante este análisis se puede averiguar si el equipo actual debe ser reemplazado de inmediato o es mejor esperar unos años antes de cambiarlo.

Portuondo Pichardo [1990] ofrece un enfoque más amplio de la problemática de reemplazo al señalar que existen factores extra-económicos a tener en cuenta para tomar esta decisión, tal es el caso de la disponibilidad de fondos. Para este autor no decide solamente el hecho de que el análisis técnico-económico efectuado en una empresa arroje resultados favorables al reemplazo;

tiene que predominar el análisis de la eficiencia social, aún cuando la propia empresa en un momento dado llegue a disponer de fondos propios.

Thuesen *et al.* [1993] sustentan la afirmación anterior al plantear que el reemplazo debe basarse sobre la economía de la operación futura, pero que se tiene amplia evidencia de que en el análisis relacionado con el reemplazo entran también a menudo otros motivos diferentes a los puramente económicos.

Aunque los autores consultados no lo manifiestan directamente, existen dentro de estos motivos no económicos, factores relacionados con el medio ambiente y con la organización, que pueden apoyar e incluso definir el reemplazo de un equipo.

La modernización se considera muchas veces como una alternativa al reemplazo y contiene los cambios técnicos en los equipos o instalaciones de forma que sea posible aumentar su campo de empleo. Puede traer consigo reconstrucción, reparación o completamiento de estas.

Según Portuondo Pichardo [1990], al modernizar un equipo, generalmente se le prolonga su plazo de explotación y paralelamente, pueden variar las características y proporciones de la composición de sus costos variables y fijos.

Se debe ser cuidadoso al analizar las sugerencias de modernización. Estas deben considerarse a la luz de los costos y beneficios pertinentes; pudiendo resultar incluso que el costo de modernizar activos sea mayor que el de reemplazarlos y en algunos casos, aunque sea menor, puede resultar preferible el reemplazo, ya que produce la recepción de beneficios durante un tiempo más largo [Weston & Brigham, 1994].

La ampliación implica erogaciones para la adquisición de nuevos activos fijos, situación típica de empresas en crecimiento, las cuales aunque estén operando a plena capacidad (agotadas todas las otras posibilidades) no son capaces de satisfacer la demanda de sus productos y se ven en la necesidad de adquirir rápidamente nuevos activos [Weston & Brigham, 1994].

Una forma de ampliación es la que se refiere a la adquisición de nuevos activos para llevar a cabo la producción de nuevos productos en la empresa. Esta forma de ampliación no se tendrá en cuenta en esta investigación debido a que su complejidad precisa de una atención específica que no está contemplada en los objetivos de este trabajo.

1.4 Identificación de las oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo

Los modelos o procedimientos encontrados en la literatura especializada para realizar la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo se pueden dividir en dos grupos. En un primer grupo, están aquellos que permiten establecer planes a corto plazo, de un año a otro, caso que se aborda en esta Tesis. En este sentido, Saravia, [1996] plantea una

serie de pasos que comienzan con definir los objetivos que se persiguen con el proceso de inversión, planteando en este punto aspectos relacionados con la reducción de costos, plazos de entregas y con el mejoramiento de la calidad. Posteriormente se deben contrastar estos objetivos con la situación actual de los mismos para evaluar dónde es posible hacer mejoras sustanciales. Este autor propone considerar un tercer factor, vinculado a la obtención de información sobre las tecnologías existentes en el mercado y las tendencias futuras, para unido a la información anterior establecer una confrontación antiguo-nuevo, es decir, analizar las ventajas del activo en uso y compararlas con las ventajas que ofrecería un nuevo activo, planteando así las alternativas de inversión.

Como secuencia lógica de pasos, el autor de esta Tesis considera a este proceder adecuado, resaltando que es uno de los más abarcadores al considerar las tecnologías modernas y las tendencias futuras. Sus principales desventajas radican en no considerar objetivos ambientales y organizacionales; además, Saravia [1996] no ofrece herramientas que permitan llevar a la práctica dicho procedimiento.

Natarov [1988] propone un modelo de programación lineal cuya variable de decisión es la cantidad de equipos a introducir en un año determinado. Este autor considera como función objetivo la minimización, entre otros, de los costos de producción relacionados con la reparación y envejecimiento del equipo, y de los costos de liquidación de los equipos. Se tienen en cuenta algunas restricciones de tipo financiero y relacionadas con el volumen de producción que se desea obtener. Este modelo, al igual que otros que se analizarán más adelante, tiene la desventaja de basarse solamente en indicadores puramente económicos.

En el segundo grupo, donde aparecen la mayoría de los autores consultados, se trata de estimar la vida útil económica de un equipo, es decir, el periodo desde la fecha de instalación hasta la fecha de retiro del principal servicio que se pretende que ofrezca el equipo bajo estudio. Este enfoque permitiría, fundamentalmente, la conformación de los planes de presupuesto a largo plazo.

A pesar de que el objetivo de esta investigación se centra, básicamente, en la formulación de planes a corto plazo, de un año a otro; es importante analizar estos modelos con el propósito de conocer los indicadores utilizados y la forma en que se tienen en cuenta.

En el año 1949 G. Terborgh propuso un método para llevar a cabo el reemplazo del equipamiento llamado Método del Mínimo Adverso o Método MAPI (*Machinery and Allied Product Institute*) [García, 1969; Churchman, *et al.*, 1971; Figuera Andú & Figuera Figuera, 1979]. Considerando los elementos Inferioridad de Servicio y el Costo de Capital, este autor determina una curva de costo total, encontrándose en el punto mínimo de esta el momento

óptimo para el reemplazo (ver Figura 1.3). El término Inferioridad de Servicio incluye el efecto del desgaste y la obsolescencia sobre el equipo que se analiza.

Con el método MAPI es posible, a partir del cálculo del mínimo adverso para el equipo retador* y comparándolo con el del equipo defensor, determinar en un momento dado si se debe reemplazar el equipo. Para ello se utilizan familias de curvas ya establecidas (ver Figura 1.4) o la expresión siguiente:

$$MA = \sqrt{2cg} + \frac{ic - g}{2} \quad [1.1]$$

donde:

MA: mínimo adverso.

c: costo de adquisición.

i: tasa de interés.

g: gradiente de inferioridad de servicio anual.

La principal deficiencia de este método radica en el no apego a la realidad de sus supuestos que son: (1) los costos aumentan linealmente en el tiempo; (2) la tasa de aumento se deduce a partir de una asignación arbitraria de una vida de servicio basada en la experiencia; y (3) considera un ritmo constante de progreso tecnológico y calcula la tasa pasada de la obsolescencia del equipo, proyectando este cálculo al futuro.

Estudios realizados por Churchman *et al.* [1971], Selivanov [1972], Espinoza [1990], Cantillo [1998] y Poveda [2002] demuestran las deficiencias del método propuesto por Terborgh, al concluir que los costos obedecen a funciones propias de cada equipo las cuales dependen de las condiciones de trabajo específicas, con comportamientos generalmente no lineales.

Después del estudio de Terborgh, durante los años cincuenta, estadísticos, matemáticos y economistas, centraron su atención en la teoría de reemplazo. Grant en 1950 [Churchman *et al.*, 1971], planteó un modelo de reemplazo suponiendo que no se dispone de más equipo nuevo eficiente antes de dicho reemplazo; el valor del dinero permanece constante a lo largo de la vida útil y los costos anuales de explotación no disminuyen. Dean en 1951 [Churchman *et al.*, 1971], criticó el uso de un tipo fijo de descuento en el cálculo del costo de la inversión (como el empleado por Grant) y empleó un método que implica la comparación de las posibles inversiones, por lo que en su modelo los costos de inversión varían según las condiciones y las oportunidades económicas. A partir del análisis de estos métodos, Churchman *et al.* [1971] propusieron un modelo que considera la predicción de los costos de reemplazo y la determinación de la política de reposición más económica en términos de costos descontados.

* Muchos autores emplean los términos "retador" para referirse al equipo nuevo o propuesto y "defensor" refiriéndose al equipo en uso.

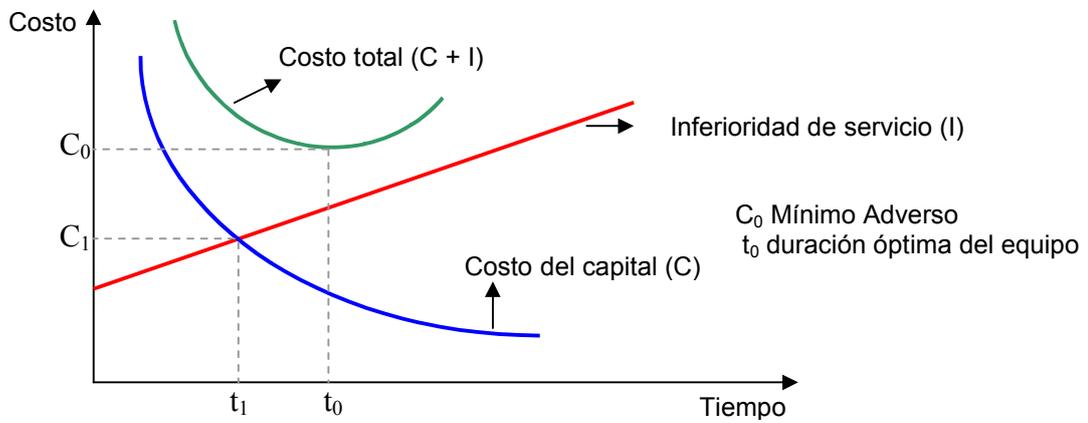


Figura 1.3 Representación gráfica del cálculo del mínimo adverso.
 Fuente: Morales-Arce Macia (1985).

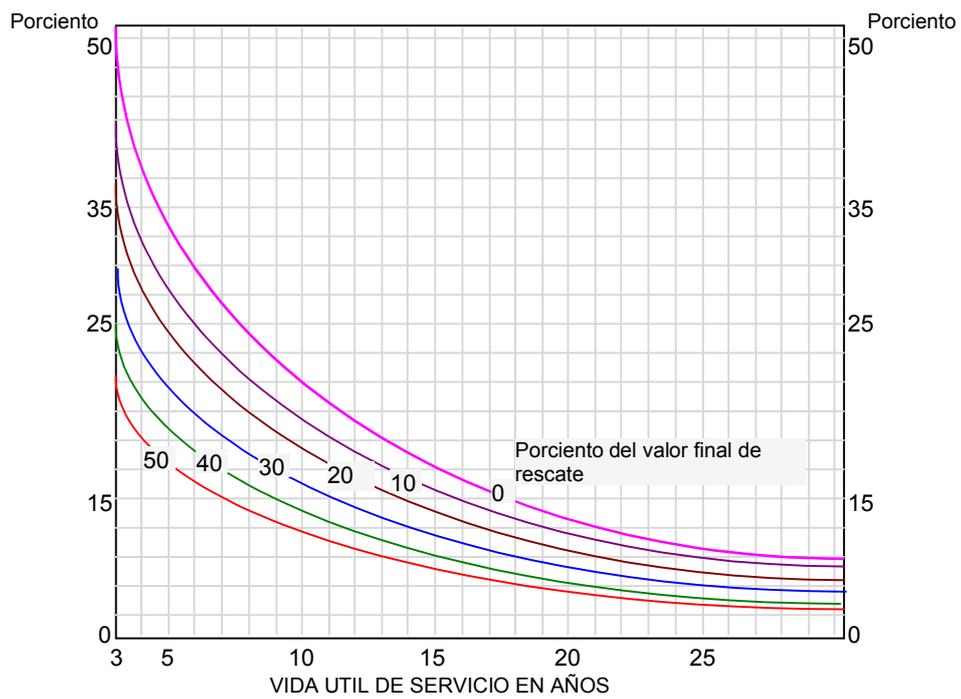


Figura 1.4 Cálculo del mínimo adverso del retador.
 Fuente: Morales-Arce Macia (1985).

Clapman [1957] y Eilon *et al.* [1966], por su parte, estiman la vida útil económica de un equipo como el momento en que la razón del costo total de mantenimiento (incluyendo el costo del reemplazo) es mínima. Considerando la razón del costo total de mantenimiento como una función, estos autores encuentran, a través de la primera derivada igualada a cero, el tiempo óptimo para el reemplazo. Beichelt [1982] señala que la principal desventaja de esta política es que no considera las desviaciones individuales de la razón de costo de mantenimiento de un sistema con respecto al costo de desarrollo promedio. Para superar esta desventaja propone la política de reemplazar tan pronto la razón del costo de mantenimiento alcance o exceda un valor dado r , el cual se determina a través del mismo proceder de la primera derivada. En Beichelt [2001] se realiza una comparación de ambas políticas, considerándose distintas distribuciones de probabilidad y demostrándose la superioridad de la segunda. Estos modelos, a diferencia y como ventaja sobre algunos que se analizarán en el resto del epígrafe, consideran el costo como una variable aleatoria. Un aporte similar en este sentido ya había sido realizado por Huang *et al.* [1995] al considerar una distribución Weibull para los fallos para determinar el tiempo óptimo de reemplazo, de forma tal, que se minimizara el costo de mantenimiento esperado del sistema.

Ray [1999] estima la vida útil económica como el momento en que el costo anual promedio de operación del equipo es mínimo; incluye aquí el costo por depreciación, operación, mantenimiento y tiempo perdido.

Para Thuesen *et al.* [1993] y Labouchere & Durán [2004], la vida útil económica de un activo es el intervalo de tiempo que minimiza los costos totales anuales equivalentes del activo o que maximiza su ingreso anual equivalente neto. Estos autores basan el análisis, fundamentalmente, en el patrón de costos que se incurren por las actividades de operación y mantenimiento, mostrando tres casos en los cuales estos costos tienen un comportamiento esporádico, constante y creciente.

El modelo planteado, para el caso teórico en que los costos sean crecientes y se desprece el interés, es el siguiente:

$$n = \sqrt{\frac{2P}{m}} \quad [1.2]$$

donde:

n : vida útil económica del activo, en años.

P : costo inicial del activo.

m : tasa de crecimiento anual de los costos de mantenimiento y operación.

Canada & Sullivan [1997] plantean también una estimación a partir del costo anual uniforme equivalente, con la diferencia de incluir los costos inherentes al equipo y los costos relativos para

modelos mejorados. Esta consideración realiza la valía del método planteado por estos autores, lo cual unido a su sencillez y facilidad de obtención de la información necesaria para aplicarlo lo hacen muy adecuado para las condiciones de la empresa manufacturera cubana.

Cantillo [1998] plantea un modelo en el cual se incluyen los costos fijos y variables causados, así como aquellos en los que se incurren cuando la maquinaria está parada por causa de las reparaciones. En dicho método el autor propone reemplazar el equipo en estudio cuando el costo medio anual acumulado sea mínimo.

Haciendo consideraciones muy similares a las anteriores, Espinoza [1990] plantea que el reemplazo de un equipo debe surgir del cruce histórico de la mantención excesiva y del valor decreciente del equipo, estableciendo el reemplazo cuando el costo de mantener el equipo supere al costo de reemplazar (ver Figura 1.5)

Las expresiones establecidas por este autor son las siguientes:

$$CM = CD + CTP \quad [1.3]$$

$$CR = (RV + SV) * FPV \quad [1.4]$$

$$FPV = F_o * F_i * F_e \quad [1.5]$$

donde:

CM: costo total de mantener.

CD: costo directo de intervenir con mano de obra, materiales, contratistas, equipos de apoyo, energía, etcétera.

CTP: costo indirecto por afectar el ritmo productivo o sea del tiempo perdido.

CR: costo de reemplazo del equipo.

RV: valor remanente teórico del equipo.

SV: valor de los repuestos en existencias.

FPV: función compuesta de pérdida de valor del equipo.

F_o: función que representa el proceso de obsolescencia.

F_i: función que representa el proceso de inadecuación.

F_e: función que representa el proceso de pérdida de eficiencia.

Este autor representa el proceso de obsolescencia por funciones exponenciales que tienden a cero a través de pendientes crecientes; el proceso de inadecuación por funciones de tipo escalón decrecientes que parten de uno (1) y bajan por escalones discontinuos cada vez que el entorno afecta la funcionalidad; y el proceso de declinación de la eficiencia lo representa por funciones exponenciales decrecientes y de pendientes también decrecientes.

Prawda [1981] plantea dos modelos de reemplazo:

1. Modelo de programación dinámica: permite considerar la decisión de reemplazo cada período, determinado durante un horizonte terminal finito. El modelo considera variables como la utilidad o el costo generado por el equipo cada período y el costo de reemplazo por una máquina nueva.

2. Modelos de los procesos markovianos de decisión: en este tipo de modelo, además de los aspectos económicos, se tiene en cuenta la parte técnica del equipo. Las variables que se consideran incluyen el estado o condición de la máquina en cualquier período, lo cual se expresa a través de las probabilidades que tiene el equipo de encontrarse en determinado estado; además, se tiene en cuenta las decisiones que pueden tomarse de acuerdo con el estado en que se encuentra el equipo. También pueden considerarse variables relacionadas con los costos asociados a una producción defectuosa, ganancias, pérdidas por paros del equipo y costos de reemplazo.

Poveda [2002] propone un modelo en el que se esclarecen varios aspectos de la operación, de tipo cuantitativo, que pueden expresarse en datos numéricos y en funciones algebraicas de variables reales tales como: la duración de vida útil en que se pueda operar la máquina en condiciones que optimice su rendimiento real y el máximo beneficio económico que puede esperarse del proyecto en términos de utilidad promedio anual.

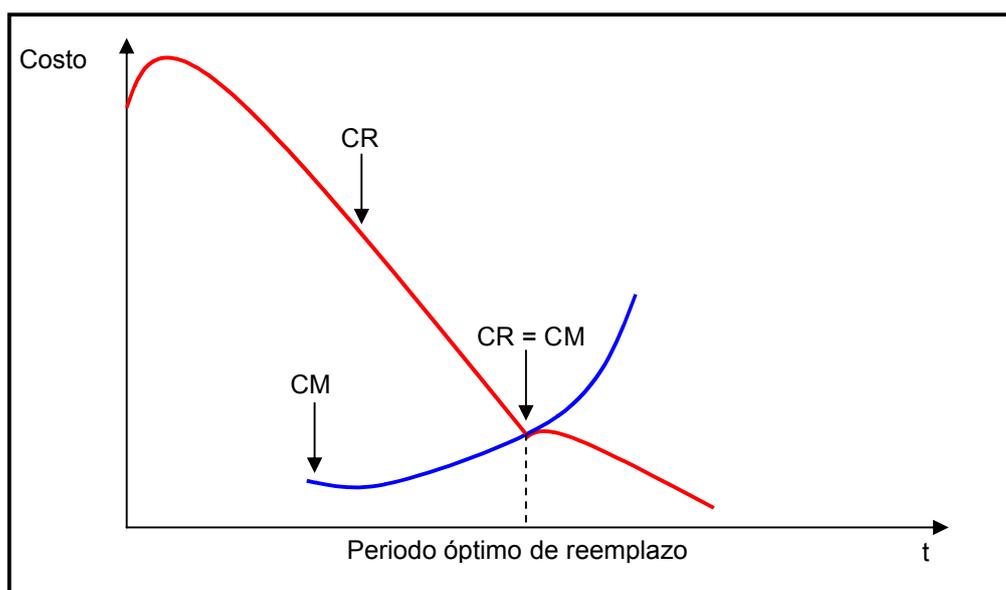


Figura 1.5 Reemplazo de equipos Determinación del punto de encuentro.
Fuente: Espinoza [1990].

