UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS

VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILIS TOGA. 1948

Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo

Departamento de Ingeniería Industrial

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: *Identificación y determinación de los Factores Críticos de Éxito de la actividad de Mantenimiento (FCEM) en la fábrica de productos lácteos "Pasteurizadora Cubanacán".*

Autora: Daylín Abreu Remedios

Tutor: Msc. Ing. Aramis Alfonso LLanes

Santa Clara, 2007

"Año 49 de la Revolución"

CON SU ENTRAÑABLE TRANSPARENCIA

Resumen

El presente Trabajo de Diploma muestra un método para la identificación de los Factores Críticos de Éxito de la función de Mantenimiento (FCEM) en la empresa, así como un grupo de expresiones de los indicadores y métodos de cálculo característicos de cada uno de ellos. La propuesta destaca la definición de los criterios direccionadores del accionar de las actividades de mantenimiento del proceso productivo bajo análisis.

Además, contiene una revisión bibliográfica que aborda las filosofías actuales relativas a la gestión del mantenimiento y su importancia dentro de la empresa así como las principales características y procedimientos existentes para la identificación de los Factores Críticos de Éxito de una organización.

INDICE

Página

Introducción…….

Capítulo 1. Revisión Bibliográfica

1.1 Gestión de Mantenimiento…….

1.1.1. Aspectos generales sobre la gestión de mantenimiento…….

1.2 Generalidades sobre los Factores Críticos de Éxito (FCE)…….

1.2.1 Las características de los FCE……

1.2.2 Procedimiento de definición de Factores Críticos de Éxito……

1.3 Los Factores Críticos de Éxito de Mantenimiento (FCEM)…….

1.4 Conclusiones parciales……..

Capítulo2 Procedimiento para la identificación de los Factores Críticos de Éxito del Mantenimiento (FCEM)

2.1 Proceso de determinación de los FCEM mediante…….
el método de expertos

2.2. Selección de los FCEM en la empresa objeto de estudio…….

2.2.1 Selección de los expertos…….

2.2.2 Aplicación del Método de Expertos por Rondas…….

2.3 Definición de cada FCEM…….

2.3.1 Confiabilidad (Disponibilidad)…….

2.3.2 Costo de mantenimiento…….

2.3.3 Seguridad humana…….

2.3.4 Protección al medio ambiente……..

2.4 Conclusiones parciales……..

Capítulo 3. Análisis de la situación actual del Mantenimiento en la empresa

3.1 Caracterización general de la entidad……..

3.2 Descripción del sistema productivo (línea de leche concentrada)……..

3.3Caracterización del área de mantenimiento de la empresa……..

3.3.1 Descripción del sistema de mantenimiento actual de la empresa……..

3.3.2 Deficiencias del Sistema de Mantenimiento en la fabrica…….

3.3Conclusiones parciales…….

Conclusiones generales……..

Recomendaciones……

Bibliografía……

Anexos……

Introducción

El éxito de cualquier empresa se ha convertido, ahora más que nunca, en un desafío permanente. La globalización de los mercados trae como consecuencia una fuerte competencia y, acompañada por un gran desarrollo tecnológico, determina que este éxito dependa del logro de cada uno y de todos sus componentes. El descuido del interés de cualquiera de ellos conduce al fracaso.

La aparición de fallos y averías en los componentes de una instalación industrial trae consigo, la disminución de los beneficios que pudieran derivarse del proceso productivo en cuestión. Las averías que provoquen indisponibilidad del equipamiento productivo originarán una pérdida en los ingresos, además de incrementar los costos de explotación, porque habrá que reparar o sustituir el equipo averiado y en el peor de los casos, deberán pagarse unas importantes indemnizaciones por posibles daños ocasionados a terceros.

Con la finalidad de mejorar la rentabilidad de los procesos productivos, cada día se dedican enormes esfuerzos destinados a visualizar, identificar, analizar, implantar y realizar actividades para la solución de problemas y toma de decisiones efectivas y acertadas, que involucren un alto impacto en las áreas de: seguridad, ambiente, metas de producción, inversión, costos de operación y mantenimiento, así como garantizar una buena imagen de las empresas y la satisfacción de sus clientes y del personal que en ellas labora. Lo antes expuesto se puede considerar como el objetivo fundamental que persigue la filosofía de las empresas con categoría “Clase Mundial”, en las cuales la meta del negocio debe centrarse en obtener los niveles máximos de disponibilidad y confiabilidad, que satisfaga y oriente las actividades hacia los niveles de producción que realmente son requeridos con elevados estándares de seguridad y protección al medio ambiente.

En esencia, el mantenimiento del sistema debe tratarse con una base comparable a la del rendimiento del mismo si verdaderamente se van a satisfacer las necesidades del entorno actual. Debe apreciarse como protagonista, puede incluso considerarse el centro neurálgico de un entorno que se dirige hacia la meta de la competitividad. Ante la necesidad de mejorar la eficiencia de explotación de una instalación industrial, la

optimización del plan de mantenimiento puede ser una importante vía para lograr dicho objetivo.

Esto es resultado de la gran relevancia que el mantenimiento tiene en la consecución de unos altos niveles de confiabilidad en una instalación y de hecho en la productividad del capital inmovilizado, sobre todo, cuando las posibilidades de modificar el diseño de los equipos y sistemas son pequeñas o prácticamente nulas.

En un entorno real, donde los recursos siempre son limitados, la realización de un programa eficiente de mantenimiento preventivo de una instalación industrial requiere, como primera tarea, la identificación y priorización de los elementos susceptibles de mejoramiento, o sea, necesitan ser definidos sus llamados Factores Críticos de Éxito (FCE), al objeto de distribuir entre ellos los recursos disponibles, de manera que el beneficio o mejora que se obtenga sobre el conjunto de la explotación de la instalación sea lo mayor posible. Una vez seleccionados los FCE sobre los que se va a actuar, deberán identificarse aquellas acciones de mejora que se consideren técnica y económicamente más convenientes para proceder a su implantación y, posteriormente, a su seguimiento y control con el fin de evaluar el grado de eficiencia alcanzado.

En muchas ocasiones, a pesar de haberse formulado adecuadamente los FCE, no quedan establecidas, con precisión, las formas o métodos para su determinación en la práctica. Esto trae consigo que a menudo la persona que debe enfrentar las acciones de mejora dedique su mayor atención a cuestiones de menor importancia y de baja incidencia en el logro de los objetivos empresariales, en detrimento de las cuestiones principales que deben ser atendidas.

La experiencia ha demostrado que muchas veces la rutina y la obsesión por resolver los problemas presentados en una función determinada de la empresa motivan en las personas a enfocar sus esfuerzos hacia factores que poco o nada tienen que ver con el logro de los objetivos de la organización. En este sentido, la determinación de los FCE de las áreas a analizar ha significado una ayuda indiscutible para fijar la atención sobre la necesidad e importancia de estos criterios como guía insustituible del trabajo empresarial.

Como ***situación problémica*** se plantea la inexistencia en el área de mantenimiento de un grupo de factores que guíen el accionar del personal de de este departamento hacia el logro de las metas de la organización, que constituyan pilares utilizados en el diseño, medición y análisis de los objetivos a lograr por la organización. Además, se dificulta la posibilidad de realizar la determinación de estos factores al no disponerse de las mejores vías o formas para ello dentro de las entidades empresariales; lo cual se refleja en la inadecuada utilización de los recursos disponibles al no dirigirse hacia aquellas áreas que resultan claves dentro del desempeño de la función mantenimiento.

En el proceso de mejoramiento del desempeño de la actividad de mantenimiento se hace necesario disponer de un grupo de factores que permitan definir la dirección hacia la que se deben enfocar los principales esfuerzos de esta función de manera que se garantice el logro efectivo de los objetivos, tanto del área como de la empresa en general. En esto consiste, el ***problema científico*** a resolver.

Las consideraciones anteriores han conducido a formular la ***hipótesis general*** de esta investigación como sigue:

Es posible la identificación y definición de las expresiones y métodos de determinación de un grupo de factores que direcciones el accionar de la actividad de mantenimiento hacia aquellas áreas que contribuyen efectivamente al logro de los objetivos de la empresa objeto de estudio.

Siendo el ***objetivo general***, de esta investigación, la identificación y determinación de los Factores Críticos de Éxito del Mantenimiento en la Fábrica de Productos Lácteos “Pasteurizadora Cubanacán”.

Para alcanzar el objetivo general antes expuesto, se proponen los ***objetivos específicos*** siguientes:

- Elaborar un marco teórico referencial, derivado de la literatura internacional y nacional más actualizada que sirva de soporte teórico y guía para la investigación.
- Determinar los métodos existentes en la actualidad y definir el que resulte más adecuado para desarrollar el proceso de identificación de los FCEM.

- Establecer los indicadores característicos de cada FCEM definido, así como las vías para su determinación.

El presente trabajo de diploma ha sido dividido en tres capítulos. En el primero se recoge toda la fundamentación teórica de la investigación, así como los términos y definiciones más utilizadas respecto al mantenimiento y a las características y procedimiento de determinación de los Factores Críticos de Éxito. Lo referente a la identificación práctica de estos factores y la propuesta de los indicadores característicos de cada uno se ilustra en el segundo capítulo. Posteriormente, en el capítulo tres, se realiza la aplicación de la propuesta en la empresa objeto de estudio con vistas a probar su viabilidad. Además, se muestran las conclusiones a las que se arribó, las recomendaciones que se proponen encaminadas a enriquecer los resultados alcanzados mediante investigaciones futuras y la bibliografía consultada.

Capítulo 1 Revisión bibliográfica

En este capítulo se trataran diferentes aspectos de interés, que serán de utilidad para la elaboración y comprensión del trabajo en cuestión, pues constituyen la base teórica para la realización del mismo. Inicialmente se hará referencia a la gestión de mantenimiento, abordando sus principales conceptos, así como algunos tipos y sistemas de mantenimiento, su papel en la empresa y el empleo de indicadores y metodologías de auditoría para lograr un correcto control y evaluación de la misma. En la figura 1.1 se muestra la guía seguida para la elaboración del marco teórico y referencial de la presente investigación.