Azaiez [2002] propone un modelo de reemplazo, donde se toma la decisión a partir de la maximización de una función de utilidad multiatributo que incluye el costo de mantenimiento, la calidad, la productividad del equipo y la disponibilidad de flujo de caja.

Los métodos anteriores, así como otros muchos existentes en la bibliografía [Love & Guo, 1996; Koshimae *et al.*, 1996; Dohi *et al.*, 1996; Dohi *et al.*, 2001; Cheevaprawatdamrong & Smith,

2001], se estructuran, fundamentalmente, sobre bases económicas, obviando aspectos relacionados con el medio ambiente, la organización, etcétera, lo cual es lógico debido a dificultad para modelar aspectos cualitativos de esta naturaleza.

A pesar de la innegable importancia de los métodos que establecen planes a largo plazo, para el caso de la industria en Cuba, resulta de mucho interés y necesidad inmediata la conformación de un modelo que permita dirigir los escasos recursos a aquellos equipos de mayor prioridad, donde se espere se obtengan mayores beneficios.

Un elemento que reafirma el planteamiento anterior es que actualmente en Cuba y específicamente en las empresas manufactureras, resulta difícil establecer proyectos de reemplazo en grupo, además de que la obtención de información externa sobre alternativas requiere de recursos financieros que las empresas, muchas veces, no poseen. Por esta razón, es necesario contar con herramientas que hagan un uso excelente de la información que sobre el equipamiento se genera en el interior de la empresa, con el objetivo de establecer prioridades y no desgastarse en buscar información externa innecesaria para evaluar proyectos que no van a ejecutarse [Abreu Ledón, 2004]

En la literatura especializada no se relacionan modelos o procedimientos específicos para analizar la ampliación y la modernización del equipamiento. Esta situación pudiera estar motivada por la consideración de la modernización como una alternativa al reemplazo y por las condiciones tan específicas en que se desarrolla la ampliación [Abreu Ledón, 2004]. Por estas razones, no se abordan tan ampliamente en este capítulo estos dos tipos de inversiones, contrario a como se hizo en el caso del reemplazo. Entre otros de los modelos y procedimientos revisados en la literatura especializada se resalta el de Abreu Ledón [2004], el cual se basa, además de un modelo conceptual (ver Anexo 2), también en un análisis con enfoque multicriterial de indicadores desde el punto de vista técnico-económico, en el procedimiento se reflejan dos módulos que contienen las etapas de identificación, evaluación y selección de proyectos de inversión sobre el equipamiento productivo (ver Anexo 3). En el caso del primer módulo, es decir el módulo de identificación, el mismo consiste en una clasificación ABC multicriterio en la cual se priorizará la inversión en los equipos que queden en la clasificación A, ahora ese grupo de equipos proviene de la cualificación de los expertos basada en los indicadores de % de productos de buena calidad, eficiencia media comparativa, índice de impacto ambiental, funcionalidad del equipo entre otro. Sin lugar a dudas el análisis de indicadores estratégicos, tácticos y además operativos de distintas procedencias y no redundantes constituyó una novedad científica que conllevó al mejoramiento incesante del complejo proceso de la toma de decisiones. Pero como se evidenciara por el autor su

procedimiento como toda herramienta elaborada por el hombre no esta exenta a su perfeccionamiento, lo que propició que se reflejara en las recomendaciones de su Tesis Doctoral acciones encaminadas a atenuar ciertos niveles de subjetivismo que se plasmaban en indicadores como la manera de saber a ciencia cierta que tan obsoleto puede ser un equipo en un proceso productivo, además de su importancia y funcionalidad en el mismo.

1.5 Indicadores para la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo.

Los indicadores que se referenciarán en este epígrafe constituyen las bases teóricas del procedimiento mejorado que se propone en este trabajo de diploma, en el cual se pretende como uno de sus objetivos específicos la atenuación de determinados niveles de subjetivismo en indicadores propuestos por Abreu Ledón [2004].

1.5.1 Calidad

Ha sido elevado el número de autores que han expresado conceptos sobre que es calidad. Según Deming [1986] se define como un "predecible grado de uniformidad, a bajo costo y útil para el mercado". Lo cual es lógico teniendo en cuenta que es matemático y tratará siempre de cerrar las tolerancias de los procesos buscando una mayor uniformidad del proceso. Por otra parte Juran [1974]; [1983] plantea como definición de calidad "aptitud para el uso o propósito". Más tarde Juran [1993] aporta ya no una sino dos definiciones de calidad, una que se refiere al producto "calidad es el conjunto de características de un producto que satisfacen las necesidades de los clientes y en consecuencia hacen satisfactorio el producto" que coincide con la anterior en su conclusión y otra que se refiere a la organización "la calidad consiste en no tener deficiencias". No hay la menor duda de que para obtener calidad es preciso tener una organización que trabaje con calidad. En el caso de Conway [1988a]; [1988b] permite conocer que la calidad se alcanza al "desarrollar la fabricación, administración y distribución a bajo costo de productos y servicios que el cliente quiera o necesite". Este autor en su definición hace referencia a la necesidad de observar la calidad del trabajo y desarrollar un sistema adecuado para obtenerla. Ishikawa [1988] manifiesta que "calidad es aquella que cumple los requisitos de los consumidores" e incluye el costo entre estos requisitos. La ISO 8402 [1994] define la calidad como "totalidad de las características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades establecidas o implícitas" esta definición considera una entidad no solamente el producto o servicio que se vende sino también, una persona, una organización, un sistema, en otras palabras la amplía a todo lo que hace la calidad.

La ISO 9000 [2000] plantea que calidad es: Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

Y añade dos notas:

Nota 1. El término calidad puede utilizarse acompañado de adjetivos tales como pobre, buena o excelente.

Nota 2. “Inherente” en contraposición a “asignado” significa que existe en algo, especialmente como una característica permanente.

Estos conceptos se enfocan como tal a que significa la calidad en su más amplio contenido como disciplina. Ahora bien cuando se pretende analizar que es calidad en los productos no se puede olvidar que calidad y productividad son dos conceptos muy ligados. La Calidad desde el punto de vista conceptual ha pasado por diferentes etapas, desde el surgimiento de la industria manufacturera donde se le consideraba como algo que debía ser inspeccionado para poder obtener determinados requerimientos técnicos que eran precisados por el productor; continuando la etapa posterior de control estadístico de la calidad, donde se aplicaban técnicas de muestreo a lo largo del proceso, con el objetivo de detectar a tiempo cualquier irregularidad y garantizar que el producto que saliera cumpliera, igualmente, los requisitos preestablecidos por el productor; en una etapa más actual se instrumentan programas y sistemas de calidad a todas las fases de concepción, diseño y producción, incluyendo el servicio posventa; y hoy la calidad es posible administrarla.

En esta última fase el énfasis está puesto en el mercado, las necesidades y expectativas del cliente. Pero además la Calidad se ve como un enfoque de dirección, que no sólo contempla la calidad del producto, sino el sistema de dirección en su totalidad.

Como se puede apreciar concepto de CALIDAD, ha dado un cambio de 180°; ya que no basta producir de acuerdo a determinados requerimientos o normas técnicas sino producir de acuerdo a lo que el cliente necesita. Es por eso que J. Juran plantea que la “Calidad es adecuación al uso”; James Harrington nos dice: “Calidad es el grado en que satisfacemos las expectativas de los clientes” y Crosby nos plantea “Calidad es cumplir los requisitos”.

Teniendo en cuenta todos los elementos teóricos anteriores es importante que se destaque la vital influencia del equipamiento en la calidad del producto. Es decir en la medida en que equipamiento productivo se presente con un mejor desempeño en todos los sentidos, la calidad del producto se manifiesta en todos los sentidos.

1.5.2 Eficiencia

Entre otros de los indicadores se encuentra la eficiencia, la misma para efectos de esta investigación se enfoca a la eficiencia en el equipamiento productivo, aunque para comprender cualquier concepto más específico se debe abordar primeramente el más general. La eficiencia se utiliza para dar cuenta del uso de los recursos o cumplimiento de actividades con dos acepciones: la primera, como la “relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de recursos estimados o programados”; la segunda, como “grado en el que se aprovechan los recursos utilizados transformándose en productos”. Cómo se puede observar ambas definiciones están vinculados a la vertiente de la productividad más difundida en la literatura; pero si sólo se utilizara este indicador como medición de la productividad únicamente asociaríamos la productividad al uso de los recursos; sólo se tomaría en cuenta la cantidad y no la calidad de lo producido, pondríamos un énfasis mayor “hacia adentro” de la organización, buscando a toda costa ser más eficiente y pudiendo obtener un estilo eficientista para toda la organización que se materializaría en un análisis y control riguroso del cumplimiento de los presupuestos de gastos, el uso de las horas disponibles, etc.

La eficiencia puede ser considerada en tres aspectos:

1. Económicas.
2. Gerenciales.
3. Organizativas.

Para efectos de esta investigación solamente se referencia el aspecto económico, puesto que se enmarca más en la proyección de la misma.

Aspecto económico.

Los presupuestos para los departamentos o secciones son previamente preparados y luego aprobados por los distintos responsables a los cuales afecta. Los Directores de Departamento tienen la responsabilidad de mantener los gastos asignados a sus áreas respectivas dentro de los límites acordados. En teoría no deberán surgir problemas siempre y cuando se cumplieren correctamente las partidas presupuestadas y no se vean superadas o excedidas.

El control presupuestario de gastos consiste en una comparación simple de los costes resultantes con los previstos. Un control flexible calcula de antemano el coste previsto para cada producto en todos los niveles posibles dentro del proceso productivo. Al final de cada periodo o fase, los costes finales son comparados con los presupuestos y se analizan las variaciones o desviaciones que se hayan producido.

Si las operaciones de fabricación han sido realizadas por encima de los costes previstos, debido a una baja productividad o por el aumento en el consumo de materiales, esta diferencia se conoce como “variaciones desfavorables de eficiencia”. Si la actuación rebaja las expectativas de costes, estas variaciones se conocen como “favorables”.

En el contexto más específico la eficiencia se enfocaría a un procedimiento basado en la programación lineal que permitiría la determinación de hasta que punto es el equipo analizado el eficiente con respecto a un equipo ficticio que es el más eficiente de todos. Esta es la filosofía que se establece en la técnica Data Envelopment Analysis (DEA), aplicada por Abreu Ledón [2004] en su modelo y procedimiento para la toma de decisiones de inversión sobre el equipamiento productivo.

1.5.3 Impacto ambiental

El análisis del impacto medioambiental que presenta el equipamiento a la hora de proceder a la posible inversión en el mismo constituye objeto de referencia también en esta investigación. Aunque se reconoce la importancia de los distintos informes que permiten documentar la evaluación de impacto ambiental, como son los informes preliminares y las declaraciones de impacto ambiental, en este capítulo sólo se analizarán los estudios de impacto ambiental dado el papel central que cumplen en el proceso.

Ellos permiten documentar todo el análisis de los impactos ambientales de una acción determinada como de las diferentes alternativas para su implementación, las medidas de mitigación y/o compensación, y los planes de seguimiento, monitoreo y control. Además, constituyen la fuente de la información primordial para aquellas instituciones que deberán pronunciarse acerca de una acción propuesta. Por otra parte, un estudio de impacto ambiental es un conjunto de estudios técnico-científicos, sistemáticos, interrelacionados entre sí, cuyo objetivo es la identificación, predicción y evaluación de los efectos positivos o negativos que puede producir una o un conjunto de acciones de origen antrópico sobre el medio ambiente físico, biológico o humano. La información entregada por el estudio debe permitir llegar a conclusiones sobre los efectos que puede producir la instalación y desarrollo de una acción o proyecto sobre su entorno, establecer las medidas a implementar para mitigar y monitorear los impactos, y proponer los planes de contingencia necesarios.

Los procesos de evaluación de Impacto Ambiental que se han implementado en distintos países generalmente contemplan diversos procedimientos para actividades que difieran en la significancia de sus impactos ambientales. Cuando los impactos son menores se presenta ante la autoridad un documento simple donde se indique que se cumple con las normas ambientales y que los efectos previstos no son significativos. Por el contrario, en actividades o proyectos que

impliquen impactos ambientales significativos o éstos no sean fáciles de prever, se presenta un documento en el cual se describan detalladamente sus características, los impactos ambientales implícitos, las acciones que se ejecuten para minimizar los impactos de carácter negativo y los planes de seguimiento o monitoreo.

Independientemente del alcance, complejidad y requisitos que debe contemplar un estudio de impacto ambiental, éstos incluyen, al menos, los siguientes temas en su presentación:

- Descripción del Proyecto. Corresponde a una descripción del proyecto o actividad en la cual deberían figurar: nombre del proponente, monto de la inversión involucrada, objetivos y justificación del proyecto, descripción de las actividades en las diferentes fases del proyecto, marco de referencia legal y administrativo, localización, envergadura, tipos de insumos utilizados y emisiones generadas, entre otros aspectos.
- Antecedentes del Área de Influencia del Proyecto (Línea de Base). Considera la definición del área de influencia y del estado en que se encuentran los factores ambientales antes de la implementación de la actividad o proyecto. Cabe destacar que otras acciones implementadas o proyectadas para el área de influencia también forman parte importante del entorno. Generalmente, entre los factores ambientales de mayor relevancia se consideran aspectos sociales, culturales, de la fauna, de la flora, de los suelos, del agua, del aire, del clima, bienes materiales, paisajes visuales y sus posibilidades interacciones, Estas últimas variarán dependiendo de la naturaleza del proyecto y las características del entorno afectado.
- Identificación, Análisis y valorización de los Impactos. En este aspecto se trata de incluir una descripción de los efectos importantes (directos o indirectos; acumulativos a corto, mediano y largo plazo; temporales o permanentes; positivos o negativos) de la acción o proyecto sobre el medio ambiente, con particular énfasis sobre la utilización de los recursos naturales y la emisión de contaminantes. Debe contener una cuantificación y valorización de los efectos ambientales en cuanto a su magnitud e importancia dentro del área de influencia de la acción, la que debe considerar la fragilidad y potencialidad del medio ambiente en el área de influencia.
- Identificación y Análisis de Acciones. Considera la magnitud, la importancia y la temporalidad de los impactos ambientales identificados, para identificar y analizar las acciones posibles de considerar para evitar impactos no deseados. Además se incluyen análisis de los eventuales accidentes durante los trabajos de construcción, ejecución y abandono de las obras.
- Estrategia de Manejo Ambiental. En este tema se incluyen acciones tendientes a: minimizar impactos negativos, atenuar riesgos identificados y lograr consenso con la comunidad involucrada en el proyecto.

- Programa de Saneamiento, Vigilancia y Control. Se identifican los sistemas de seguimiento, vigilancia y control ambiental tendientes a conocer la evolución de la Línea de Base y de las acciones correctivas propuestas para la acción o proyecto.
- Comunicación de Resultados. Es una síntesis en un lenguaje simple de los resultados obtenidos conteniendo información relevante, problemas críticos, descripción de los impactos positivos y negativos, y las metodologías de estudio utilizadas en la identificación, análisis y valoración de los impactos.

1.6 Principales regulaciones y disposiciones del proceso inversionista en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”

En los últimos tiempos el país ha tomado como estrategia dirigir las inversiones hacia sectores en los que las perspectivas de trabajo sean reales y en los que exista la necesidad de cambios tecnológicos, para así obtener mejoras en la calidad del producto final y una mayor productividad, de manera que se logre una disminución gradual de los costos de producción.

El Ministerio de Economía y Planificación [MEP, 1998] ha realizado, en dependencia de la cuantía de la inversión, una clasificación de las inversiones en dos tipos: nominales y no nominales. Los niveles mínimos de la cuantía de la inversión para clasificarla como nominal varían entre ramas y actividades, estableciéndose para la industria un mínimo de dos millones de pesos.

Las inversiones nominales deben incluirse en el plan nacional, lo cual precisa de la aprobación del Ministerio de Economía y Planificación. Para ello, en la resolución 157/98 [MEP, 1998] se establecen una serie de requerimientos que deben incluirse en el estudio de factibilidad: 1) licencia de obra o de construcción; 2) compatibilidad de la inversión con los intereses de la defensa; y 3) licencia ambiental otorgada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

En el caso de la EPEM su proceso inversionista ha estado basado en la Resolución No. 91/2006, la cual establece de manera detallada los tipos de inversión, así como la documentación requerida para estos fines (ver Anexo 4).

Los proyectos no nominales, en dependencia de su impacto ambiental, pueden necesitar o no de la licencia ambiental que se establece a partir de la Ley 81 del Medio Ambiente [Asamblea Nacional del Poder Popular, 1997]. Para otorgar esta licencia el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente [CITMA, 1999] ha establecido la resolución 77/99, la cual pone en vigor el reglamento para la realización y aprobación de las Evaluaciones de Impacto Ambiental

(EIA) y el otorgamiento de las licencias ambientales y establece los procedimientos para su ejecución.

En esta resolución se define la EIA como un proceso sistemático de estudio y evaluación multidisciplinaria para identificar, predecir, evaluar e informar de los efectos sobre el medio ambiente de una obra o proyecto, e incluye la explicación detallada sobre el sistema de monitoreo y las medidas que deben ser evaluadas para evitar o disminuir los efectos negativos o realzar los positivos según proceda.

Incluido en la evaluación de impacto ambiental, el CITMA ha establecido un proceso de certificación tecnológica que incluye un análisis de los elementos siguientes:

- Aspectos técnicos (análisis de obsolescencia de la tecnología, índices de consumo de materiales y materias primas, etc.)
- Capacidad de asimilación y desarrollo.
- Energía.
- Calidad.
- Medio Ambiente.
- Propiedad intelectual.
- Tecnologías constructivas.

No obstante todas estas instrucciones y exigencias, existen una serie de insuficiencias relacionadas con el proceso de inversión sobre el equipamiento productivo y que incluyen los aspectos siguientes:

1. No se emiten recomendaciones para desarrollar la fase de búsqueda de oportunidades de inversión sobre estos equipos.
2. Aunque se exige una concurrencia de precios de al menos dos proveedores, no se establece el procedimiento a seguir para seleccionar la mejor alternativa.
3. Las resoluciones e instrucciones no permiten captar las especificidades que tienen este tipo de inversiones. Específicamente en el análisis de factibilidad económica se presenta un modelo muy general, donde se calculan el VAN y la TIR para diferentes tasas de interés.

1.7 Conclusiones parciales

1. La construcción del marco teórico y referencial de la investigación reveló la importancia que se le debe brindar al proceso de inversión sobre el equipamiento productivo en las empresas manufactureras, como es el caso de las empresas de producciones mecánicas, debido en lo fundamental al peso específico que posee este tipo de activos en el logro de la competitividad y el éxito de estas organizaciones.