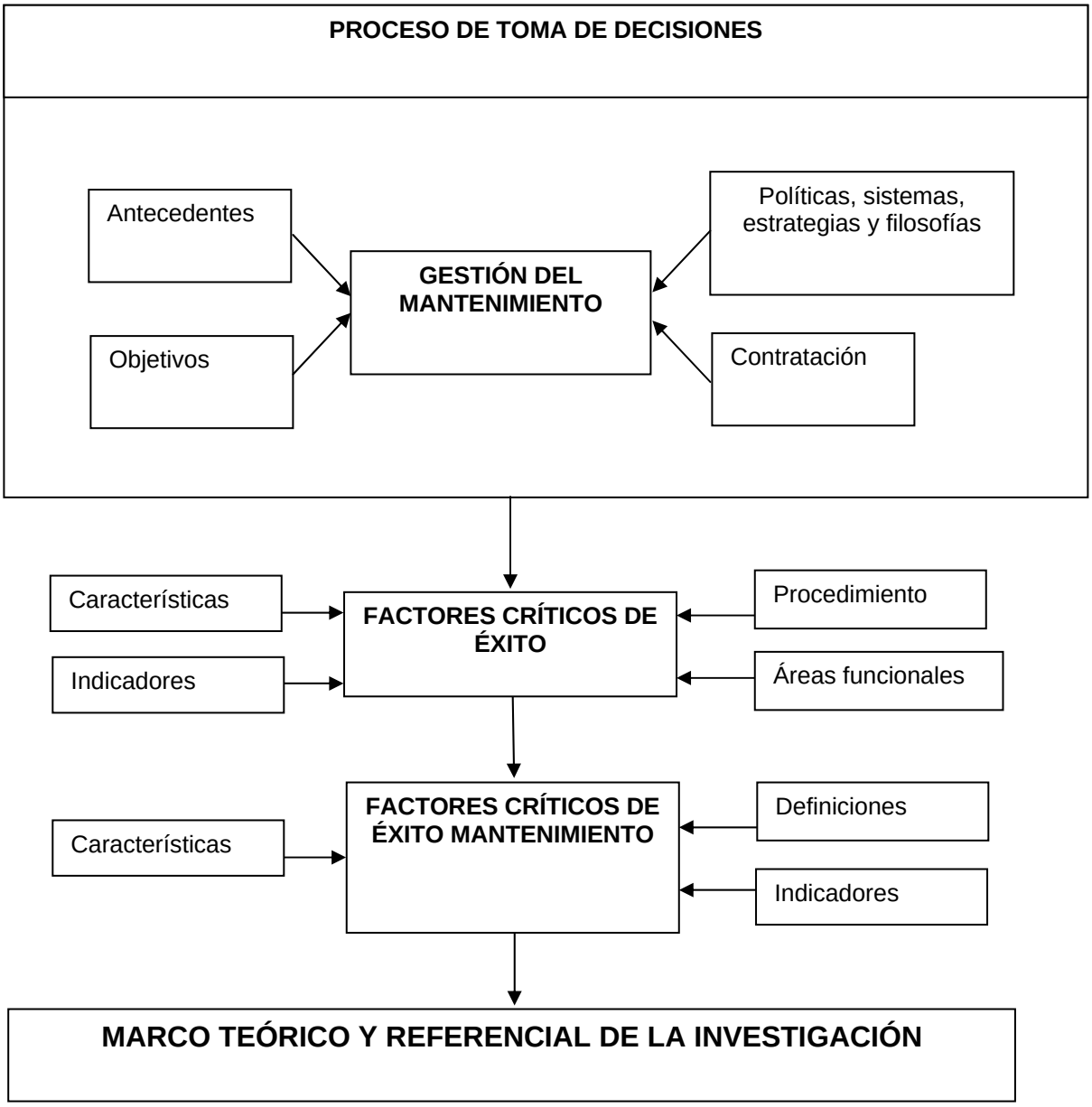


Figura 1.1 Estrategia seguida, en el análisis de la bibliografía, para la construcción del Marco Teórico y Referencial [fuente: elaboración propia]

1.1 Gestión de Mantenimiento

1.1.1. Aspectos generales sobre la gestión de mantenimiento

Las operaciones de mantenimiento, originalmente poco exploradas en cuanto al potencial de su contribución al desempeño, pasando de meras actividades reactivas a un contexto de desenvolvimiento gerencial y grados crecientes de productividad [dos Santos Méndez, 2002]. Las razones principales que llevaron a las organizaciones de producción a valorar adecuadamente las operaciones de mantenimiento son:

- Una creciente competitividad exige un control irrestricto de costo, con una creciente participación del mantenimiento en los costos de operación.
- Instalaciones más automatizadas exigen un aumento de la confiabilidad y disponibilidad del equipamiento.
- La seguridad y disturbios medioambientales relacionados a las fallas del equipamiento.
- La pérdida de calidad ligada al mal funcionamiento del equipamiento e instalaciones.
- Redefinición de actividades de mantenimiento fomentada por una mejor comprensión de las fallas.
- La necesidad de ejecución por parte de los sectores de fabricación de una parte sistemática de las operaciones de mantenimiento, el auto-mantenimiento, con el propósito de mejorar el nivel de costos y la disponibilidad del equipamiento.

El hecho es que el servicio de mantenimiento en un sistema de producción no puede seguir siendo visto como un “mal necesario”, existiendo solamente como un vórtice de recursos y que no agrega valor a los procesos fabriles, justamente lo contrario. Las operaciones de mantenimiento tienen una correlación muy fuerte con la productividad de estos sistemas, interfiriendo no solamente sobre la disponibilidad del equipamiento, más, también sobre la calidad, la seguridad, la ergonomía, en fin, sobre las condiciones que llevan a los incrementos de desempeño de los procesos de fabricación.

Por las diversas razones ya enumeradas la gestión del servicio de mantenimiento debe ser realizada considerando los aspectos de las especificaciones de las operaciones de

servicios y la perspectiva de contribución al valor de dicho servicio, con la intención de elevar las ventajas competitivas para la organización.

Lo que muchas veces ha pasado desapercibido para los ejecutivos de las empresas, hoy en día es bien obvio: un mal mantenimiento y una baja confiabilidad del equipamiento significan: bajos ingresos, más costos de mano de obra y altos niveles de inventario, clientes insatisfechos y productos de mala calidad [Laurival, 1999]. Por todo ello resulta imposible realizar este trabajo sin tener en cuenta la gestión del mantenimiento; esta recae en la persona, grupo de personas, sección, departamento o subdirección que se encarga de dirigir la organización de mantenimiento y es responsable del cumplimiento de las funciones necesarias para alcanzar los objetivos propuestos, por lo cual se sumerge continuamente en un proceso de toma de decisiones.

Según la ISO 9000 [2001], la gestión no es más que el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. A partir de esta definición se puede entender que para desarrollar una buena gestión es preciso conocer y haber definido el objetivo u objetivos a alcanzar.

El objetivo de la dirección del mantenimiento es: *contribuir a maximizar la productividad general de la empresa a través de un óptimo balance entre el costo del factor de disponibilidad del equipamiento y el costo de su indisponibilidad* [Montoliu & Kepcia, 1995]**.**

La definición del término *mantenimiento* ha sido expresada de diferentes formas y por diferentes autores como Payement [1994], Benaim [1994], Corretger [1995], Wong [1996], Sabioncello [2000], De la Paz Martínez [2000] y, Sotuyo [2000], con pequeñas diferencias y adaptaciones en el caso de la empresa u organización de que se trate. Una de las definiciones más completas y abarcadoras es la siguiente:

Totalidad de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los medios básicos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de alargar su vida útil, para lograr una mayor disponibilidad y cumplir con calidad y eficiencia su función productiva y(o) de servicio, garantizando la seguridad del personal y del medio ambiente [De la Paz Martínez, 2000].

Existe gran diversidad de criterios referente a los tipos de mantenimiento. Algunos, como es el caso de Morales Silverio [1993], Aduvire Osvaldo [1994], Benaim [1994], Vinicius et al [1995], De la Paz Martínez [1996] y, Carrazana Lagares [1998] se refieren a varios sistemas de mantenimiento, otros se refieren a tipos, métodos, estrategias y hasta filosofías, pero la mayoría coinciden con los tipos de mantenimiento expuestos en los sitios de Internet de muchos países como México, Chile, Argentina, Brasil, España, entre otros, que plantean como los más importante: el preventivo, el predictivo y el correctivo.

Sin embargo, autores como Malaguera Gregorio [2001] además de mencionar estos tres tipos, expone otros como son: rutinario, programado, por avería o reparación y circunstancial (Ver tabla1.1)

TIPO DE MANTENIMIENTO	**DEFINICIÓN**
Rutinario	Es el que comprende actividades tales como; lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración, etc., su objetivo es mantener y alargar la vida útil de los Sistemas Productivos (SP) evitando su desgaste.
Programado	Toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un SP a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar.
Avería o Reparación	Se define como la atención a un SP cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada. La atención a las fallas debe ser inmediata y .por tanto no da tiempo a ser "programada" pues implica un aumento en costos y de paradas innecesarias de personal y equipos.
Circunstancial	Este tipo de mantenimiento es una mezcla entre

	Rutinario, Programado, Avería y Correctivo ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna.

Tabla 1.1 Tipos de mantenimiento [fuente: Malaguera Gregorio, 2001]

En recientes páginas Web donde se trata este tema, se tratan, como los más destacados, los tres tipos expuestos primeramente y adicionan los dos que se relacionan en la tabla 1.2.

Tipo De Mantenimiento	**Definición**
Detectivo	Consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas.
Mejorativo	Consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación.

Tabla 1.2 Nuevos tipos de mantenimiento [fuente: elaboración propia]

En la tabla 1.3 se muestra una recopilación de tipos de mantenimiento extraídos de la bibliografía consultada.

Tabla 1.3. Tipos de mantenimiento según varios autores [fuente: Borroto Pentón, 2005]

TIPOS DE MANTENIMIENTO	**REFERENCIAS**
Detectivo	[Malaguera, 2001]
Mejorativo	[Malaguera, 2001]
Rutinario	[Vinivius Lucattelli & García Ojeda, 1995; Malaguera, 2001]
Programado, periódico o sistemático	[Pérez Jaramillo, 1992; Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Malaguera, 2001]
Contra avería, reactivo,	[Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Benaim et al, 1994; Torres,

Correctivo	1997; Lourival Tavares, 1999; Malaguera, 2001; Saavedra, 2000]
Circunstancial	[Malaguera, 2001]
Progresivo	[Pérez Jaramillo, 1992]
Preventivo	[Pérez Jaramillo, 1992; Aduvire, López & Mazadiego,1994; Benaim et al., 1994; Vinicius Lucatelly & García Ojeda, 1995; González García, 1997; Ellmann, 1997; Torres, 1997]
Predictivo	[Araya Schulz, 1991; Roda Vázquez & Sal García, 1992; Araya Schulz, 1993; Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Benaim et al., 1994; Bollman, 1995; Ellmann, 1997; Torres, 1997; Ortiz Álvarez, 2000; Martín, 2003]
Protectivo	[Desir & Castolin, 1994]
Productivo	[Nakajima,1988; Pérez Jaramillo, 1992; Hartmann, 1993; Rey Sacristán,1993; Tobalina, 1992; Martín de Santiago, 1994; Lezana, 1995; Ortiz Álvarez, 2000]
Proactivo	[Borda Elejabarrieta, 1993]

Las tendencias actuales, como ya se ha referido, se orientan a considerar el mantenimiento como un solo conjunto de problemas, desde la concepción del elemento de producción hasta su reciclaje y lo mismo ocurre con los costos, hablándose del costo del ciclo de vida como el único que se debe reducir.

“El costo de mantenimiento de una máquina o un equipo de producción durante todo su ciclo de vida útil es un asunto muy caro: como regla general se acepta del 80 % al 300 % del costo de adquisición. Con un mantenimiento ineficaz, el impacto sobre la producción es aún más costoso. Por un lado hay que agregar el deterioro más rápido de los equipos y por el otro, las pérdidas por el incumplimiento de la producción.” [De Groote, 1993]

Lourival [1999] expone al respecto que la búsqueda obstinada de ventajas competitivas, ha mostrado que el costo de mantenimiento no está bajo control y es un factor importante en el incremento del desempeño global de los equipos.

Por su parte Fuertes, et. al. [1994] plantea que "…*recientes análisis sobre la efectividad de la gestión del mantenimiento indican que un tercio de todos los costos de mantenimiento se debe a una mala gestión."*

La gestión del mantenimiento es responsable de armonizar los medios básicos, minimizando los tiempos de parada y los presupuestos de mantenimiento y por esto se afirma que *"…una adecuada gestión del mantenimiento en el marco de un desarrollo tecnológico creciente y de una política de personal orientada hacia la calidad, ayuda a mejorar la productividad bajo la forma de un incremento en la rentabilidad"* [*ibidem*], entonces se hace necesario investigar los aspectos que pueden afectar la gestión del mantenimiento.

Otra de las conceptualizaciones brindadas sobre el término de gestión de mantenimiento es la brindada por la Asociación Española de Mantenimiento [1995], donde expone que esta no es más que "*las actuaciones con las que la dirección de una organización de mantenimiento sigue una política determinada.".* Esta definición implica que debe estar fijada la política, pero además evidencia que debe existir una organización de mantenimiento que lleve a cabo las referidas actuaciones.

La palabra Gestión significa: *el conjunto de acciones conducentes al logro de un objetivo"*. A partir de esta definición se puede entender que para alcanzar una buena gestión es preciso conocer y haber definido el objetivo u objetivos a alcanzar. [Muntasell, 1994]

La gestión de mantenimiento es aquella actividad que se encarga de su organización, ya sea realizada por una persona, grupo de personas, sección, departamento o subdirección, encargada del cumplimiento de las funciones necesarias para alcanzar los objetivos propuestos, por lo cual se sumerge continuamente en el proceso de toma de decisiones.