2. La mayoría de los modelos desarrollados en la literatura, relacionados con la identificación o búsqueda de alternativas de inversión sobre el equipamiento productivo, están dirigidos a determinar la vida útil económica o momento óptimo de reemplazo, planteándose entonces la necesidad de encontrar modelos que, teniendo en cuenta los diferentes objetivos de la empresa, permitan realizar la planeación de estas inversiones a un corto plazo, de un año a otro.
3. El modelo y procedimiento de Abreu Ledón aportó un análisis novedoso para la forma en se toman las decisiones de inversión sobre el equipamiento productivo, no estando el mismo exento al mejoramiento y atenuación de la subjetividad en alguno de sus indicadores.
4. Las instrucciones establecidas en las empresas cubanas para la evaluación y aprobación de las inversiones no nominales, presentan una serie de insuficiencias para su aplicación al caso del equipamiento productivo, hecho este que enfatiza en la necesidad de diseñar nuevas herramientas que permitan llevar a cabo el proceso inversionista sobre este tipo de activos. La “Fábrica de Fusibles y desconectivos” no está alejada de esta realidad por lo que se debe considerar objeto de estudio para esta investigación.



CAPITULO II

CAPÍTULO II PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN SOBRE EL EQUIPAMIENTO PRODUCTIVO EN “FABRICA DE FUSIBLES Y DESCONECTIVOS”

2.1 Introducción

La búsqueda incesante del perfeccionamiento en el campo de la toma de decisiones ha propiciado, como se evidenció en el Capítulo I, que diversos autores desarrollen modelos y procedimientos relacionados con las inversiones sobre el equipamiento productivo; algunos han abordado esta problemática con visión algo limitada y otros con un nivel de profundidad avanzada. Para efectos de esta investigación se hace necesario mencionar el modelo y procedimiento propuesto por Abreu Ledón [2004], en el cual el autor propone analizar las inversiones sobre el equipamiento productivo en empresas manufactureras cubanas desde una óptica multicriterial. En este capítulo, dando cumplimiento a los objetivos específicos de la investigación, se propone un mejoramiento al procedimiento propuesto por Abreu Ledón [2004] dirigido a atenuar la subjetividad en el análisis de alguno de los indicadores considerados.

2.2 Proceso de identificación de las oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo

El proceso de identificación o búsqueda de las oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo tiene como objetivo fundamental determinar dichas oportunidades de forma organizada y efectiva, a partir del análisis de un conjunto de aspectos internos y externos del equipamiento que están relacionados con el desempeño presente y futuro de este.

El procedimiento propuesto por Abreu Ledón (2004) para la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo forma parte de todo un modelo propuesto por este autor para dicho proceso. Este procedimiento tiene como objetivo la determinación de indicadores que posteriormente serán valorados por un grupo de expertos previamente determinados.

De manera general, se comienza con la conformación del equipo de trabajo y el cálculo del número de expertos. El procedimiento continúa con la clasificación en tres clases (A, B, C) del equipamiento productivo, lo cual es recomendable cuando se desea reducir el número de equipos a analizar, permitiendo centrar la atención en aquellos de mayor prioridad. Esta clasificación se realizará por medio del Análisis ABC Multicriterio [Gomes & Ferreira, 1995], una técnica que permite la clasificación a partir de dos conceptos fundamentales: la propia aplicación de las técnicas multicriterio y la Teoría de Conjuntos Aproximativos.

Las técnicas multicriterio, buscan realizar el análisis tanto de atributos cuantitativos como cualitativos, de forma tal que los resultados finales puedan ser el reflejo óptimo de los factores

reales que determinan la decisión. Por otro lado, la Teoría de Conjuntos Aproximativos trata de investigar, a través de un par de aproximaciones inferior y superior de un conjunto, las irregularidades que causan indiscernibilidad en la representación de los problemas y que impiden la revelación de estructuras o patrones de clasificación.

Una vez clasificados los equipos, y por medio del análisis de las ofertas existentes en el mercado, se establecen las alternativas u oportunidades de inversión.

Etapas I: Conformación del equipo de trabajo. Cálculo y selección del número de expertos.

El primer paso en todo el proceso consiste en la conformación del equipo de trabajo, el cual tendrá como función la aplicación completa del procedimiento general. Para ello deberán seleccionarse, como miembros del equipo, a aquellos con conocimientos del equipamiento de la empresa y las tendencias a nivel mundial. Además, los miembros tienen que ser capaces de llevar a cabo las tareas siguientes:

- 1) Organizar y dirigir el trabajo de los expertos (Esta es una tarea específica del jefe del equipo de trabajo).
- 2) Recopilar la información necesaria para desarrollar cada una de las etapas del modelo.
- 3) Realizar los cálculos incluidos en cada etapa, así como aplicar los *software* necesarios.

También se realizará, de ser necesaria, la capacitación del personal involucrado. Otro aspecto a determinar en esta etapa es el número de expertos a emplear durante la aplicación del procedimiento general y la selección de estos. La cantidad necesaria de expertos se calculará por la expresión siguiente:

$$n_e = \frac{p(1-p)k}{i^2} \quad [2.1]$$

donde:

n_e : Cantidad necesaria de expertos.

p: error estimado.

i: Precisión deseada en la estimación.

k: Constante computarizada que depende del nivel de confianza (1- α).

(1- α)	K
0.90	2.6896
0.95	3.8416
0.99	6.6564

Los expertos seleccionados deben tener conocimientos y capacidad para:

- Valorar las consecuencias, niveles de exposición y probabilidad de ocurrencia de los riesgos atribuidos a cada una de las salidas negativas de los equipos.
- Valorar las posibilidades tecnológicas de los equipos productivos existentes en la organización, en comparación con otros equipos modernos.

- Valorar los índices relacionados con la calidad de los productos, la eficiencia, impacto ambiental, funcionalidad y nivel de obsolescencia tecnológica en cada equipo.
- Hacer comparaciones pareadas entre criterios y entre las alternativas.

Además de los elementos anteriores, es importante tener presente que un experto no debe adoptar una actitud discriminatoria con alguno de los criterios involucrados en los análisis.

Etapa II: Clasificación de los equipos en clases de prioridad (A, B y C)

Paso 1: Definición de los atributos para la clasificación.

En esta etapa se deben definir, primeramente, los atributos mediante los cuales se clasificarán los diversos equipos. Es necesario hacer algunas observaciones generales en relación con los atributos que se usan para la clasificación:

- Cada atributo abarca una dimensión o faceta única del problema de decisión (no son redundantes);
- Todos los atributos, en sentido colectivo, se consideran suficientes para propósitos de clasificación de los equipos;
- Se presume que las diferencias en los valores asignados a cada atributo son significativas para diferenciar entre las categorías de equipos.

Después de considerar como objetivo fundamental de la clasificación el de establecer un orden de prioridad de los equipos para el caso de emplear recursos sobre los mismos, se proponen siete atributos (ver Figura 2.1). Estos atributos fueron seleccionados mediante un análisis detallado de la literatura especializada, así como consultas realizadas a varios expertos. El atributo requerimientos de inversión no se incluirá de forma directa en los pasos siguientes ya que constituye un elemento que deberá verificarse al ubicar un equipo en la clase A.

Paso 2: Cálculo de los índices de funcionamiento y estado de los equipos.

En este paso se calcularán seis índices que permitirán tener una visión más clara al trabajar con seis de los atributos anteriores.

Para llevar a cabo el proceso de identificación de oportunidades se hace necesario la determinación de los indicadores con enfoque multicriterial propuestos por Abreu Ledón [2004], además de la incorporación de otros indicadores mejorados por el autor de esta investigación, lo cual contribuirá a la atenuación de la subjetividad en indicadores propuestos anteriormente.

2.2.1 % de productos de buena calidad

Para el cálculo de este índice se utilizará la información contenida en los registros históricos que sobre los productos defectuosos lleva la empresa. En aquellos casos que está información no esté disponible, se deberá realizar un estudio de la documentación tecnológica existente para

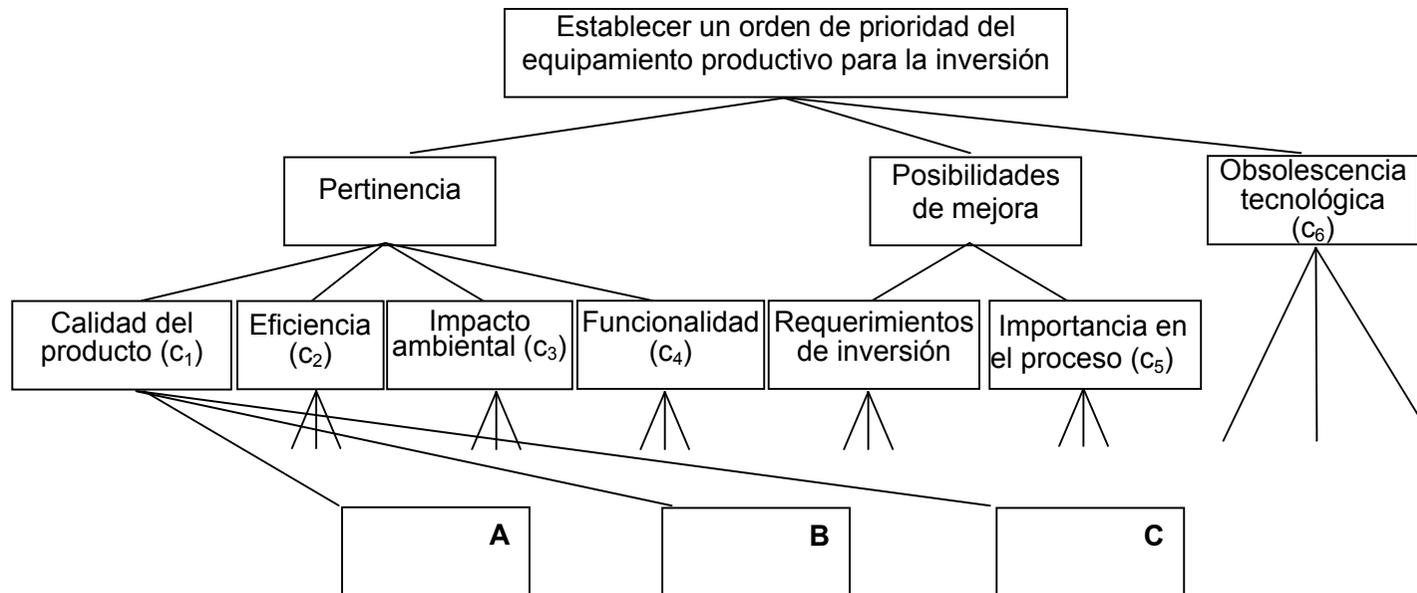


Figura 2.1 Análisis jerárquico para la definición de atributos para la clasificación ABC del equipamiento productivo.
 Fuente: Elaboración propia basado en Abreu Ledón (2004).

precisar del conjunto de características de calidad del producto cuáles pudieran estar influidas por el equipo. Para ello se propone la elaboración de una matriz característica de calidad - equipo, la cual debe desarrollarse para cada producto (ver Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Matriz característica de calidad – equipo para el producto “h”.

CC _{fh} \ X _{ih}	X _{1h}	X _{2h}	X _{3h}	....	....	X _{ih}
CC _{1h}	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	....	....	a _{1i}
CC _{2h}	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	....	....	a _{2i}
CC _{3h}	a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃	....	....	a _{3i}
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
CC _{fh}	a _{f1}	a _{f2}	a _{f3}	....	....	a _{fi}

Fuente: Abreu Ledón [2004].

donde:

CC_{fh}: característica de calidad “f” del producto “h”

X_{ih}: equipo “i” que participa en la producción del producto “h”

a_{fi}: variable booleana que representa la influencia del equipo “i” en la característica de calidad “f”
[1. influye; 0. no influye]

Si en el equipo bajo estudio se realizan operaciones a muchos tipos de productos, se tomará una muestra de ellos, priorizando aquellos de mayor importancia para la empresa. Una vez conocidas las características de calidad influidas por el equipo, es necesario tomar muestras de estas, controlando los demás factores que pudieran influir, para así calcular el % de productos de buena calidad. Para el cálculo de este índice se propone la ecuación 2.2. En aquellos casos que sea necesario, porque no se lleven registros históricos de la cantidad de defectuosos, será necesario calcular el tamaño de muestra, para lo cual se propone el procedimiento establecido por Cochran [Rodríguez & Hernández, 1986]

- 1) Escoger una muestra de productos no menor de 30.
- 2) Determinar el % de productos de buena calidad de la muestra (ecuación 2.2).

$$IC_i = \frac{PB_i}{n_i} \cdot 100\% \quad [2.2]$$

donde:

IC_i: % de productos de buena calidad elaborados por el equipo “i”.

PB_i: cantidad de productos de buena calidad en la muestra de los elaborados por el equipo “i”

n_i: tamaño de muestra de la cantidad de productos elaborados por el equipo “i”

- 3) Comparar el tamaño de muestra con el mínimo exigido según Cochran.

0,30, 0,50, 0,60, 0,70

n_i debe ser 50 como mínimo 80

En relación con la salida: valor promedio de salida de cada equipo, se propone la ecuación 2.4.

$$O_i = \sum_{h=1}^w \left(\frac{V_h}{m_h} \right) c_h \quad [2.4]$$

donde:

V_h : Valor del producto "h"

w : Cantidad de productos elaborados en los que participa el equipo "i".

m_h : Cantidad de equipos que participan en la elaboración del producto "h".

c_h : Cantidad de productos del tipo "h" producidos.

Para empresas con enfoques por proceso, como es el caso de los talleres de maquinado, se propone utilizar como V_h el promedio de los valores de los productos. Una vez calculadas las eficiencias, según el modelo anterior, se determina la matriz de pesos de formulación agresiva (ver Tabla 2.2), que establece los pesos que, a partir de la eficiencia hallada anteriormente, se obtienen en cada equipo para cada entrada (u_{ik}) y salida (v_{ir}). Para ello se emplea el modelo de programación lineal siguiente, el cual se aplica a cada uno de los equipos:

$$\text{Min} \left(v_m \sum_{\forall i \neq m} O_i \right) - \sum_k \left(u_{mk} \sum_{\forall i \neq m} l_{ik} \right) \quad [2.5]$$

$$\text{tal que: } \sum_{k=1}^z u_{mk} l_{mk} = 1$$

$$v_m O_m - E_{mm} \sum_{k=1}^z u_{mk} l_{mk} = 0$$

$$v_m O_i - \sum_{k=1}^z u_{mk} l_{ik} \leq 0, \quad \forall i \neq m$$

$$u_{mk} \geq 0, v_m \geq 0$$

donde:

u_{mk} : peso de la entrada "k" en el equipo "m"

v_m : peso de la salida en el equipo "m"

Tabla 2.2 Matriz de pesos de formulación agresiva.

		k					r
		1	2	3	...	z	1
i	1	u_{11}	u_{12}	u_{13}	...	u_{1z}	v_{11}
	2	u_{21}	u_{22}	u_{23}	...	u_{2z}	v_{21}
	3	u_{31}	u_{32}	u_{33}	...	u_{3z}	v_{31}

	M	u_{m1}	u_{m2}	u_{m3}	...	u_{mz}	v_{m1}

Fuente: Abreu Ledón [2004].

Con los resultados de los modelos anteriores y registrados en la Tabla 2.2, se calculan cada una de las eficiencias de los equipos usando el esquema de pesos de cada uno de los equipos restantes. Para ello se emplea la ecuación 2.6, la cual está escrita en términos de los equipos “i” y “m”.

$$E_{mi} = \frac{V_i O_m}{\sum_{k=1}^z u_{ik} I_{mk}} \quad [2.6]$$

donde:

E_{mi} : eficiencia del equipo “m” calculada a partir del esquema de pesos del equipo “i”.

Los resultados se registran en una matriz de eficiencia cruzada (ver Tabla 2.3). En esta matriz la última fila representa el valor de eficiencia media comparativa y se calcula por:

$$e_m = \frac{\sum_{i=1}^m E_{mi}}{m} \quad [2.7]$$

donde:

e_m : eficiencia media comparativa del equipo “m”.

m: cantidad de equipos considerados en el estudio.

El Índice de Eficiencia Media Comparativa varía desde 0 a 1, con una tendencia favorable en la medida en que se acerca al límite superior.

Tabla 2.3 Matriz de Eficiencias Cruzadas.

	1	2	3	4	5	...	m
1	E_{11}	E_{21}	E_{31}	E_{41}	E_{51}	...	E_{m1}
2	E_{12}	E_{22}	E_{32}	E_{42}	E_{52}	...	E_{m2}
3	E_{13}	E_{23}	E_{33}	E_{43}	E_{53}	...	E_{m3}
4	E_{14}	E_{24}	E_{34}	E_{44}	E_{54}	...	E_{m4}
5	E_{15}	E_{25}	E_{35}	E_{45}	E_{55}	...	E_{m5}
...
m	E_{1m}	E_{2m}	E_{3m}	E_{4m}	E_{5m}	...	E_{mm}
	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	...	e_m

Fuente: Abreu Ledón [2004]

2.2.3 Índice Relativo de Impacto Ambiental

Para el cálculo de este indicador se emplean aquellas salidas negativas (riesgos) del equipo que pueden influir sobre el medio ambiente y en la salud del trabajador. La ecuación para este indicador es la siguiente:

$$IRIA_i = \frac{IIA_i}{\sum_{i=1}^m IIA_i} \quad [2.8]$$

donde:

$IRIA_i$: índice relativo de impacto ambiental del equipo "i".

IIA_i : índice de impacto ambiental del equipo "i".

Para determinar el índice de impacto ambiental de cada equipo se propone la ecuación 2.9, la cual está basada en la adaptación del procedimiento establecido por FINE [Sotolongo Sánchez, 2004] para determinar el grado de peligrosidad de los riesgos de accidentes.

$$IIA_i = \sum_{r=1}^p (C_{ri} * E_{ri} * p_{ri}) \quad [2.9]$$

donde:

C_{ri} : Consecuencias de la salida "r" del equipo "i"

E_{ri} : Nivel de exposición a la salida "r" del equipo "i"

p_{ri} : Probabilidad de que se manifiesten las consecuencias de la salida "r" del equipo "i"

p: cantidad de salidas ambientales en el equipo "i"

Para determinar cada uno de los elementos incluidos en la ecuación 2.9 se propone lo siguiente:

- 1) Las consecuencias de la salida se analizarán empleando una escala de 0 a 5, con las clasificaciones siguientes: 0, sin consecuencias; 1, leves; 2, menos graves; 3, graves; 4, muy graves y 5, fatales. La clasificación la realizarán los expertos, calculando o estimando cada una de las salidas y comparando, en los casos que sea posible, con valores admisibles que aparecen en las normas.
- 2) La determinación del nivel de exposición a la salida se realizará a través de expertos en una escala de 0 a 1 (0: sin exposición; 1: todo el tiempo de la jornada laboral).
- 3) La probabilidad de ocurrencia será estimada, también a través de expertos, en una escala de 0 a 1.

Se adoptará, en cada uno de estos tres elementos, el valor promedio entre los emitidos por los expertos, sólo si el Índice de Consenso es mayor que el 90% en el caso del análisis de las consecuencias y mayor que el 85% para los dos restantes elementos. Estos valores límites para el Índice de Consenso entre los expertos, se establecen sobre la base de la experiencia en la aplicación de este índice en numerosas empresas por parte de otros estudiantes en trabajos de diploma, así como en las prácticas de ingeniería industrial en los diferentes años de la carrera.