Una buena gestión de mantenimiento solamente es posible en la medida que el responsable sea bien informado. Por este motivo se hace imprescindible la introducción

de un sistema que permita asegurar el flujo de información de manera eficaz para cada nivel de responsabilidad.

Algunos de los principales resultados de las encuestas realizadas en 1995 en España, Argentina y Brasil son coincidentes y se expresan a continuación**:**

- Hay muchos sectores de producción y de servicios en los que el mantenimiento se ejecuta sin una organización específica y gestionada por un director o jefe de mantenimiento. En estas empresas la responsabilidad de las labores de mantenimiento está repartida entre varias personas o bien la tiene una persona que la comparte con otras responsabilidades.
- Las técnicas de gestión del mantenimiento son generalmente empleadas en empresas de cierto tamaño.
- La plantilla de personal de mantenimiento de las empresas ha disminuido y la tendencia es a seguir disminuyendo.
- Los cuadros técnicos de mantenimiento están estabilizados.
- Aunque en la mayoría de los casos el personal de producción no interviene en las tareas de mantenimiento, ha aumentado la participación del personal de operaciones y la tendencia es a seguir aumentando.
- Ha aumentado la contratación de mantenimiento y la tendencia es a seguir aumentando. Respecto al tipo de organización resultó mayoritariamente empleada la centralizada.
- En el 95% de las empresas encuestadas se utiliza el formulario de Orden de Trabajo como documento básico para el control del mantenimiento.
- Ha aumentado la informatización del mantenimiento y el uso de programas informáticos comerciales para *PCs*. En Argentina, el 70% de las empresas encuestadas dicen emplear la informática en el sector de mantenimiento, fundamentalmente para control de gastos y de *stocks*.
- Ha aumentado la formación en mantenimiento, pero no en la proporción que sería necesaria, sobre todo en electrónica y automatización. La polivalencia de las plantillas de mantenimiento ha aumentado ligeramente.
- Los hábitos de actuación de los jefes de mantenimiento siguen siendo los tradicionales: continúan dedicándose mucho más a actuar, decidir y resolver que a

planificar, programar y organizar; siguen tratando de obtener calidad en sus reparaciones y no se ocupan, con tanto interés, de los costos de su departamento.

¿Cómo podría un jefe de mantenimiento con tales características y hábitos, desarrollar actuaciones eficaces? La primera medida para cambiar esta situación siempre será la formación, y esta debe ser coherente con la política y los objetivos de la empresa.

Por lo general, los jefes de mantenimiento poseen una adecuada formación técnica y con ella y su experiencia tratan de resolver los problemas diarios; pero no tienen una adecuada formación económica, no conocen los métodos cuantitativos (o no les conceden la suficiente importancia) al igual que les ocurre con las herramientas informáticas y por tanto, no pueden asumir un adecuado sistema de gestión.

En la actualidad el mantenimiento está destinado a ser el pilar fundamental de toda empresa que se respete y que considere ser competitiva. Es por ello, que se desarrollan técnicas y métodos para la detección, control y ejecución de actividades que garanticen el buen desempeño de la maquinaria. Lo anterior resulta imposible sin una eficiente estrategia y organización de esta disciplina en cada empresa, sobre todo por la estrecha relación que existe entre la Producción y el Mantenimiento.

Tradicionalmente se contempla la función primordial del área de mantenimiento dentro de cualquier empresa, como la *ejecución de todas aquellas actividades tendentes a mantener o restaurar la capacidad operativa de los equipos e instalaciones productivas con el fin de contribuir a que el objetivo fundamental de la empresa pueda llevarse a cabo, todo lo anterior al más bajo coste posible***.** [Borda, 1998].

La definición, por parte de la entidad, de los objetivos de trabajo, tributa a que esta no marche a ciegas, pues de ser así, se encontrará a merced de acontecimientos internos y externos que afecten su correcto desempeño, por lo que su éxito resultará un hecho aleatorio**.** Heberlein [1991], Pérez [1992], Borda [1998], Parra [1999], Schults [2000], Prado, 2003 y Torres [2005] han definido los objetivos del mantenimiento como sigue:

1. Maximizar la productividad:
   - Reducir al mínimo los costos, debidos a las paradas por averías accidentales de las máquinas que originan pérdidas de producción.
   - Aportar sugerencias de mejora productiva o de calidad a través de la experiencia en las intervenciones en las máquinas.

- Reparar las máquinas averiadas en el mínimo tiempo y con la máxima durabilidad de la reparación.
- Rebajar los paros intempestivos de los equipos.

2. Minimizar los costos:
   - Realizar un aprovisionamiento de piezas de recambio de los equipos con una medida justa entre la inversión realizada para la adquisición de estos recambios y el costo que ocasiona la parada por falta de la pieza.
   - Alargar la vida de la máquina en sus condiciones originales de calidad y de rechazo.
3. Incrementar el ahorro energético:
   - Asegurar el suministro de energía, electricidad, aire comprimido, gas, etc.
4. Minimizar el impacto en el Medio Ambiente.
5. Maximizar la seguridad e higiene:
   - Aseguramiento de las condiciones de trabajo.
6. Asegurar la calidad exigida.

De manera general y como conclusión de lo antes expuesto, se plantea como objetivo fundamental del mantenimiento el lograr con costos mínimos y la máxima seguridad para el personal, las instalaciones y el medio ambiente, el mayor tiempo posible de funcionamiento correcto y eficiente del equipamiento.

El mantenimiento, debe apreciarse como protagonista, puede incluso considerarse el centro neurálgico de un entorno que se dirige hacia la meta de la competitividad. En la figura 1.4 se desarrolla de forma gráfica lo que se desea expresar.

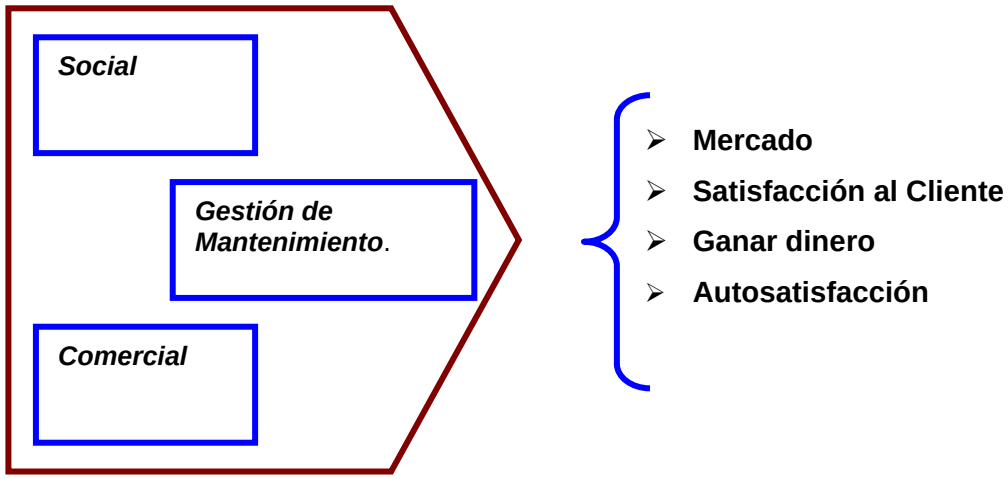


Figura 1.4. El Mantenimiento como centro neurálgico. [fuente: Fill, [2000]

Todas las actividades mencionadas anteriormente están compuestas por funciones como son la planificación, la ejecución, la organización y el control y las actividades correctivas basadas en la retroalimentación de los resultados de la ejecución.

Los responsables de la gestión del mantenimiento precisan, por encima de todo, conocer ciertas normas o procedimientos de administración, pues, como es de conocimiento general, el mantenimiento está relacionado con los ingresos generados en la empresa; siendo así, ampliar sus conocimientos en un enfoque direccionado a la reducción de los costos de mantenimiento, o sea, su planificación, su programación y su control es de crucial importancia [Da Silva Neto y Gonçalves de Lima, 2002]. A continuación se definirán los rasgos fundamentales de cada una de estas funciones.

- La planificación del mantenimiento

Es el conjunto de actividades que a partir de las necesidades de mantenimiento definen el curso de acción y las oportunidades más apropiadas para satisfacerlas, identificando los recursos necesarios y definiendo los medios para asegurar su oportuna disponibilidad. Los aspectos que deben ser cubiertos por la planificación son:

- Manejo de repuestos y partes
- Recursos Humanos
- Manejo de contratistas externos
- Recursos físicos
- Recursos financieros

Es de destacar que en muchas organizaciones la planificación del mantenimiento ha tendido a depender de la experiencia y la percepción de los operadores y a ser manejada sensorialmente; se ha centrado en inspecciones cualitativas del estado de los equipos, debido a la dificultad para determinar cuantitativamente el estado de deterioro de los mismos, además de no ser constante, el considerable número de información que se ha de procesar. Esto trae un sinnúmero de problemas que es necesario enfrentar para mejorar la confiabilidad y eficiencia de los equipos. Esta tendencia es la que se conoce como planificación tradicional del mantenimiento.

- La organización de mantenimiento

La organización es tal vez el área más ampliamente desarrollada de la teoría administrativa, tiene dos vertientes fundamentales, una estética que es sinónimo de entidad u organización creada para alcanzar determinados objetivos, o colectivo de personas estructurado para la acción. La vertiente dinámica es la organización como función de dirección, que consiste en ordenar y armonizar los recursos humanos, materiales y financieros de que se dispone con la finalidad de cumplimentar un objetivo dado con la máxima eficiencia. [Sánchez, 1999]. Esta, por lo general, consiste en la programación de todas las actividades tendientes a optimizar la ejecución de un conjunto de tareas en un período generalmente establecido, distribuyendo frente a las necesidades derivadas de la carga de trabajo programable, los recursos con la finalidad de optimizarlos.

- La ejecución del mantenimiento

Es el conjunto de actividades tendiente a realizar los requerimientos de mantenimiento, expresadas como trabajos específicos de cualquier tipo. Maneja la recepción de los programas o requerimientos en el caso de emergencias, la labor preparatoria de búsqueda de repuestos, herramientas, asignación del personal, instrucciones sobre procedimientos, así como la ejecución correcta de las tareas específicas del caso y la puesta en servicio del equipo o zona intervenida. Las tareas específicas en la ejecución del mantenimiento son las siguientes:

- Servicios técnicos: revisión, limpieza y fregado, lubricación, pruebas de regulación (ajustes y tolerancias perdidos por causas imprevistas) y conservación para la no-operación.

- Protección contra la corrosión activa o pasiva: pintura y protecciones especiales.
- Inspecciones: controles del desgaste, revisión de los instrumentos de medición y revisión de los dispositivos de seguridad.
- Reparaciones: pequeñas, medianas y generales.

❖ El control del mantenimiento

El control es una acción a ser realizada en forma constante en la organización (aunque existe una fuerte tendencia al autocontrol), utilizando mecanismos simples, sobre la base de los objetivos definidos, para un período determinado. Está basado en patrones de comparación preestablecidos, en consecuencia, será eficaz en la medida en que los resultados de su aplicación sean económicos y sirvan para tomar medidas de corrección. [Ruszkiewicz, 1980]

Posteriormente se definiría cómo se va a controlar, se harán inspecciones o se auto controlará el objeto ya definido. En cualquier caso se requerirá una preparación adecuada que parta de la correcta definición de los parámetros a controlar y de la forma en que serán analizados y evaluados los resultados. Por último, se define el momento en que se controla y la frecuencia de control. En esencia, se trata de responder a las preguntas: qué, cómo, cuándo y cuánto se controlará y esto estará en dependencia no sólo de los objetivos de la organización, sino también de las herramientas de que se disponga para el control.

Específicamente el control debe tener todos los indicadores apropiados que utiliza la dirección para controlar el desenvolvimiento directo de su personal y realizar una comparación con otros departamentos. Cuando se logra medir correctamente los indicadores de trabajo se obtienen patrones de tiempos consistentes y confiables.