En caso de un Índice de Consenso bajo se deberá plantear una discusión entre los expertos sobre la salida que se trate y reasignar los valores. El Índice de Consenso se determina por la ecuación 2.10.

$$ICS_{ri} = \left(1 - \frac{s_{ri}}{s_L}\right) \times 100\% \quad [2.10]$$

donde:

ICS_{ri}: Índice de Consenso entre los expertos con relación a la salida “r” del equipo “i”.

s_L: Desviación estándar máxima posible. (Ver Tablas 2.4 y 2.5)

s_{ri}: Desviación estándar del juicio de los expertos para la salida “r” del equipo “i”.

Tabla 2.4 Valores de la desviación estándar máxima posible para el análisis de las consecuencias del riesgo.

n _e	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s _L	2,673	2,673	2,635	2,635	2,611	2,611	2,594	2,594	2,582

Fuente: Abreu Ledón [2004].

Tabla 2.5 Valores de la desviación estándar máxima posible para los análisis de la exposición y probabilidad de ocurrencia del riesgo.

n _e	7	8	9	10	11	12	13	14	15
s _L	0,534	0,534	0,527	0,527	0,522	0,522	0,519	0,519	0,516

Fuente: Abreu Ledón [2004].

El Índice Relativo de Impacto Ambiental varía desde 0 a 1, con una tendencia favorable cuando se acerca a 0.

2.2.4 Índice de Funcionalidad (F)

Este indicador expresa la capacidad del equipo para ejecutar una serie de funciones que son vitales para el desarrollo presente o futuro de la organización. Estas funciones están relacionadas con el cumplimiento de la demanda, el logro de determinadas especificaciones de calidad, las facilidades que proporciona el equipo para su operación y mantenimiento, la disponibilidad del equipo, etcétera. En el análisis de este indicador es necesario que la empresa cuente con información sobre las funciones que requeriría del equipo en el futuro.

Se calculará un valor preliminar de funcionalidad (ecuación 2.11), el cual deberá ser afectado por los expertos para incluir aquellos factores no contenidos en la ecuación. Los expertos tendrán que decidir que valor de funcionalidad tiene el equipo bajo estudio, analizando el consenso a partir de la ecuación 2.10 y de la Tabla 2.5. Se asumirá un Índice de Consenso favorable cuando sea al menos del 85%.

$$F_i = \prod_{\forall e} \frac{fr_{ie}}{fn_{ie}} \quad [2.11]$$

donde:

fr_{ie} : nivel necesario que el equipo "i" es capaz de lograr en la función "e".

fn_{ie} : nivel que es necesario lograr por el equipo "i" en la función "e".

El Índice de Funcionalidad varía desde 0 a 1, con una tendencia favorable en la medida en que se acerca a la unidad.

2.2.5 Importancia relativa del equipo en el proceso

Para el caso de la importancia del equipo en el proceso se propone la expresión siguiente:

$$O_i = \sum_{h=1}^w \left[V_h * \left(\frac{CO_{ih}}{CO_h} + \frac{t_{ih}}{t_h} \right) \right] \quad [2.12]$$

V_h : Valor del producto "h".

CO_{ih} : Cantidad de operaciones realizadas por el equipo "i" al producto "h".

CO_h : Cantidad de operaciones necesarias para elaborar el producto "h"

t_{ih} : Tiempo de las operaciones realizadas por el equipo "i" al producto "h"

t_h : Tiempo total de procesamiento del producto "h".

w: Cantidad de productos "h".

Finalmente la importancia relativa del equipo en el proceso quedaría expresada de la forma siguiente:

$$IRE_i = \frac{O_i}{\sum_{i=1}^m O_i} \quad [2.13]$$

La expresión anterior está sustentada en la consideración de que la determinación de la importancia de un equipo dentro de un proceso obliga sin lugar a duda a enfocarse en la importancia del producto que resulta de dicho proceso productivo. Es decir, un proceso productivo importante dentro de un sector productivo implica que en este se obtenga un producto que aporte un valor importante a la producción final. La importancia relativa del equipo en el proceso varía de 0 a 1 con tendencia favorable cuando se acerca a 1.

2.2.6 Nivel de obsolescencia tecnológica

En el caso del nivel de obsolescencia tecnológica se propone que el grupo de expertos que la valore realice una minuciosa revisión y comparación con respecto al equipamiento existente acerca de los aspectos técnicos, que son resultado de la consulta de la literatura especializada, así como verificación con expertos en la materia, los aspectos se listan a continuación:

Lista de aspectos

- 1) Cantidad de operaciones en que realiza al producto del total que este necesita.(PO₁)
- 2) Tiempo que emplea para realizar las operaciones. (PO₂)
- 3) Eficiencia del equipo (Relación consumo-producción).(PO₃)
- 4) Funcionalidad (En cuanto a lo que puede realizar con respecto a lo que hay que realizar). (PO₄)
- 5) Complejidad en el uso y en el mantenimiento.(PO₅)
- 6) Riesgo de accidente.(PO₆)

Una vez registrada la información anterior, los expertos deben cualificar en valor entre 0 y 1 que tan obsoleto se encuentra el equipamiento existente con respecto a los que se encuentran en el mercado, teniendo en cuenta cada aspecto de los anteriormente mencionado. Es decir cada aspecto se cualificará de manera independiente para los distintos equipos. Finalmente para para obtener el indicador obsolescencia tecnológica se propone la metodología siguiente:

Metodología para determinar el nivel de obsolescencia tecnológica

Cálculo de la obsolescencia moral de un equipo:

La obsolescencia moral se refiere a la desvalorización de los fondos básicos existentes como resultado económico del progreso tecnológico, es decir el abaratamiento de los fondos básicos nuevos con los mismos parámetros existentes. Se expresa en la disminución del valor de renovación de los fondos básicos existentes, en la medida en que disminuye el valor de nuevos medios de trabajo con igual valor de uso. Esta forma de obsolescencia moral actúa constantemente en dependencia del cambio de la productividad del trabajo en la fabricación de medios de trabajo. Para la medición del desarrollo y nivel de obsolescencia moral se propone la siguiente expresión:

$$V_{m,t} = K_{b,0} - K_{b,t} \quad [2.14]$$

donde:

$V_{m,t}$: Obsolescencia moral en el año t .

$K_{b,0}$: Valor de adquisición del medio de trabajo en el año de su obtención.

$K_{b,t}$: Valor de adquisición del medio de trabajo en el año t .

Si se tiene que determinar el valor de renovación por el año t , se debe utilizar la expresión de Strumilin [1976].

$$K_{b,t} = \frac{K_{b,0}}{1 - \alpha} t$$

donde:

t : años de análisis.

α : Tasa de productividad, en el equipo en el cual se produce.

Por lo tanto se puede determinar la obsolescencia del modo siguiente:

$$V_{m, t_i} = K_{b, 0_i} - \frac{K_{b, 0_i} t}{1 - \alpha} \quad [2.15]$$

luego:

$$NOBT_i = \frac{V_{m, t_i} \cdot PO_{pi}}{\sum_{i=1}^m V_{m, t_i} \cdot PO_{pi}} \quad [2.16]$$

El nivel de obsolescencia tecnológica del equipo varía de 0 a 1 con tendencia desfavorable cuando se acerca a 1.

Una vez calculados los índices anteriores, el equipo de trabajo deberá determinar aquellos equipos con valores inadmisibles. Estos equipos se considerarán como del grupo 1 y serán excluidos del proceso de clasificación ABC

Paso 3: Determinación de la tabla de información original

El próximo paso para realizar la clasificación ABC, es determinar una escala que permita representar y codificar los atributos de clasificación. Teniendo en cuenta la presencia de atributos cuantitativos y cualitativos, se propone el empleo de una escala ordinal de tres niveles: Alto (2), Medio (1) y Bajo (0).

Los expertos se reunirán y deberán decidir los intervalos, para los índices calculados anteriormente, en los que cada atributo será considerado como de nivel alto, medio o bajo. En estos tres casos se determinará el nivel de consenso entre los expertos, estableciéndose como criterio de aceptación el que más del 80% de ellos coincide en el valor o en la clasificación. En caso de no existir consenso se pasará a un debate hasta llegar al nivel de consenso deseado. El resultado final se recogerá en un formato como el de la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Formato de entrada de la información original del sistema.

Equipo / Atributo	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	c ₆	d _i
X ₁	c ₁₁	c ₁₂	c ₁₃	c ₁₄	c ₁₅	c ₁₆	d ₁
X ₂	c ₂₁	c ₂₂	c ₂₃	c ₂₄	c ₂₅	c ₂₆	d ₂
X ₃	c ₃₁	c ₃₂	c ₃₃	c ₃₄	c ₃₅	c ₃₆	d ₃
:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:
X _m	c _{m1}	c _{m2}	c _{m3}	c _{m4}	c _{m5}	c _{m6}	d _m

Fuente: Abreu Ledón [2004].

En esta tabla, c_{ij} representa el valor moda (codificado) que recibe cada atributo “j” (j = 1...n) en cada equipo “i” (i = 1...m); d_i provee, por su parte, una partición tricotómica Y de los equipos (d_i = A, B ó C), d_i= A significa que el equipo “i” está incluido en la clase A. De acuerdo con esto se

pueden plantear los conjuntos siguientes: X, formado por los equipos ($X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$); H, formado por los atributos de condición ($H = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$).

Paso 4: Cálculo de la calidad de la clasificación

Para el cálculo de la calidad de la clasificación dada por el experto, primero, se forman los conjuntos Y_j (Y_A, Y_B y Y_C). Estos representan al conjunto de equipos en las clases A, B y C y su definición es:

$$Y_A = \left\{ \bigcup_{i=1}^m x_i \in X \mid d_i = A \right\} \quad [2.17]$$

$$Y_B = \left\{ \bigcup_{i=1}^m x_i \in X \mid d_i = B \right\} \quad [2.18]$$

$$Y_C = \left\{ \bigcup_{i=1}^m x_i \in X \mid d_i = C \right\} \quad [2.19]$$

Segundo, se buscan los subconjuntos discernibles D_h (se formarán subconjuntos de este tipo hasta que se logre abarcar todos los equipos de la muestra). Cada uno de ellos estará formado por aquellos equipos en los que coincidan los valores de sus atributos. Para el caso del primer subconjunto D_1 sería:

$$D_1 = \left\{ x_1, \bigcup_{i=2}^m x_i \in X \mid (c_{11} = c_{12}) \cap (c_{12} = c_{13}) \cap \dots \cap (c_{1n} = c_{in}) \right\} \quad [2.20]$$

A continuación se pasa a obtener las aproximaciones T-Inferior (TI) y T-Superior (TS) para cada subconjunto Y_j , así como las regiones dudosas (F_C) y la precisión de las aproximaciones (α).

TI Y_j : Formado por la unión de todos aquellos subconjuntos D_h que están incluidos en Y_j .

$$TI Y_A = \left\{ \bigcup_{\forall h} D_h \in X \mid D_h \subset Y_A \right\} \quad [2.21]$$

$$TI Y_B = \left\{ \bigcup_{\forall h} D_h \in X \mid D_h \subset Y_B \right\} \quad [2.22]$$

$$TI Y_C = \left\{ \bigcup_{\forall h} D_h \in X \mid D_h \subset Y_C \right\} \quad [2.23]$$

TS Y_j : Formado por la unión de todos aquellos subconjuntos D_h que tienen intersección con Y_j .

$$TS Y_A = \left\{ \bigcup_{\forall h} D_h \in X \mid (D_h \cap Y_A) \neq \phi \right\} \quad [2.24]$$

$$TS Y_B = \left\{ \bigcup_{\forall h} D_h \in X \mid (D_h \cap Y_B) \neq \phi \right\} \quad [2.25]$$

$$TS Y_C = \left\{ \bigcup_{\forall h} D_h \in X \mid (D_h \cap Y_C) \neq \phi \right\} \quad [2.26]$$

Además, se define F_C como un conjunto formado por aquellos elementos de TS que no están incluidos en TI.

$$F_C(Y_A) = \left\{ \bigcup_{i=1}^m x_i \in TS \mid Y_A / x_i \not\subset TI Y_A \right\} \quad [2.27]$$

$$F_C(Y_B) = \left\{ \bigcup_{i=1}^m x_i \in TS \mid Y_B / x_i \not\subset TI Y_B \right\} \quad [2.28]$$

$$F_C(Y_C) = \left\{ \bigcup_{i=1}^m x_i \in TS \mid Y_C / x_i \not\subset TI Y_C \right\} \quad [2.29]$$

La precisión de la aproximación (α) representa el cociente de la cantidad de elementos incluidos en TI entre la cantidad de elementos incluidos en TS.

$$\alpha(Y_A) = \frac{n_{TI(Y_A)}}{n_{TS(Y_A)}} \quad [2.30]$$

$$\alpha(Y_B) = \frac{n_{TI(Y_B)}}{n_{TS(Y_B)}} \quad [2.31]$$

$$\alpha(Y_C) = \frac{n_{TI(Y_C)}}{n_{TS(Y_C)}} \quad [2.32]$$

donde:

$n_{TI(Y_j)}$: Cantidad de equipos incluidos en TI Y_j ($j = A, B, C$).

$n_{TS(Y_j)}$: Cantidad de equipos incluidos en TS Y_j ($j = A, B, C$).

Por último, la calidad de la clasificación (γ) se calcula a través de la ecuación siguiente:

$$\gamma = \frac{\sum_{\forall j} n_{TI(Y_j)}}{m} \times 100\% \quad j = A, B, C \quad [2.33]$$

donde:

m: cantidad de equipos incluidos en la muestra.

En el caso en que la calidad de la clasificación sea menor que el 100% se debe hacer un mejoramiento de esta, eliminando, por parte de los expertos, las contradicciones existentes en la tabla de información original. Los expertos pueden identificar estas contradicciones a través de los valores de las precisiones de las aproximaciones y de las regiones dudosas determinadas con anterioridad.

Etapa III: Determinación de las alternativas de inversión a analizar

Una vez finalizada la etapa anterior se puede contar con dos tipos de equipos para el análisis: los del grupo 1 y los de la clase A. Los equipos del grupo 1 tienen máxima prioridad, por lo que se deberán ordenar teniendo en cuenta el nivel de afectación que tenga el equipo y la importancia de la misma. Se deberán buscar las alternativas de solución para estos equipos en el orden establecido, aplicando luego el procedimiento que más adelante se refiere. Se pasará al equipo siguiente, si y sólo si al terminar de decidir la inversión sobre el equipo bajo análisis quedan fondos monetarios disponibles. Si al terminar de analizar los equipos del grupo 1 existe disponibilidad de fondos, se deberá proceder a determinar y analizar las alternativas de solución para todos los equipos de la clase A.

La determinación de las alternativas de inversión posibles deberá ser realizada por el equipo de trabajo, auxiliándose del grupo de expertos. Para ello se propone el Diagrama Efecto-Causa-Solución (Figura 2.2). Según este diagrama, el proceso consiste en la búsqueda, hasta un nivel de detalle adecuado, de las causas que provocan los problemas de los equipos (se observa en el esquema que las causas de un problema pudieran coincidir con las causas de otro). A partir de estas causas de nivel "n", de los fondos monetarios disponibles y con el conocimiento de las opciones existentes en el mercado, se pueden plantear las soluciones o alternativas.

2.3 Conclusiones Parciales

- 1) El procedimiento mejorado para la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo se enmarca indiscutiblemente en la atenuación del subjetivismo referido al proceso de toma de decisiones.
- 2) La importancia relativa del equipo en el proceso no sólo abarca que tan importante resulta ser cada equipo dentro del proceso, sino que también cuán importante es el producto que resulte de dicho proceso.
- 3) El nivel de obsolescencia tecnológica que presenta un equipo demostró ser un indicador con determinados elementos subjetivos, debido a la valoración de una serie de aspectos por los expertos, no obstante presenta cualidades previamente tangibles.
- 4) Se cuenta con criterios más objetivos para la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo en la "Fábrica de Fusibles y Desconectivos".

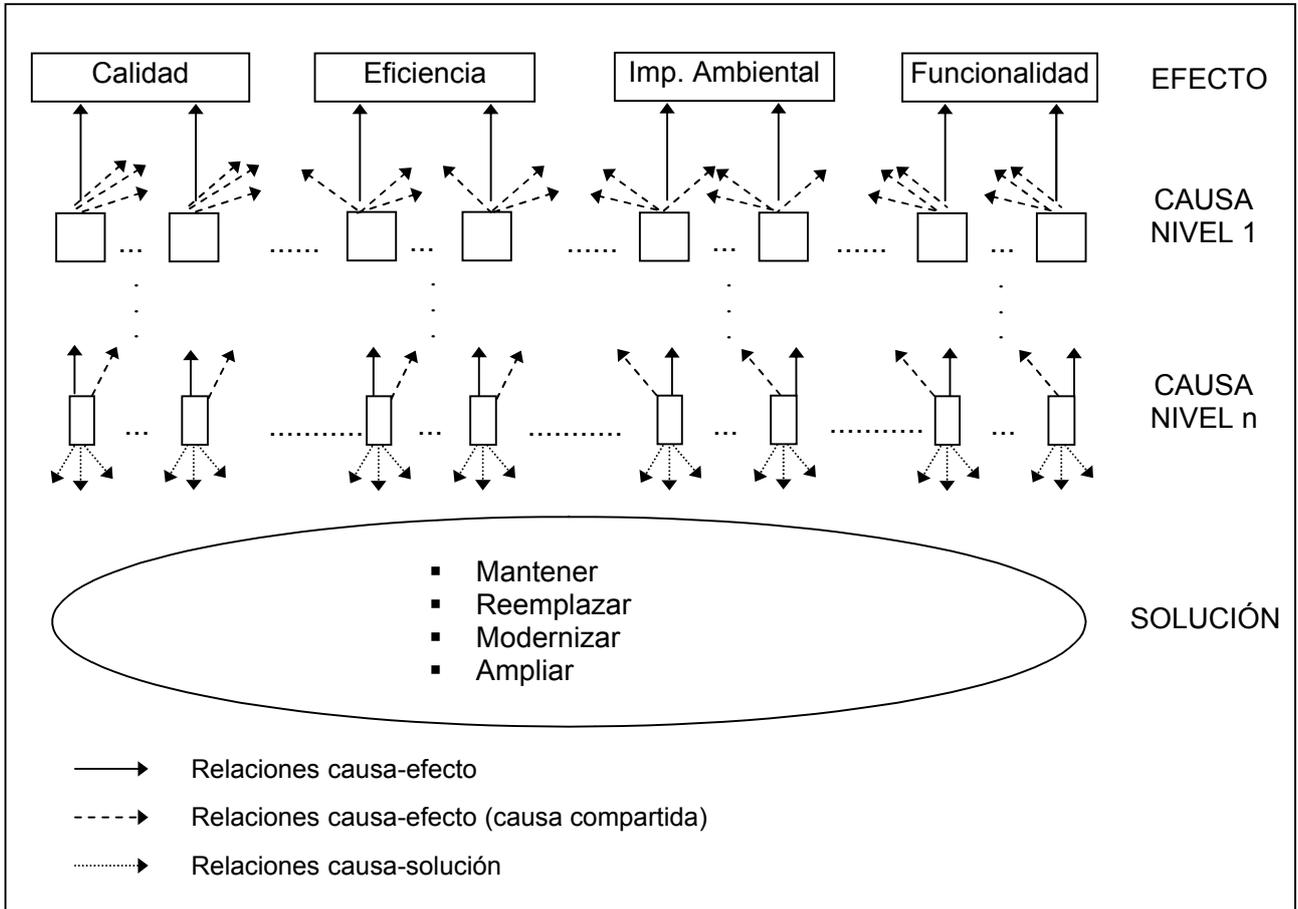


Figura 2.2 Diagrama Efecto-Causa-Solución. Fuente: Abreu Ledón [2004].