De hecho, cada uno de los sistemas de mantenimiento incluye un método de control, por lo general expresado en función de tasas, cuotas y razones o índices.

La gestión del mantenimiento debe controlarse por los dirigentes de la empresa, mediante un sistema de índices o indicadores, a fin de determinar cómo marchan las cosas y por qué marchan, a fin de que permita tomar decisiones.

Puntualizando este último aspecto, debe destacarse que el mecanismo de control que se establezca debe ser económico, pues, aunque parezca obvio, en muchos casos esto no se cumple, resultando más caro el control que las pérdidas que provoca su falta. Por

esto los controles deben ser aplicados sobre pocos conceptos y los más importantes, de manera que el responsable de mantenimiento, siguiendo pocos resultados periódicos de control, tenga una semblanza rápida y confiable de la marcha del servicio, no solamente de su eficacia sino y sobre todo, de su eficiencia.

Según todo lo planteado, resulta evidente que primero habrá que definir el objeto de control que, según los objetivos de mantenimiento, pudiera tratarse de un equipo, una instalación, una planta física o incluso la propia organización de mantenimiento y sus funciones.

Por tales motivos en epígrafes subsiguientes se muestran una serie de indicadores importantes para la gestión y control del mantenimiento.

Según De Groote [1993], *"la experiencia ha demostrado que una buena gestión de mantenimiento solamente es posible en la medida en que el responsable sea bien informado".* Se trata entonces de introducir un sistema que permita asegurar el paso de informaciones de manera eficaz para cada nivel de responsabilidad.

Por otra parte, se requerirán índices que sirvan como señales y permitan al responsable tomar decisiones rápidas o hacer análisis complementarios en el caso de que se observe una anomalía.

La introducción de un sistema de gestión del mantenimiento y el establecimiento de índices para evaluar el desempeño del mismo, necesitan un sistema de captación y de evaluación de datos bien desarrollado, tanto en el campo técnico como en el económico. Los datos serían relativos a:

- Los historiales de las máquinas (tiempo de funcionamiento, frecuencia y duración de averías, origen de estas y otros).
- La ejecución de los trabajos (horas directas, tipo de personal, horas indirectas de preparación y control).
- Las piezas de repuesto (utilizadas, reparadas o fabricadas).
- Los costos (personal, materiales, subcontratación, gastos generales).

1.2 Generalidades sobre los Factores Críticos de Éxito (FCE)

Dentro de cualquier tarea o actividad existe un pequeño número de aspectos o elementos, que si no se tienen en cuenta de manera específica, se puede perder todo el

esfuerzo que se dedica a esa actividad, porque el papel que juegan es fundamental para la misma.

Mucho se ha enfatizado acerca de la importancia de la búsqueda de los factores críticos en los negocios, algunos afirman que es necesario determinarlos incluso antes de realizar cualquier planteamiento de las estrategias ya que junto con otras herramientas de análisis son esenciales para establecer las estrategias. Posteriormente, cuando ya se tienen las estrategias bien definidas, se requiere establecer los Factores Críticos o Claves del Éxito de la estrategia y con base a ellos establecer las acciones estratégicas para minimizar el riesgo y maximizar el éxito de las estrategias [Bahamón, 2001].

El concepto factor clave de éxito apareció sugerido en la literatura administrativa en los inicios de 1960, en el artículo del doctor Ronald Daniel titulado "Management Information Crisis", publicado en la revista *Harvard Business Review.* A pesar de la importancia del concepto, este permaneció relativamente inexplorado hasta marzo de 1979 cuando el equipo de investigación en sistemas de información, del Massachussets Institute of Technology (MIT), lo retomó como herramienta aplicable a la definición de requerimientos de información de un sistema de información gerencial [Rockart, 1979; referenciado en Bahamón, 2001].

El inicio de la utilización de este término, derivado en método de trabajo, parte de la pregunta que aún se hacen muchos empresarios después de un largo dia de trabajo *"¿Por qué tendré yo que tener docenas de informes al mes y, sin embargo, me llega tan poca información de la que realmente necesito para dirigir esta empresa?"*. Lo primero que llama la atención en la gestión empresarial (de una empresa o e un sistema/actividad determinado dentro de ella) es que se recibe demasiada información, que la mayoría se asimila sólo parcialmente y que, gran parte, no tiene ninguna importancia, concluyendo que *"el problema está en la definición exacta de qué datos, sobre qué actividades específicas, son los que el jefe necesita"* [Codina, 2007].

A partir de 1960 se han escrito una serie de definiciones para precisar este concepto; algunas de estas definiciones son:

- "Requerimientos de información sensible y vital que permiten a los gerentes asegurar que las cosas marchen bien" [Daniel, 1978; referenciado en Murillo, 2004]

- “Número limitado de áreas en las cuales, los resultados, si son satisfactorios, aseguran un desempeño competitivo exitoso para la organización. En estas áreas las cosas deben ir bien para que el negocio triunfe o en caso contrario, el desempeño no satisfará las expectativas. Por lo anterior, son áreas que requieren cuidadosa y constante atención de la gerencia” [Rockart, 1979; referenciado en Bahamón, 2001 y Murillo, 2004].
- Características particulares del entorno interno o externo de una organización que tienen una influencia importante para poder lograr los planes de la organización, son ampliamente utilizadas en el contexto del diseño de planes relevantes, y en la medición y análisis de los objetivos a lograr por una organización. [Daniel y Rockart, 1979]
- Los Factores Críticos de Éxito (FCE) describen aquellas actividades que son necesarias de ejecutar o de realizar exitosamente para que la Misión se cumpla. [Pinto, 2000]
- “Los factores claves de éxito son factores internos o externos a la empresa que deben ser identificados y reconocidos porque soportan o amenazan el logro de los objetivos de la empresa e incluso su existencia. Requieren de atención especial para evitar sorpresas desagradables o la pérdida de oportunidades. Pueden ser internos o externos, positivos o negativos en su impacto” [Ferguson, 1982; referenciado en Bahamón, 2001].
- “Son factores clave del éxito, aquellas capacidades controladas por la empresa en las que debe destacarse para que la unidad estratégica de negocios adquiera una ventaja sostenible a largo plazo, con un nivel de rentabilidad superior al de la media de la industria” [AECA, 2001]
- Aquellos elementos de la estrategia de la empresa en los que hay que sobresalir para superar a la competencia [Küllmer, 2001].
- “Aquellos componentes clave del negocio los cuales una empresa no puede evadir si pretende ser competitiva; es más, tiene la obligación de identificarlos y darles seguimiento y cumplimiento para llevar a cabo un mejor control de los mismos, y así garantizar la excelencia de la compañía”. Jiménez Sánchez [2003]