CAPITULO III

CAPITULO III IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN SOBRE EL EQUIPAMIENTO PRODUCTIVO EN LA “FÁBRICA DE FUSIBLES Y DESCONECTIVOS”

3.1 Introducción

En este Capítulo se aplican los pasos del procedimiento descrito en el Capítulo II, lográndose la identificación de oportunidades de inversión en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”.

3.2 Caracterización de la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos

La “Fábrica de Fusibles y Desconectivos” fue creada en enero del año 2000 por la Empresa de Grupos Electrógenos y Servicios Eléctricos (GEYSEL) y desde el 1 de abril del año 2007 pertenece a la Empresa de Producciones Electromecánicas (EPEM) del Ministerio de la Industria Básica (MINBAS). Desde su creación ha tenido como objeto social la producción y comercialización de forma mayorista de componentes electrotécnicos y electromecánicos, así como la prestación de servicios de calibración y pruebas eléctricas a componentes electrotécnicos a las entidades de la Unión Eléctrica, para lo cual cuenta con 137 trabajadores, de ellos 105 hombres y 32 mujeres, de una plantilla aprobada de 157 trabajadores.

Está representada por el Ing. Orestes Bermúdez Rodríguez, quien es su director, nombrado por Resolución No. 172 del 1 de julio de 2007 dictada por el Director General de la Empresa de Producciones Electromecánicas.

Entre sus principales productos se encuentran el eslabón fusible de media tensión (Tipo K) para 15 kV y 34 kV, los cortacircuitos de expulsión (drop out), los seccionadores monopolares y tripolares, las cadenas de prueba, los guardacabos, los terminales de conexión, la calibración de contadores de energía eléctrica, el ensamblaje de luminarias y de gabinetes para contadores de energía eléctrica (ver más detallado en el Anexo 5).

La sede principal de la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos” se encuentra ubicada en la Carretera a Camajuaní, km 4 ½, en la ciudad de Santa Clara, Villa Clara, Cuba, dentro del área del Politécnico General Lázaro Cárdenas del Río, donde ocupa un área aproximada de 7 550,0 m², de ellos 2826,7 m² techados.

Posee además dos emplazamientos, situados uno en Carretera Central, km 307 , banda Placetas, desvío Universidad, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, el cual ocupa un área aproximada de 4027,10 m², de ellos 836,8 m² techados y puede comunicarse por el teléfono 225745, (en lo adelante Nave Victoria) y otro situado en Calle B, número 34, entre 6^{ta} y Final, Reparto Moro, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, el cual ocupa un área aproximada de 10410,0 m², de ellos 1624,7 m² techados y puede comunicarse por el teléfono 227578, (en lo adelante Nave los Moros).

Las condiciones naturales del entorno que rodean a los tres emplazamientos mencionados son favorables, dado fundamentalmente por encontrarse alejados de la ciudad y estar separados de las viviendas más cercanas por una amplia extensión de pastos y carreteras. Poseen extensas áreas verdes y vegetación, estando favorecida por una gran ventilación e iluminación natural.

El entorno socioeconómico de su sede principal es favorable, fundamentalmente por estar insertada dentro del área del Politécnico General Lázaro Cárdenas del Río, lo que le permite sustituir parte de su fuerza de trabajo por estudiantes. Una parte de su personal procede del entorno de la fábrica a la que se trasladan en bicicleta y la otra parte en guagua. No existen industrias u otro tipo de organización de producción o servicios que puedan afectar desde el punto de vista ambiental a la organización.

En los demás emplazamientos el entorno socioeconómico también es favorable. La Fábrica de Luminarias se encuentra ubicada en el Reparto Moro, junto a EMPRESTUR y en las inmediaciones de la textilera “Desembarco del Granma”; no recibe afectaciones ambientales de ninguna de estas empresas y la mayoría de su personal procede del entorno de la fábrica a la que se trasladan en bicicleta. La gestión de la mayor cantidad de sus desechos se realiza a través de la Empresa de Materias Primas.

La Fábrica de Drop Out y Gabinetes se ubica junto a una pequeña presa del río Ochoa, en las cercanías del Politécnico Victoria de Santa Clara; no recibe afectaciones ambientales de su entorno y sus producciones se gestionan con la reutilización de los envases lo que las hace amigables con el medio ambiente. Su personal es reducido y casi su totalidad se traslada a ella en ómnibus.

En la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos” el recurso más importante para el logro de los objetivos es el recurso humano, ya que dentro del proceso de producción es quien agrega valor y calidad al producto, por eso ningún trabajador puede remplazar el buen trabajo de otro, sino que todos son responsables por el logro de la calidad y el cumplimiento de los objetivos.

La fábrica tiene implantado el sistema SISCON-5 para el control de la actividad económica contable, que permite mensualmente conocer los valores de los principales indicadores económicos de una entidad en perfeccionamiento empresarial. Anualmente, en fecha posterior al año concluido, se realiza una auditoría financiera por CANEC, que certifica nuestra contabilidad como confiable. También anualmente, se reciben auditorías del Bureau Veritas y de la Oficina Nacional de Normalización destinadas a verificar si se mantienen y mejoran continuamente los sistemas certificados. Se ha documentado e implantado el Sistema de Control Interno a fin de dar cumplimiento a lo establecido por el Ministerio de Finanzas y Precios en la Resolución N° 297 de 2003. Dada la incidencia que tiene la actividad informática en todos los ámbitos del

trabajo, la sede principal ha creado una red interna (*Intranet*) que consta de 37 máquinas, que prestan servicios de navegación, FTP, correo electrónico, bases de datos y mensajería instantánea; de los 37 usuarios 9 tienen acceso a Internet. En la Fábrica de Luminarias (Nave los Moros), ya se encuentran instaladas las conexiones de la red interna pero aún no se cuenta con la conexión hacia el exterior, la que se efectuará en breve fecha.

Los principales clientes de la empresa así como sus proveedores más representativos se pueden apreciar en el Anexo 6.

3.3 Aplicación del procedimiento para la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”

Etapa I: Conformación del equipo de trabajo. Cálculo y selección del número de expertos

Como miembros del equipo de trabajo se seleccionaron a:

1. Director de la empresa. (Jefe del equipo).
2. Jefe de producción.
3. Jefe de mantenimiento.
4. Jefe de economía.

El número de expertos (ocho) fue calculado según la ecuación 2.1, estableciéndose para ello los valores siguientes: $p = 0,01$; $i = 0,1$ y $1-\alpha = 0,99$.

Etapa II: Clasificación de los equipos en clases de prioridad (A, B y C)

Paso 2: Cálculo de los índices de funcionamiento y estado de los equipos.

% de productos de buena calidad

Para el cálculo de este índice no fue necesario elaborar la matriz característica de calidad-equipos, ya que la planta cuenta con un “Expediente de No Conformidades” para cada equipo, en los cuales se recoge la cantidad diaria de productos defectuosos que salen de ellos. Se tomaron datos históricos de los productos defectuosos, obteniéndose el % de productos de buena calidad siguiente (Ver Tabla 3.1):

Tabla 3.1 % de productos de buena calidad.

Equipos	IC _i (%)
A-40 (X ₁)	99,0
A-20 (X ₂)	98,5
A-12 (X ₃)	98,8
ATA-25 (X ₄)	99,0
IB-118 (X ₅)	98,4

Fuente: Elaboración Propia.

Índice de Eficiencia Media Comparativa

Para el cálculo de este indicador se tomó la producción de un año de la empresa. En el Anexo 7 se muestran las producciones realizadas por los equipos y que se seleccionaron para calcular

este indicador. Las entradas y salidas en cada equipo, relacionadas con las producciones anteriores, aparecen en la Tabla 3.2. Como gastos de mantenimiento se obtuvo un promedio en cada equipo para la cantidad de productos elaborados.

Tabla 3.2 Valores de entradas y salida de cada equipo en la planta

Equipo	Energía eléctrica (kW-h)	Tiempo de producción (min)	Salario (\$)	Mtto (\$)	Valor (\$)
x_1	11763.84	299626.8	1188	298.95	157888.34
x_2	19852.8	74906.7	594	159.15	23891.49
x_3	6336	49937.8	990	257.25	11608.04
x_4	18289.92	39950.24	792	201.9	6749.59
x_5	10454.4	34956.46	396	102.75	9613.03
TOTAL	66696.96	499378	3960	1020	209750.50

El desarrollo, usando el *software WinQSB*, de los modelos 2.3 y 2.5 para cada equipo (ver Anexo 8), dieron como resultado las matrices de pesos de formulación agresiva (Tabla 3.3) y de eficiencias cruzadas, con el correspondiente vector de eficiencia media comparativa para cada equipo (Tabla 3.4).

Tabla 3.3 Matriz de pesos de formulación agresiva

Equipo	Energía Eléctrica	Tiempo de Producción	Salario	Mtto	Valor
x_1	0,004160	0,000000	0,000340	0,000000	0,000050
x_2	0,000000	0,000000	0,000000	0,026400	0,000053
x_3	0,000000	0,000000	0,001300	0,000300	0,000006
x_4	0,001300	0,000032	0,000010	0,000000	0,000001
x_5	0,000001	0,000004	0,000013	0,000012	0,000003

Tabla de 3.4 Matriz de eficiencias cruzadas. Valor de eficiencia media comparativa de los equipos en la fábrica

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
x_1	1,000	0,489	0,485	1,000	0,345
x_2	0,929	1,000	1,000	0,629	0,696
x_3	0,483	0,464	0,920	0,483	0,352
x_4	0,521	0,364	0,696	0,521	0,284
x_5	0,979	0,276	0,986	0,979	0,213
e_i	0,782	0,519	0,817	0,722	0,378

Índice Relativo de Impacto Ambiental

En el cálculo del índice Relativo de Impacto Ambiental se detectaron las siguientes salidas negativas o riesgos:

- 1) Los equipo x_1 , x_4 presentan salideros de aceite (r_1), lo cual puede provocar caídas de los que allí operan con consecuencias leves.
- 2) En los equipo x_2 , x_3 y x_5 también se evidencian salideros (r_2) de aceite pero con consecuencias menos graves.
- 3) Para los equipos x_1 , x_3 y x_4 se identifican ciertos niveles de ruido (r_3) de consecuencia leve.
- 4) También existe ruido (r_4) los x_2 y x_5 , esto presentan consecuencias menos graves.

En la Tabla 3.5 se ofrece un resumen del trabajo de los expertos para el cálculo del índice establecido.

Tabla 3.5 Resumen del trabajo de expertos. Cálculo del Índice de Consenso

		Expertos								ICS _{ri} (%)	Valores promedios
		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈		
r ₁	C	0,9	0,9	1	1,1	1	0,9	1,1	0,9	96,68	0,975
	E	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	98,26	0,975
	p	0,5	0,6	0,4	0,7	0,5	0,4	0,5	0,6	96,13	0,525
r ₂	C	2,0	2,0	2,1	2,0	1,8	2,1	2,0	2,2	95,64	2,025
	E	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	98,26	0,975
	p	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	97,35	0,525
r ₃	C	1,1	1,0	1,2	1,0	0,9	1,1	1,2	1,3	95,10	1,100
	E	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	98,26	0,975
	p	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	98,68	0,987
r ₄	C	2,1	2,2	2,1	2,0	1,9	2,1	2,0	2,1	96,57	2,062
	E	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	98,26	0,975
	p	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	100,0	1,000

En la Tabla 3.6 se presenta, a partir de las ecuaciones 2.8 y 2.9, el cálculo del índice relativo de impacto ambiental para los equipos analizados.

Tabla 3.6 Cálculo del Índice Relativo de Impacto Ambiental

Equipos	IIA_i	IRIA_i
x₁	1,557	0,137
x₂	3,046	0,269
x₃	2,095	0,185
x₄	1,557	0,137
x₅	3,046	0,269

Funcionalidad

En cuanto al Índice de Funcionalidad los problemas están relacionados con la disponibilidad de alguno de los equipos. En este sentido, los cálculos se realizaron a partir de la ecuación 2.11, considerando los productos promedios planificados y realizado por los equipos en un año (ver Tabla 3.7).

Tabla 3.7 Cálculo del Índice de Funcionalidad

	Productos promedio planificados en el año. (unidades)	Productos realizados en el año (unidades)	F_i
x₁	121200	112110	0.925
x₂	60600	39511	0.652
x₃	101000	84941	0.841
x₄	80800	59953	0,742
x₅	40400	22462	0,556

Importancia relativa del equipo en el proceso

Para el cálculo de este indicador se hace necesario registrar por equipos los datos que se muestran en la Tabla 3.8, los mismo pueden ser para un producto terminado, así como un elemento de un producto final.

Tabla 3.8 Datos para determinar la importancia del equipo.

Equipos	Productos que o elementos que se elaboran	Cantidad de operaciones que se le realizan	Valor del productos(\$)	Cantidades de operaciones para obtener el producto final	Tiempo unitario(s)	Tiempo total de procesamiento (s)
x_1	Terminal superior Ø8, 10, 16 Separador de cuchilla Separador del gatillo	14	1,053	63	132	4572
x_2	Terminal superior Ø8, 10 Separador largo del seguro	10	0.637	63	90	4572
x_3	Terminal superior Ø8 Pasador roscado de la cuchilla	11	0.464	63	60	4572
x_4	Terminal superior Ø8, 10	6	0.337	11	60	432
x_5	Pasador largo de cuchilla Pasador corto de cuchilla	6	0.550	52	60	4140

Aplicado la ecuación 2.12 del capítulo anterior se obtuvieron los valores de importancia relativa de los equipos de la planta, los cuales se pueden apreciar en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Valores de importancia de los equipos

Equipos	IRE _i
x_1	0.380
x_2	0.162
x_3	0.125
x_4	0.331
x_5	0.102

Nivel de obsolescencia tecnológica

En el caso del nivel de obsolescencia tecnológica del equipo primeramente resulta necesario determinar el nivel de obsolescencia moral del equipo, la Tabla 3.10 la tasa de productividad así como el costo de adquisición de cada equipo, además el período de tiempo para el estudio de este indicador fueron dos años.

Tabla 3.10 Tasa de Productividad y Costo de Adquisición

Equipos	α	Costo de Adquisición
x ₁	0.63	2500
x ₂	0.61	15817,99
x ₃	0.65	21090,66
x ₄	0.72	9661,5
x ₅	0.61	2500

Los valores de obsolescencia moral calculados mediante la expresión 2.13, los mismos están dados en unidades monetarias y su signo negativo implica que ese es el valor que pierde el equipo en el período estudiado dado por su productividad (Ver Tabla 3.11).

Tabla 3.11 Valores de obsolescencia moral de los equipos en la planta

Equipos	Vmt,(\$)
x ₁	-2125
x ₂	-15027.1
x ₃	-15818
x ₄	-3864.6
x ₅	-2375
Total	-39209.7

Para el análisis de los seis aspectos relacionados con la obsolescencia tecnológica del equipamiento existente en la planta y el que se encuentra en el mercado, los expertos realizaron la valoración de los mismos (ver Tabla 3.12), la valoración de los expertos se ajusta al índice de consenso fijado en el análisis del indicador impacto ambiental.

Tabla 3.12 Valoración de los expertos sobre el equipamiento

Aspectos	Equipos				
	1	2	3	4	5
1	26	15	24	12	93
2	30	66	22	53	27
3	14	72	19	14	80
4	21	41	17	26	92
5	12	88	14	31	61
6	13	19	21	19	73

Los porcentajes reflejados en la tabla anterior se refieren a en qué medida el nivel de obsolescencia tecnológica del equipamiento existente se encuentra con respecto al del mercado

de equipos. Aplicando la expresión 2.14 del capítulo los valores de obsolescencia tecnológica se pueden apreciar en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13 Valores de obsolescencia tecnológica de los en planta

Equipos	NOBT _i
1	0.057
2	0.378
3	0.398
4	0.101
5	0.066

Paso 3: Determinación de la tabla de información original

La información original del sistema fue brindada por los expertos a partir de los indicadores anteriores y las sugerencias emitidas en el Capítulo II de esta Tesis. Esta información aparece en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14 Información original del sistema

Equipo / Atributo	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	c ₆	d _i
x ₁ (A-40)	0	0	0	0	2	0	C
x ₂ (A-20)	1	2	1	2	1	2	A
x ₃ (A-12)	0	0	0	1	1	2	B
x ₄ (ATA-25)	0	0	0	0	2	1	C
x ₅ (IB-118)	1	2	1	2	0	0	A

c₁: Calidad del producto; c₂: Eficiencia; c₃: Impacto ambiental;
c₄: Funcionalidad; c₅: Importancia del equipo en el proceso; c₆: Obsolescencia

Paso 4: Cálculo de la calidad de la clasificación

Se formaron los tres conjuntos Y_j siguientes:

$$Y_A = \{X_2, X_5\} \quad Y_B = \{X_3\} \quad Y_C = \{X_1, X_4\}$$

Posteriormente se determinaron los 10 subconjuntos discernibles siguientes:

D ₁ = { X ₁ }
D ₂ = { X ₂ }
D ₃ = { X ₃ }
D ₄ = { X ₄ }
D ₅ = { X ₅ }

Luego se obtuvieron las aproximaciones TI y TS para cada subconjunto Y_j, así como F_C y α.

$$TI Y_A = \{X_2, X_5\}$$

$$TS Y_A = \{X_2, X_5\}$$

$$F_C(Y_A) = \{ \phi \}$$

$$\alpha(Y_A) = 1.00$$

$$TI Y_B = \{X_3\}$$

$$TS Y_B = \{X_3\}$$

$$F_C(Y_B) = \{ \phi \}$$

$$\alpha(Y_B) = 1.00$$

$$TI Y_C = \{X_1, X_4\}$$

$$TS Y_C = \{X_1, X_4\}$$

$$F_C(Y_C) = \{ \phi \}$$

$$\alpha(Y_C) = 1.00$$

Por último, la calidad de la clasificación fue de:

$$\gamma_s(Y) = \frac{5}{5} = 1$$

Etapa III: Determinación de las alternativas de inversión a analizar

Para los dos equipos de la clase A (A-20 y IB-118) se conformaron los diagramas Efecto – Causa – Solución que se muestran en los Anexos 9 y 10. Para el caso del equipo A-20 se realizó un estudio acerca de las oportunidades de modernización del mismo, la modernización conllevaría cambiarle el sistema de cloche que posee actualmente (eléctrico) por uno mecánico, lo cual mejoraría sus funciones. En Tabla 3.15 se evidencia el equipo que pudiera reemplazar al IB-118 en su misma cuantía, el modelo de equipo se encontró mediante el criterio de los expertos y búsquedas en internet, la alternativa de reemplazo se considera como única alternativa de inversión en este caso, debido a que el equipo no admite modernización por su complejo mecanismo.

Tabla 3.15 Alternativa de inversión para IB-118

Para IB-118
Reemplazar con PX-051
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cuenta con sistema de control numérico ▪ Presenta cloche mecánico ▪ Vida útil estimada: 10 años ▪ Potencia del motor: 3,6 kW

- País de origen: Alemania
- Precio: 3 540 USD

3.4 Análisis Costo-Beneficio de la aplicación del procedimiento propuesto.

La efectividad de un proceso de identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo puede ser estimada a partir del impacto que tengan las inversiones ejecutadas sobre una serie de aspectos de carácter económico, organizacional y ambiental. Este proceder implicaría la comparación cuantitativa y cualitativa entre los resultados obtenidos por la aplicación del procedimiento propuesto y del procedimiento actual de la empresa. Como es lógico deducir, la comparación desde el punto de vista cuantitativa es difícil de realizar y precisaría de mucho tiempo, con el cual no se cuenta para esta investigación, que permita obtener la información necesaria relacionada con el desempeño de dichas inversiones.

Por las razones anteriores, la comprobación de la hipótesis se realizará sobre la base de la comparación cualitativa de los dos procedimientos (actual y propuesto). Por ello, se realizó la comprobación de la hipótesis a partir del siguiente criterio:

- Aplicar un método de expertos a partir de seleccionar el número de estos, luego se le preguntaría su criterio acerca de cuanto aportaría el procedimiento que existe actualmente en la empresa y el propuesto en la búsqueda de soluciones óptimas de inversión sobre el equipamiento productivo; se les proporcionará un escala de 0 a 100% (0_____100%) donde se ubicará el nivel de aportación de cada una de las formas que se están comparando. A partir de esta información se puede realizar los análisis estadísticos siguientes:
- Analizar la concordancia de los expertos a partir del Índice de Consenso de Abreu Ledón (2004)
- Analizar si existen diferencias significativas entre los dos métodos a partir de la aplicación de la Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas.

Para ello se obtuvo la Tabla 3.16 donde se muestra la puntuación dada por los expertos para los procedimientos actual y propuesto.

Tabla 3.16 Valoración de los Expertos acerca de los procedimientos

Procedimiento	Expertos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Actual	70	72	71	76	69	72	73	71
Propuesto	97	96	97	99	94	95	96	97

El índice de consenso y el promedio de la puntuación dada por los expertos se aprecian en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17 Valores del índice de consenso y puntuación

Procedimiento	Índice de consenso	Promedio de la puntuación
Actual	97,5	71,75
Propuesto	98,7	96,37

Como se muestra en la Tabla 3.18 se observan diferencias significativas entre los dos métodos para un nivel de significancia del 5%.

Tabla 3.18 Resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon para dos muestras relacionadas. Salida del SPSS 9.0 for Windows.

Ranks				
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Método o procedimiento propuesto - Método o procedimiento actual	Negative Ranks	0 ^a	.00	.00
	Positive Ranks	8 ^b	4.50	36.00
	Ties	0 ^c		
	Total	8		

a. Método o procedimiento propuesto < Método o procedimiento actual
b. Método o procedimiento propuesto > Método o procedimiento actual
c. Método o procedimiento actual = Método o procedimiento propuesto

Test Statistics^b

	Método o procedimiento propuesto - Método o procedimiento actual
Z	-2.536 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	.011

a. Based on negative ranks.
b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Además del análisis anterior se realizó una valoración sobre los principales costos y beneficios de la aplicación de la propuesta en el objeto de estudio, considerando su posible generalización a otras plantas de la empresa.

Los costos están relacionados con: 1) elaboración de un software; 2) gastos de salario de los miembros del equipo de trabajo y de los expertos y 3) gastos para la búsqueda de información

externa sobre alternativas de inversión y para el procesamiento de la información. Los beneficios son de naturaleza cualitativa pero siempre mayores que los costos anteriores. Se asocian a la aplicación del procedimiento mejorado propuesto los beneficios cualitativos siguientes:

- 1) Un inventario detallado de los principales problemas del equipamiento productivo, así como de sus posibilidades de mejora a través de la inversión.
- 2) Aumento de la efectividad del proceso de toma de decisiones sobre el equipamiento productivo, ya que se considera un enfoque multicriterio y se cuenta con las herramientas que permiten abarcar las especificidades del proceso de inversión sobre estos activos.
- 3) Determinación de la alternativa de inversión más adecuada, en función de los objetivos de la organización y de la disponibilidad de recursos monetarios.
- 4) Formación progresiva de una cultura de cambio, tanto en las formas actuales de pensar como en las de actuar.
- 5) Participación activa de los miembros de la organización en el proceso de toma de decisiones

3.5 Conclusiones Parciales

- 1) La aplicación experimental del procedimiento mejorado para la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”, permitió constatar su factibilidad como instrumento para elevar la efectividad del proceso de toma de decisiones relacionadas con la inversión sobre el equipamiento productivo. Todo esto permitió validar la hipótesis formulada en esta investigación.
- 2) El desarrollo y determinación de los indicadores multicriteriales permitió conocer que en el caso de los dos equipos A-20 y IB-118 presentaban problemas con la eficiencia y la funcionalidad.
- 3) Los diferentes índices aplicados y las herramientas de la Investigación de Operaciones utilizadas en la toma de decisiones permiten elevar el nivel de aceptación por parte de los empresarios, procedimiento mejorado propuesto, al demostrarse su impacto positivo en la organización del proceso de toma de decisiones y en la obtención de resultados robustos.
- 4) La implementación del presente procedimiento para la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento productivo presupone cambios en las formas actuales de pensar y actuar, así como el desarrollo de un sistema efectivo que permita la captación de información, tanto interna como externa a la empresa.



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES

- 1) El procedimiento mejorado para la identificación de oportunidades de inversión sobre el equipamiento constituye una contribución al proceso de perfeccionamiento empresarial que se desarrolla en el país.
- 2) La hipótesis de la investigación quedó demostrada a través de la Prueba de Wilcoxon sumado a los beneficios de origen cualitativos.
- 3) Quedó evidenciada la necesidad de la aplicación de un procedimiento con enfoque multicriterial para la toma de decisiones de inversión sobre el equipamiento productivo en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”.
- 4) La atenuación del subjetivismo en valoración matemática de los seis indicadores propuestos conduce sin lugar a duda a la mejora continua e incesante del proceso de toma de decisiones.
- 5) Las expresiones de cálculo propuestas para la determinación de la importancia del equipo en el proceso y el nivel de obsolescencia tecnológica constituyen los principales aportes científicos de esta investigación.
- 6) Las empresas pertenecientes al MINBAS contarán con una potente herramienta dirigida a resolver el grave problema de la asignación de los recursos a la inversión sobre el equipamiento productivo.
- 7) Quedó evidenciada la necesidad de la elaboración de un software que facilite el trabajo por parte de los directivos con el procedimiento propuesto.
- 8) La capacitación del personal relacionado con la aplicación del procedimiento mejorado que se propone resulta necesaria para un mejor desempeño de los mismos.



RECOMENDACIONES



RECOMENDACIONES

- 1) Realizar un análisis de factibilidad económica para las alternativas de inversión propuestas en el capítulo III de la presente investigación, con el objetivo de validar económicamente lo que técnicamente se demostró.
- 2) Desarrollar planes de capacitación en las empresas pertenecientes al MINBAS con el objetivo de mejorar la comprensión de la herramienta propuesta debido a su inminente nivel de complejidad.
- 3) Desarrollar de un software que incluya las expresiones propuestas y permita la obtención más rápida de los resultados y, por tanto, una mayor aceptación por parte de los empresarios.
- 4) Hacer extensivo el enfoque multicriterial presentado en la presente investigación a otros sectores de las empresas cubanas con la finalidad de perfeccionar el proceso de la toma de decisiones que se desarrolla.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Abreu Ledón (2004). Modelo y procedimiento para la toma de decisiones de inversión sobre el equipamiento productivo en empresas manufactureras cubanas.
- [2] Alford, L. P. (1953). Manual de la producción. Editorial Hispanoamericana, México.
- [3] Asamblea Nacional del Poder Popular (1997). Ley No.81 del Medio Ambiente. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición extraordinaria, La Habana, 11 de julio de 1997, Año XCV, 7. Revisado el 21 de enero de 2005 en <http://www.medioambiente.cu/legislación/leyes/L-81.htm>.
- [4] Azaiez, M. N. (2002). A multi-attribute preventive replacement model. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 8, 3, 213-225. Revisado el 5 de mayo de 2005 en <http://www.emeraldinsight.com/1355-2511.htm>.
- [5] Baca, G. (2000). Ingeniería económica. 6ta edición, Fondo Educativo Panamericano, Bogotá, Colombia.
- [6] Bain, D. (1993). Productividad. La solución de los problemas de la empresa. McGRaw-Hill, México.
- [7] Beichelt, F. (1982). A replacement policy based on the maintenance cost rate. IEEE Transaction on Reliability, 391-393.
- [8] Canada, J., Sullivan, G. R. (1997). Análisis de la inversión de capital para ingeniería y administración. 2da edición, A Simon & Schuster Company, Prentice may.
- [9] Cantillo, V. (1998). Reemplazo económico de los equipos. Revista Ingeniería y Desarrollo, 3-4, Universidad del Norte, Colombia
- [10] Cheevaprawatdomrong, T. & Smith, R. L. (2001). A paradox in Equipment replacement under Technological Improvement. National Science Foundation. Grant DMI-9713723. Revisado el 7 de septiembre de 2005 en <http://www.personal.engin.umich.edu/~rlsmith/EqRe.2.25.01.pdf>.
- [11] Churchman, C. W., Ackoff, R. L. & Arnoff, E. L. (1971). Introducción a la Investigación Operativa. Aguilar SA Ediciones, Madrid, España.
- [12] CITMA (1999). Reglamento del proceso de evaluación del impacto ambiental. Resolución No. 77/99. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición extraordinaria, La Habana, 6 de agosto de 1999, Año XCVII, 48. Revisado el 21 de enero de 2005 en <http://www.medioambiente.cu/legislación/lresoluciones/>

- [13] Clapham, J. C. R. (1957). Economic life of equipment. *Operations Research Quarterly*, 8, 2, 181-190.
- [14] Comité Estatal de Finanzas de Cuba. (1979). Resolución No 611-79 del 9 de Agosto de 1979. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, Año LXXVII, No 32, Ciudad de La Habana, Cuba
- [15] Conway, W.F. (1988). *The correct way of managing*. Conway Quality. Inc
- [16] Cruz Pérez, R. (1985). Algunos elementos sobre el análisis de los fondos básicos. *Revista Economía y Desarrollo*, Cuba, 88, 23-33.
- [17] De Garmo, E. P. (1960). *Engineering economy*. New York, The Macmillan Company.
- [18] Dean, J. (1974). *Política de inversiones*. Labor, Barcelona, España, 79-138.
- [19] Derkach, A. (1986). *Teoría de envejecimiento de las máquinas*. Editorial Mir, Moscú.
- [20] Dohi, T., Ashioka, A., Kaio, N., & Osaki, S. (2001). Optimizing the repair-time limit replacement schedule with discounting and imperfect repair. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 7, 1, 71-84. Revisado el 27 de enero de 2006 en <http://www.emerald-library.com/ft>.
- [21] Dohi, T., Matsushima, N., Kaio, N. & Osaki, S. (1996). Nonparametric repair-limit replacement policies with imperfect repair. *European Journal of Operational Research*, 96, 266-273.
- [22] Drucker, P. F. (1993). *Gerencia para el futuro*. Editorial Norma S.A. Colombia.
- [23] Eilon, S., King, J. R. & Hutchinson, D. E. (1966). A study in equipment replacement. *Operations Research Quarterly*, 59-71.
- [24] Espinoza, J. (1990). Reemplazo de equipos: Un enfoque de mantenimiento. *Revista Mantenimiento*, México, 1. Revisado el 15 de septiembre de 2005 en http://www.servic.cl/art_rm/rev.html/rev01/rev1art3.html.
- [25] Figuera Andú, J. & Figuera Figuera, J. R. (1979). *Renovación de equipos industriales*. Editorial Hispanoeuropea, Barcelona, España.
- [26] Franco Cuartas, F. (2003). *Evaluación de Proyectos*. Revisado el 7 de abril de 2005 en <http://www.eafit.edu.co/finanzas/PROYECTOS FINANCIAMIENTO>.
- [27] FreeAdvice, (2004). What are Capital Assets?. Revisado el 15 de mayo de 2004 en http://law.freeadvice.com/tax_law/income_tax_law/capital_assets.htm

- [28] García, M. (1969). El método MAPI como criterio para la sustitución de maquinaria. IIT Tecnología. Instituto de investigaciones tecnológicas, Bogotá, Colombia, XI, 6.
- [29] García, O. (1999). Administración Financiera, fundamentos y aplicaciones. 3ra edición, Moderna Impresores, Cali, Colombia.
- [30] Gitman, L. (2003). Principios de Administración Financiera. Prentice Hall, 10ma edición, San Diego State University.
- [31] Goldman, A. S. & Slattery, T. B. (1964). Maintainability, a major element of system effectiveness. New York, Jhon Wiley & Sons, Inc.
- [32] Gomez, G. E. (2000). Análisis de reemplazo de activos físicos. Revisado el 20 de marzo de 2006 en <http://www.gestiopolis.com/canales/financiera/articulos/17/>.
- [33] Hill T. (1994). Manufacturing Strategy-Text and cases. 2da edición, Burr. Ridge, IL, Richard D. Irwin, 43-76.
- [34] Huang, J., Miller, C. R. & Okogbaa, O. G. (1995). Optimal Preventive Replacement Intervals for the Weibull Life Distribution: Solution and Applications. IEEE, Piscataway, NJ, 370-377. Revisado el 5 de noviembre de 2005 en <http://ieeexplorer.ieee.org/xpl/>
- [35] ISO 9000. (1999). Anteproyecto. Sistema de Gestión de la Calidad. Principios fundamentales y vocabulario. p. 15.
- [36] ISO 9000:2000 (2000). Sistema de Gestión de la calidad. Principios Fundamentales y Vocabulario. Secretaria General ISO, Traducción certificada. Ginebra, Suiza.
- [37] Juran, J.M. (1974). Quality control handbook. Tercera Edición. McGraw-Hill Book Co. New York.
- [38] Juran, J.M. (1993). Manual de Control de la Calidad. Cuarta Edición .Editorial MES.
- [39] Kohler, E. L. (1990). Diccionario para contadores. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana (UTEHA), México.
- [40] Koshimae, H., Dohi, T., Kaio, N. & Osaki, S. (1996). Graphical / statistical approach to repair limit replacement problem. Journal of the Operations Research Society of Japan, 39, 230-246.
- [41] Labouchere C. & Durán, J. (2004). ¿Podemos retrasar el reemplazo de esta planta? The Woodhouse Partnership Ltd, UK, Revisado el 15 de Julio de 2005 en <http://www.twpl.co.uk>.

- [42] Love, C. E. & Guo, R. (1996). Utilizing Weibull failure rates in repair limits analysis for equipment replacement / preventive maintenance decisions. *Journal of Operational Research Society*, 47, 1366-1376.
- [43] Marrero, M. (1986). Algunas consideraciones sobre el nivel de utilización y la efectividad de los fondos básicos productivos en la agricultura cañera. *Revista Economía y Desarrollo, Cuba*, 92, 103-107.
- [44] Martínez, E. (1992). *Glosario en planificación y gestión de ciencia y tecnología. Primer Curso Nacional de Gestión Tecnológica*, GECYT, Ciudad de La Habana.
- [45] MEP. (1998). *Perfeccionamiento de las regulaciones complementarias del proceso inversionista. Resolución 157/98*, La Habana, Cuba.
- [46] Natarov, .V. (1988). *Optimización del proceso de renovación de los fondos básicos en las condiciones de intensificación (texto en ruso)*. Universidad de Leningrado, Leningrado.
- [47] Office of Financial Management, (2004). *Glossary. State of Washington*. Revisado el 15 de mayo de 2004 en <http://www.ofm.wa.gov/policy/glossary.htm>
- [48] Omarov, A. M. (1971). *Economía de empresas industriales*. Editorial Orbe, La Habana, Cuba.
- [49] Peters, M. S. & Timmerhaus, K. D. (1968). *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*. Edición Revolucionaria, La Habana, Cuba.
- [50] Portuondo Pichardo, F. & Pérez Tejeda, A. (1994). *Selección y diseño de un sistema de mantenimiento*. ISPJAE, Ciudad de la Habana, Cuba.
- [51] Portuondo Pichardo, F. (1990). *Economía de empresas industriales. 2 partes*, Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, Cuba.
- [52] Poveda, G. (2002). *Óptimo económico de máquinas y equipos*. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Colombia*, 27.
- [53] Prawda, J. (1981). *Métodos y modelos de investigación de operaciones*. Editorial Limusa, Primera edición, México
- [54] Ray, T. G. (1999). *Development of an Approach to Facilitate Optimal Equipment Replacement. Summary of Report 329, October 1999, Louisiana State University*. Revisado el 7 de septiembre de 2005 en <http://www.ltrc.lsu.edu/pdf/techsumm329.pdf>.
- [55] Ricolt, M. (1990). *Economía de los fondos básicos. Apuntes para un libro de texto*, La Habana, Cuba

- [56] Rivera Marengo, J. A. (2004). Evaluación de inversiones en activos fijos. Universidad Virtual Empresarial – Programas de Educación Continua, México. Revisado el 20 de mayo de 2005 en <http://www.ruv.itesm.mx>
- [57] Saravia, M. (1996). Modernización de equipos industriales. Revisado el 4 de abril de 2005 en <http://www.mantenion.com/articulos/pdf/rev25art1.PDF>.
- [58] Sasieni, M., Friedman, L. & Yaspan, A. (1982). Investigación de Operaciones: métodos y problemas. Editorial Limusa, México, DF.
- [59] Scheweyer, H. E. (1955). Analytical Models for Managerial and Engineering Economics. Reinhold Publishing Corporation, New York.
- [60] Selivanov, I. A. (1972). Fundamentos de la teoría del envejecimiento de los equipos. Editorial Mir, Moscú, URSS.
- [61] SIME (1999). Instrucciones para la elaboración del estudio de factibilidad para proyectos de inversión no nominales en el SIME. La Habana, Cuba.
- [62] SIME (2003). Parámetros y procedimientos para los proyectos de inversión en el SIME y los contratos de producción cooperada y de administración. Instrucción general. La Habana, Cuba.
- [63] Stoner, J. F. (1985). Administración (s/e, s/f, op.cit.). Ciudad de La Habana.
- [64] Thuesen, H. G., Fabrycky, W. J. & Thuesen, G. J. (1993). Ingeniería económica. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., México.
- [65] Universidad Central del Ecuador (2004). Análisis de las cuentas de Activo Fijos. Revisado el 10 de julio de 2004 en <http://www.ucentral.edu.ec/facultades/>
- [66] Weston, J. F. & Brigham, E. (1994). Fundamentos de Administración Financiera. 10ma edición, Mc. Graw Hill, México.
- [67] White, R. & James, B. (2000). Manual de outsourcing. Guía completa de externalización de actividades Empresariales para ganar competitividad. Ediciones Gestión 2000, Barcelona, 115-116.



ANEXOS

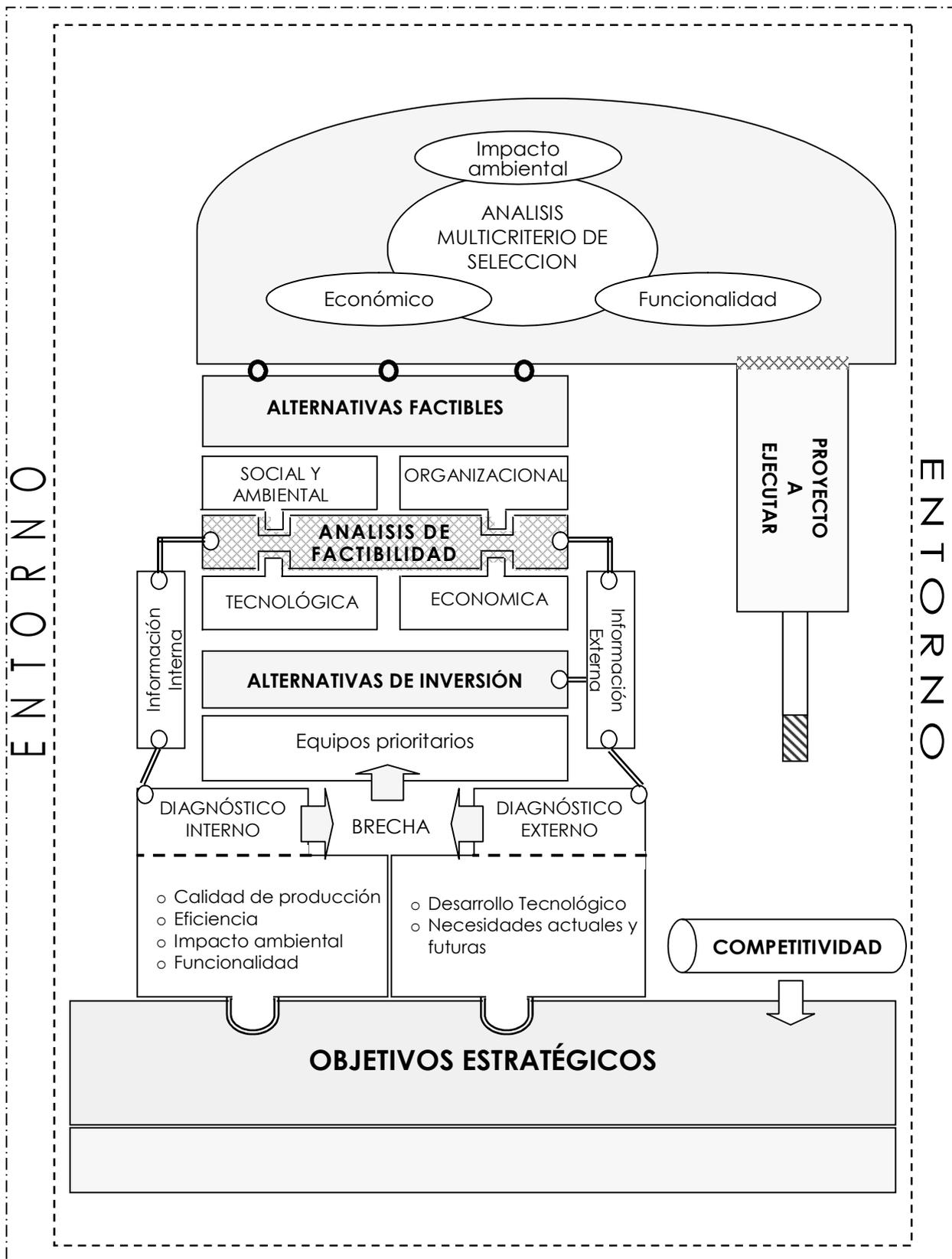
Anexo 1 Clasificación de los medios básicos de la economía nacional.

Fuente: Ministerio de Finanzas y Precios [2004]

<i>Grupo</i>	<i>Denominación</i>	<i>Ejemplos</i>
1	Edificios y otras construcciones	Industriales, de vivienda, para deportes, naves, silos, puentes, drenajes, carreteras, etc.
2	Máquinas y equipos productivos	Hornos, máquinas herramientas, transportadores, máquinas y equipos de industrias específicas como: azucarera, del vidrio, textil, etc.
3	Equipos no tecnológicos	Instrumentos de medición, centrales telefónicas, camiones, ómnibus, automóviles, equipos de ferrocarril, barcos, aviones.
4	Muebles, enseres y equipos de oficina.	Equipos de refrigeración y de iluminación de uso doméstico, muebles, objetos de protección, máquinas de oficina, computadoras.
5	Animales	Animales de trabajo, dedicados a la cría, a la producción de leche, otros no clasificados.
6	Plantaciones Agrícolas	
7	Otros medios básicos	

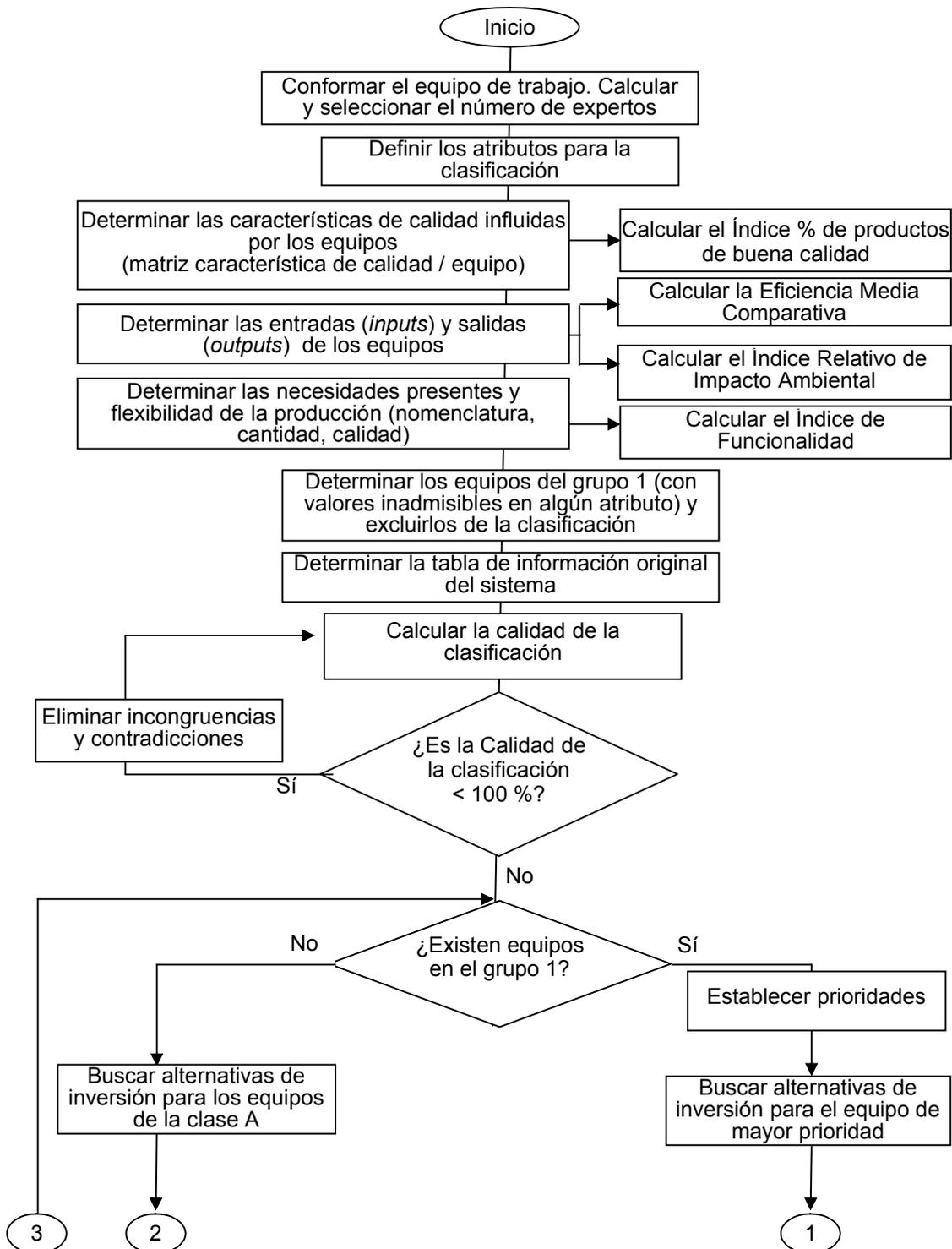
Anexo 2 Modelo conceptual del proceso de inversión sobre el equipamiento productivo en empresas manufactureras cubanas.

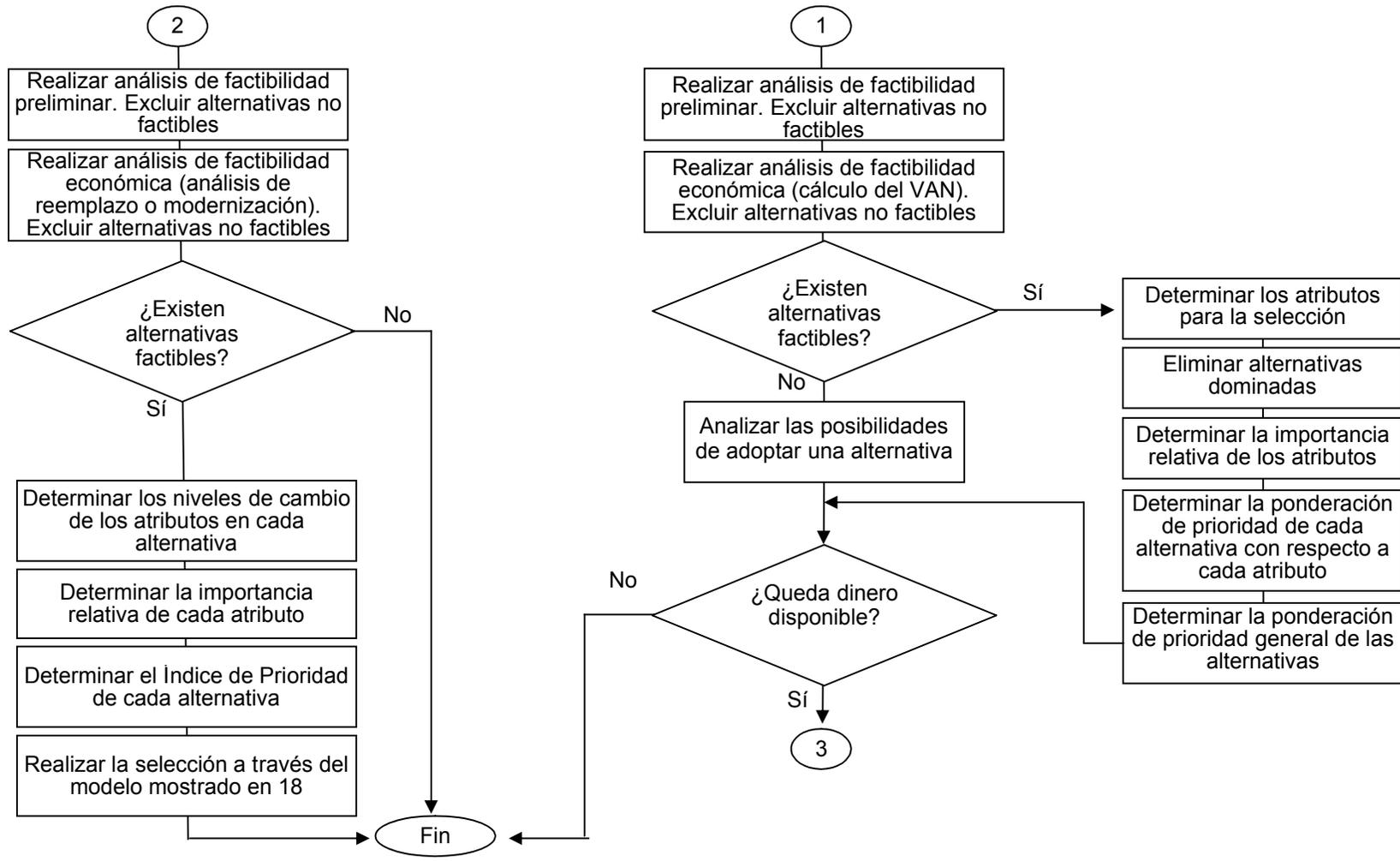
Fuente: Abreu Ledón [2004].



Anexo 3 Procedimiento general para la identificación, evaluación y selección de alternativas de inversión sobre el equipamiento productivo.

Fuente: Abreu Ledón [2004].





Anexo 4 Resolución No. 91/2006.

Fuente: Ministerio de Economía y Planificación [2006]

CAPITULO II

Tipos y Categorías de Inversión

Artículo 1. De conformidad con el concepto de inversión que aparece en el artículo anterior de la presente Resolución, se consideran como tales: las acciones dirigidas a nuevas instalaciones productivas, de servicios y de infraestructura, así como a su ampliación, rehabilitación, remodelación, reposición de equipamiento u otros y la reparación capital; el fomento de plantaciones permanentes; el incremento del rebaño básico; la adquisición de ganado mayor; la adquisición de equipos de transporte aéreo, marítimo y terrestre, así como otros equipos que por sí solos constituyen activos fijos.

En las inversiones mineras y petroleras, se considera inversión la adquisición de equipamiento y la ejecución de obras constructivas, así como las investigaciones, proyectos y otros gastos financieros directamente relacionados con dichas partidas.

Las acciones de mantenimiento y conservación no se consideran inversión y por consiguiente no son objeto de regulación en estas Indicaciones.

Artículo 2. De acuerdo con su papel en la reproducción, las inversiones pueden ser: reposición, reparación capital, rehabilitación, restauración, remodelación, ampliación y nueva.

Artículo 3. Atendiendo al papel que juegan en el desarrollo económico y social, las inversiones se clasifican en:

1. Inversiones principales: son aquellas motivadas por necesidades generales del desarrollo económico y social.
2. Inversiones inducidas: son las que formando parte o no de una inversión principal, le son necesarias para su adecuada ejecución y pruebas y puesta en explotación, clasificándose en directas e indirectas.
 - a) Las inversiones inducidas directas, son las destinadas a dar respuesta a las afectaciones en el área de la inversión y las imprescindibles para vincular la inversión principal con la infraestructura técnica y urbana exterior de la zona, que aseguran la correcta ejecución y operación de la inversión. Estas inversiones forman parte de la inversión principal y de su presupuesto.
 - b) Las inversiones inducidas indirectas son las destinadas a crear la infraestructura social, técnica y productiva en la zona de influencia de la inversión principal.

Esta clasificación es propuesta por el inversionista en el Estudio de Factibilidad y es objeto de aprobación por la instancia que dictamine sobre el mismo.

Artículo 4. Las inversiones se clasifican en Nominales y No Nominales; a los efectos de su evaluación, aprobación, y tratamiento en el plan de la economía y atendiendo a su límite en valor total y en divisas y a sus características. Estos límites se establecen y actualizan periódicamente por el Ministerio de Economía y Planificación mediante regulación complementaria.

Artículo 5. Corresponde al Ministerio de Economía y Planificación, en lo adelante el Ministerio, la evaluación y aprobación de las Inversiones Nominales, en dependencia de la importancia,

características, y efectos económicos y sociales de la inversión evaluada. El Ministerio previamente decidirá, en su caso, someter su aprobación al Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros.

Artículo 6. Corresponde al Inversionista Central la evaluación y aprobación de las Inversiones No Nominales.

Artículo 7. Las inversiones No Nominales pueden agruparse por Programas Nominales, de tener objetivos finales comunes u homogéneos, las que regularmente además presentan dispersión territorial.

CAPITULO III

Organización y fases del proceso inversionista

Artículo 8. El proceso inversionista se materializa por fases con distintas finalidades y al término de cada una se establecen lineamientos para la fase posterior.

El desarrollo de cada fase responde a las características y requerimientos de la inversión y puede realizarse en serie o simultaneando tareas, de forma tal que sin comprometer la necesaria secuencia del proceso, posibilite mayor agilidad, cumpliendo a la vez con los requisitos de evaluación y aprobaciones establecidos en la legislación vigente y en estas indicaciones en particular.

Artículo 9. Las fases del proceso inversionista son las siguientes:

1. Fase de Pre-inversión, es la fase de concepción de la inversión. En esta fase se identifican las necesidades; se obtienen los datos del mercado; se desarrollan y determinan la estrategia y los objetivos de la inversión; se desarrolla la documentación técnica de Ideas Conceptuales y Anteproyecto, la que fundamenta los estudios de pre-factibilidad y factibilidad técnico – económica. La valoración de estos estudios permitirá decidir sobre la continuidad de la inversión y se selecciona el equipo que acometerá la inversión.

Como partes determinantes, se lleva a cabo la aprobación del Estudio de Factibilidad, elaborado a partir del Anteproyecto o del nivel inferior de elaboración que se autorice y se establece la documentación básica para la realización de la Dirección Integrada de Proyectos.

Este período se identifica con las fases de Conceptualización y Definición Técnica que se contempla en la Dirección Integrada de Proyecto.

2. Fase de Ejecución, es la fase de concreción e implementación de la inversión. Se continúa en la elaboración de los proyectos hasta su fase ejecutiva y se inician y efectúan los servicios de construcción y montaje y la adquisición de suministros. Para ello se consolida el equipo que acomete la inversión estableciendo las correspondientes contrataciones. Se precisan el cronograma de actividades y recursos, los costos y flujos de cajas definitivos de la inversión y se establece el Plan de Aseguramiento de la Calidad. Esta fase culmina con las pruebas de puesta en marcha.

En esta etapa están consideradas tareas inherentes a las fases de Definición Técnica y de Ejecución contempladas en la Dirección Integrada de Proyectos.

3. Fase de Desactivación e Inicio de la Explotación, es la fase donde finaliza la inversión. En la misma se realizan las pruebas de puesta en explotación. Se desactivan las facilidades temporales y demás instalaciones empleadas en la ejecución. Se evalúa y rinde el informe final de la inversión. Se transfieren responsabilidades y se llevan a cabo los análisis de post-inversión.

Esta fase coincide en términos generales con la fase de Desactivación y Entrega contemplada en la Dirección Integrada de Proyectos.

Artículo 10. La forma de realización y optimización del proceso inversionista se decide por el inversionista, de acuerdo al alcance y responsabilidad que adquieren los sujetos en el mismo y en función del elemento técnico-económico-social determinante en la inversión, el cual responde a las características y objetivos de la misma. Se consideran como elementos técnico-económico-social determinantes: la configuración y el costo de inversión, el plazo de ejecución directamente asociado al adelanto de la obtención de beneficios y la calidad.

Artículo 11. En la ejecución del proceso inversionista puede emplearse la optimización del tiempo o de los plazos de ejecución de las fases, por medio de técnicas de Vías Rápidas o Fast Track, donde se integran o superponen actividades de distintas fases del proceso.

Artículo 12. El empleo durante el proceso inversionista de la técnica referida en el artículo anterior puede realizarse de forma parcial en diferentes etapas de esta técnica o integral de todas las fases. En la superposición o solape de las fases, las actividades que las componen conservan su alcance y duración imprescindible, ya que se desglosan de forma que se pueda anticipar sus inicios, lo que implica un incremento del rendimiento para lograr la ejecución de actividades en menor tiempo.

Artículo 13. Las alternativas de empleo de la vía rápida pueden ser la de solape o superposición de las actividades de estudios-diseño; de diseño-construcción; de estudios-diseño-construcción y otras en las que sea conveniente su aplicación. En la medida que se incremente la aplicación de esta técnica en un proceso inversionista, disminuirá el tiempo total de ejecución de dicho proceso.

Artículo 14. El empleo de cualquiera de las formas de realización del proceso inversionista no exonera del cumplimiento de los procesos de evaluación y aprobación establecidos en la legislación vigente y en estas indicaciones en particular.

Artículo 15. En inversiones altamente priorizadas por el Estado, el proceso inversionista podrá adecuarse a esquemas particularizados y decididos centralmente.

CAPITULO IV

Sujetos del Proceso inversionista Sección I Disposiciones Generales

Artículo 16. Los principales sujetos que intervienen en el proceso inversionista, atendiendo al carácter de sus funciones son:

1. Inversionista
2. Proyectista
3. Suministrador
4. Constructor

Todos ellos se rigen por los siguientes principios básicos sobre la forma de organizar la realización de la inversión:

- a) Los sujetos, participan de conjunto en las diferentes fases del proceso inversionista, con el alcance y frecuencia que establezca el inversionista, de acuerdo con las características de la inversión en cuestión.
- b) Los sujetos requieren de una preparación previa que posibilite interiorizar y aplicar el enfoque integral y la organización del proceso inversionista que se establece en estas indicaciones.
- c) Las relaciones económicas de los diferentes sujetos del proceso inversionista entre sí y con los demás organismos e instituciones del Estado, se regulan a través de las normas y contratos que establecen sus derechos y obligaciones, conforme a lo previsto en las presentes Indicaciones y demás disposiciones legales vigentes. A estos efectos se entiende por relación económica la que establecen los sujetos para ejecutar cualquiera de las actividades necesarias a la inversión.
- d) En las relaciones económicas entre los sujetos se establecerán los plazos de cobros y pagos y el cumplimiento estricto de los mismos en correspondencia con el contrato y las normas vigentes
- e) El inversionista es la persona jurídica designada por la autoridad facultada para dirigir el proceso inversionista, respondiendo por sus resultados y su eficiencia.
- f) En dependencia de la magnitud, complejidad e importancia de la inversión y con el objetivo de lograr la eficacia y una adecuada integralidad en la preparación, ejecución, pruebas y puesta en explotación, el inversionista aplica la técnica de la Dirección Integrada de Proyectos en el proceso inversionista, por sí mismo o a través de su contratación a entidades especializadas.
- g) Los suministros externos se importan a través de las empresas autorizadas al efecto.
- h) En dependencia de las características de la inversión, el montaje industrial puede ser asumido por cualquier entidad siempre y cuando esté autorizado en su objeto social a realizar este tipo de actividad en el territorio nacional.
- i) El inversionista puede llevar a cabo por medios propios toda la inversión, en los casos que esté facultado para ello.
- j) El futuro explotador de la inversión, aunque a los efectos de estas Indicaciones no se considera entre los sujetos fundamentales del proceso, juega un papel importante contribuyendo a las definiciones en la fase de preinversión, se consulta a lo largo de la ejecución y es un participante principal en la puesta en explotación. El explotador será el mismo inversionista u otra persona jurídica. En este último caso, el inversionista es el responsable de garantizar su participación en el proceso inversionista.

Anexo 5 Producciones Actuales de la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”.

Fuente: Elaboración Propia.

- Metrocontadores electrónicos.
- Gabinetes para metrocontadores electrónicos.
- Eslabón fusible de media tensión(1 a 200 amperes).
- Cuchillas monopolares.
- Interruptores tripolares.
- Laminarias de alumbrado vial.
- Corta circuitos de expulsión.

Anexo 6 Principales suministradores y clientes de la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”.

Fuente: Elaboración Propia.

Principales suministradores extranjeros.

- GEOCUBA
- ENERGOIMPORT
- ACINOX
- CUBALUB
- INPUD TROQUELES
- EMI ERNESTO GUEVARA
- ARGUS
- FCA CARTÓN STGO CUBA
- COPEXTEL
- CIMEX
- GRANJA LOS PITOS
- PROMET PLACETAS
- AZUIMPORT
- METALCUBA
- FCA CARTÓN PERLA
- DIVEP
- QUIMIMPORT
- TRACTOIMPORT

Clientes correspondientes a la Economía Interna.

- Las 14 Organizaciones Básicas Eléctricas (OBE) provinciales.
- La OBE del municipio especial Isla de la Juventud.

Anexo 7 Cantidad de productos elaborados en un año en la “Fábrica de Fusibles y Desconectivos”.

Fuente: Elaboración Propia.

Producciones	Equipos				
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Terminal superior de Ø8	64790	16197	26996	21596	
Terminal superior de Ø 10	7346	1836		2448	
Terminal superior de Ø 16	9232				
Separador de cuchilla	4750				
Separador del gatillo	4750				
Separador largo del seguro		4750			
Pasador roscado de la cuchilla			4750		
Pasador largo de la cuchilla					4750
Pasador corto de la cuchilla					4750

Anexo 8 Modelos de programación lineal para determinar E_{ii} , u_{mk} y v_{mr} para cada equipo en la planta objeto de estudio.

Equipo X_1

Min E_{11}

tal que:

$$11763.84E_{11} \geq 11763.84\lambda_1 + 19852.8\lambda_2 + 6336\lambda_3 + 18289.92\lambda_4 + 10454.4\lambda_5$$

$$299626.8E_{11} \geq 299626.8\lambda_1 + 74906.7\lambda_2 + 49937.8\lambda_3 + 39950.24\lambda_4 + 34956.46\lambda_5$$

$$1188.0E_{11} \geq 1188\lambda_1 + 594\lambda_2 + 990\lambda_3 + 792\lambda_4 + 396\lambda_5$$

$$298.95E_{11} \geq 298.95\lambda_1 + 159.15\lambda_2 + 257.25\lambda_3 + 201.9\lambda_4 + 102.75\lambda_5$$

$$157888.34 \leq 157888.34\lambda_1 + 23891.49\lambda_2 + 11608.04\lambda_3 + 6749.59\lambda_4 + 9613.03\lambda_5$$

Min $51862.15v_1 - [54933.12u_{11} + 199751.2u_{12} + 2772u_{13} + 721.05u_{14}]$

tal que:

$$11763.84u_{11} + 299626.8u_{12} + 1188u_{13} + 298.95u_{14} = 1$$

$$157888.34v_1 - (11763.84u_{11} + 299626.8u_{12} + 1188u_{13} + 298.95u_{14}) = 0$$

$$23891.49v_1 - (19852.8u_{11} + 74906.7u_{12} + 594u_{13} + 159.15u_{14}) \leq 0$$

$$11608.04v_1 - (6336u_{11} + 49937.8u_{12} + 990u_{13} + 257.25u_{14}) \leq 0$$

$$6749.59v_1 - (18289.92u_{11} + 39950.24u_{12} + 792u_{13} + 201.9u_{14}) \leq 0$$

$$9613.03v_1 - (10454.4u_{11} + 34956.46u_{12} + 396u_{13} + 102.75u_{14}) \leq 0$$

Equipo X₂

Min E₂₂

tal que:

$$19852.8E_{22} \geq 11763.84\lambda_1 + 19852.8\lambda_2 + 6336\lambda_3 + 18289.92\lambda_4 + 10454.4\lambda_5$$

$$4906.7E_{22} \geq 299626.8\lambda_1 + 74906.7\lambda_2 + 49937.8\lambda_3 + 39950.24\lambda_4 + 34956.46\lambda_5$$

$$594.0E_{22} \geq 1188\lambda_1 + 594\lambda_2 + 990\lambda_3 + 792\lambda_4 + 396\lambda_5$$

$$159.15E_{22} \geq 298.95\lambda_1 + 159.15\lambda_2 + 257.25\lambda_3 + 201.9\lambda_4 + 102.75\lambda_5$$

$$23891.49 \leq 157888.34\lambda_1 + 23891.49\lambda_2 + 11608.04\lambda_3 + 6749.59\lambda_4 + 9613.03\lambda_5$$

Min 185859.00v₂ – [46844.16u₂₁ + 424471.3u₂₂ + 3366u₂₃ + 860.85u₂₄]

tal que:

$$19852.8u_{21} + 74906.7u_{22} + 594u_{23} + 159.15u_{24} = 1$$

$$157888.34v_2 - (11763.84u_{21} + 299626.8u_{22} + 1188u_{23} + 298.95u_{24}) \leq 0$$

$$23891.49v_2 - (19852.8u_{21} + 74906.7u_{22} + 594u_{23} + 159.15u_{24}) = 0$$

$$11608.04v_1 - (6336u_{21} + 49937.8u_{22} + 990u_{23} + 257.25u_{24}) \leq 0$$

$$6749.59v_1 - (18289.92u_{21} + 39950.24u_{22} + 792u_{23} + 201.9u_{24}) \leq 0$$

$$9613.03v_1 - (10454.4u_{21} + 34956.46u_{22} + 396u_{23} + 102.75u_{24}) \leq 0$$

Equipo X₃

Min E₃₃

tal que:

$$6336.0E_{33} \geq 11763.84\lambda_1 + 19852.8\lambda_2 + 6336\lambda_3 + 18289.92\lambda_4 + 10454.4\lambda_5$$

$$49937.8E_{33} \geq 299626.8\lambda_1 + 74906.7\lambda_2 + 49937.8\lambda_3 + 39950.24\lambda_4 + 34956.46\lambda_5$$

$$990.0E_{33} \geq 1188\lambda_1 + 594\lambda_2 + 990\lambda_3 + 792\lambda_4 + 396\lambda_5$$

$$257.25E_{33} \geq 298.95\lambda_1 + 159.15\lambda_2 + 257.25\lambda_3 + 201.9\lambda_4 + 102.75\lambda_5$$

$$11608.04 \leq 157888.34\lambda_1 + 23891.49\lambda_2 + 11608.04\lambda_3 + 6749.59\lambda_4 + 9613.03\lambda_5$$

Min 198142.45v₃ – [60360.96u₃₁ + 449440.2u₃₂ + 2970u₃₃ + 762.75u₃₄]

tal que:

$$6336u_{31} + 49937.8u_{32} + 990u_{33} + 257.25u_{34} = 1$$

$$157888.34v_3 - (11763.84u_{31} + 299626.8u_{32} + 1188u_{33} + 298.95u_{34}) \leq 0$$

$$23891.49v_3 - (19852.8u_{31} + 74906.7u_{32} + 594u_{33} + 159.15u_{34}) \leq 0$$

$$11608.04v_3 - (5829.12u_{31} + 45942.78u_{32} + 910.80u_{33} + 236.67u_{34}) = 0$$

$$6749.59v_3 - (18289.92u_{31} + 39950.24u_{32} + 792u_{33} + 201.9u_{34}) \leq 0$$

$$9613.03v_3 - (10454.4u_{31} + 34956.46u_{32} + 396u_{33} + 102.75u_{34}) \leq 0$$

Equipo X₄

Min E₄₄

$$18289.92E_{44} \geq 11763.84\lambda_1 + 19852.8\lambda_2 + 6336\lambda_3 + 18289.92\lambda_4 + 10454.4\lambda_5$$

$$39950.24E_{44} \geq 299626.8\lambda_1 + 74906.7\lambda_2 + 49937.8\lambda_3 + 39950.24\lambda_4 + 34956.46\lambda_5$$

$$792.0E_{44} \geq 1188\lambda_1 + 594\lambda_2 + 990\lambda_3 + 792\lambda_4 + 396\lambda_5$$

$$201.9E_{44} \geq 298.95\lambda_1 + 159.15\lambda_2 + 257.25\lambda_3 + 201.9\lambda_4 + 102.75\lambda_5$$

$$6749.59 \leq 157888.34\lambda_1 + 23891.49\lambda_2 + 11608.04\lambda_3 + 6749.59\lambda_4 + 9613.03\lambda_5$$

Min $203000.90v_4 - [48407.04u_{41} + 459427.8u_{42} + 3168u_{43} + 818.1u_{44}]$

tal que:

$$18289.92u_{41} + 39950.24u_{42} + 792u_{43} + 201.9u_{44} = 1$$

$$157888.34v_4 - (11763.84u_{41} + 299626.8u_{42} + 1188u_{43} + 298.95u_{44}) \leq 0$$

$$23891.49v_4 - (19852.8u_{41} + 74906.7u_{42} + 594u_{43} + 159.15u_{44}) \leq 0$$

$$11608.04v_4 - (6336u_{41} + 49937.8u_{42} + 990u_{43} + 257.25u_{44}) \leq 0$$

$$6749.59v_4 - (9529.05u_{41} + 20814.08u_{42} + 412.63u_{43} + 105.19u_{44}) = 0$$

$$9613.03v_4 - (10454.4u_{41} + 34956.46u_{42} + 396u_{43} + 102.75u_{44}) \leq 0$$

Equipo X₅

Min E₅₅

tal que:

$$10454.4E_{55} \geq 11763.84\lambda_1 + 19852.8\lambda_2 + 6336\lambda_3 + 18289.92\lambda_4 + 10454.4\lambda_5$$

$$34956.46E_{55} \geq 299626.8\lambda_1 + 74906.7\lambda_2 + 49937.8\lambda_3 + 39950.24\lambda_4 + 34956.46\lambda_5$$

$$396.0E_{55} \geq 1188\lambda_1 + 594\lambda_2 + 990\lambda_3 + 792\lambda_4 + 396\lambda_5$$

$$102.75E_{55} \geq 298.95\lambda_1 + 159.15\lambda_2 + 257.25\lambda_3 + 201.9\lambda_4 + 102.75\lambda_5$$

$$9613.03 \leq 157888.34\lambda_1 + 23891.49\lambda_2 + 11608.04\lambda_3 + 6749.59\lambda_4 + 9613.03\lambda_5$$

Min 200137.46v₅ – [56242.56u₅₁ + 464421.5u₅₂ + 3564u₅₃ + 917.25u₅₄]

tal que:

$$10454.4u_{51} + 34956.46u_{52} + 396u_{53} + 102.75u_{54} = 1$$

$$157888.34v_5 - (11763.84u_{51} + 299626.8u_{52} + 1188u_{53} + 298.95u_{54}) \leq 0$$

$$23891.49v_5 - (19852.8u_{51} + 74906.7u_{52} + 594u_{53} + 159.15u_{54}) \leq 0$$

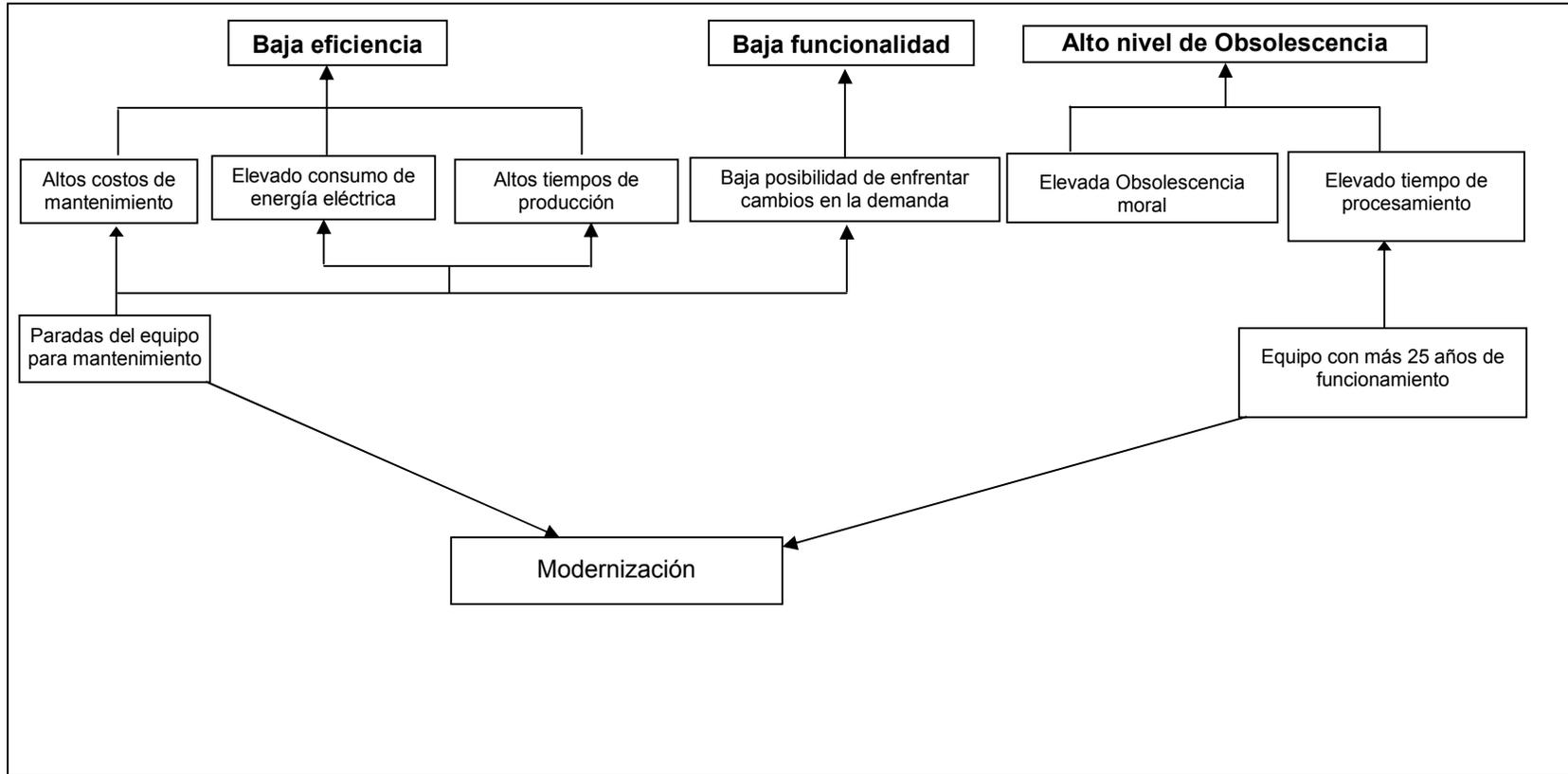
$$11608.04v_5 - (6336u_{51} + 49937.8u_{52} + 990u_{53} + 257.25u_{54}) \leq 0$$

$$6749.59v_5 - (18289.92u_{51} + 39950.24u_{52} + 792u_{53} + 201.9u_{54}) \leq 0$$

$$9613.03v_5 - (2226.79u_{51} + 7445.73u_{52} + 84.35u_{53} + 21.89u_{54}) = 0$$

Anexo 8 Esquema Efecto – Causa – Solución para el A-20.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 9 Esquema Efecto – Causa – Solución para la máquina IB-118.

Fuente: Elaboración Propia.