- Los factores Críticos de Éxito son el conjunto mínimo (limitado) de áreas (factores o puntos) determinantes en las cuales si se obtienen resultados satisfactorios se asegura un desempeño exitoso para un individuo, un departamento o una organización [Murillo, 2004]
- Aquellos aspectos o elementos que resultan más esenciales para que en cada Área de Resultado Clave de la empresa se alcance los mayores resultados. [Díaz Crespo, 2006]

A pesar de que las definiciones sobre factores claves son bastante claras, en la mayoría de los casos las personas tienen problemas para identificar los factores claves del sistema que están modelando.

Un factor de éxito es algo que debe ocurrir (o debe no ocurrir) para conseguir un objetivo. Este factor de éxito se define como crítico si su cumplimiento es absolutamente necesario para cumplir los objetivos de la Organización, por lo cual requiere una especial atención por parte de los órganos gestores, con el fin de asegurar que se dediquen los mejores recursos a la ejecución o realización de dicho factor de éxito [Ingeniería del Software, 1999]

A partir de este análisis se puede definir los factores claves de éxito como: el conjunto de condiciones y actividades del sistema, suficientes y necesarias para asegurar el logro de los objetivos del sistema, y que por lo tanto deben estar bajo control [Bahamón, 2001].

Una definición desde la perspectiva gerencial plantea que los FCE son variables que la gerencia puede influenciar a través de sus decisiones y que pueden afectar significativamente la posición competitiva global de las firmas en una industria. [Murillo, 2004].

Codina [2007] es de la opinión de que el sistema de información de toda empresa tiene que ser discriminatorio y selectivo, ha de orientarse hacia los “factores críticos”. En la mayoría de los sectores existen, normalmente, de tres a seis factores claves del éxito; es importante que estas actividades claves se efectúen excepcionalmente bien, para que la empresa consiga el éxito.

Varios autores han hecho énfasis en la necesidad de examinar y ejecutar la selección de los factores definidos como críticos para éxito en al implementación de estrategias

productivas en las organizaciones ya que permiten tener una visión clara de los elementos hacia los que se deben enfocar los esfuerzos para garantizar el desempeño deseado. [Achanga, et al, 2006]

Tener claro cuáles son los FCE le permite a la empresa, entre otras cosas, las siguientes ventajas [Codina, 2007]:

- Identificar las actividades en las que debe centrar su atención para mantener o elevar su posicionamiento competitivo.
- Analizar qué hacen y cómo los competidores más exitosos en cada uno de esos FCE (*benchmarking* competitivo).
- Determinar qué puede copiar o hacer mejor que los competidores, para mejorar su posicionamiento.

Daniel y Rockart [1979] plantean lo siguiente: *".el método de los FCE no intenta abordar el problema de las necesidades de información para una planificación estratégica, que son casi imposibles de planificarse de antemano. El método se centra, mas bien, sobre las necesidades de información para el control de gestión, allí donde los datos necesarios para vigilar y mejorar las áreas de negocio, ya existentes, se pueden definir con más facilidad…".*

Es curiosa esta afirmación porque, precisamente, uno de los usos más generalizados del método de los FCE, en la bibliografía posterior y en la práctica gerencial, es precisamente, en unos casos, para identificar los FCE de un sector de negocios (industria, como le llama Porter); en otros, para determinar las actividades principales en las que una empresa debe centrar su atención. Se debe tener cuidado de no hacer que los FCE sean una reformulación de la misión [Pinto, 2000]

1.2.1 Las características de los FCE

Una aproximación válida para entender los FCE son sus características, que a lo largo de muchas experiencias en múltiples organizaciones se ha determinado que comparten gran cantidad de ellas, de las cuales se han extraído las siguientes [Daniel y Rockart, 1979; Murillo, 2004]:

1. Son temporales y subjetivos
2. Están relacionados íntimamente con la supervivencia exitosa o competitividad de la entidad a que se refieren.

3. Son específicos para cada negocio, organización, entidad o individuo.
4. Reflejan las preferencias o puntos de vista respecto a las variables claves en un determinado momento.
5. Se constituyen asimismo como elementos cruciales para el éxito de una organización durante el horizonte de la planeación.
6. Son variables claves cuyo valor tiene un nivel crítico que al ser superado se considera como satisfactorio o exitoso. Lo contrario compromete seriamente la razón de ser de la entidad o la estrategia evaluada.
7. El éxito de las estrategias organizacionales, los planes, objetivos, esfuerzos y acciones estratégicas giran en torno a su concreción satisfactoria.
8. Un plan o u proceso se consideran estratégicos para una organización cuando afectan a sus FCE.
9. Están directamente relacionados con el concepto de éxito de quienes los diseñen, su grado de comprensión del entorno o ámbito en que se formulan y de la naturaleza del negocio, así como del grado de madurez organizacional alcanzado.
10. Son influenciados por el contexto o entorno económico, socio-político, cultural, geográfico, y por el acceso y disponibilidad de recursos.
11. Están directamente relacionados con el reconocimiento de las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas que la organización posee.
12. Su criticidad está en relación directa con el tiempo e importancia que se le destina en la organización para su evaluación y ejecución; el impacto de su no satisfacción o sobre su desempeño exitoso; su impacto actual o futuro sobe los recursos de la organización; el impacto actual o futuro sobre la cantidad y calidad de los sistemas, procesos funciones, productos, servicios o individuos con los que se relaciona; el nivel de compromiso que tiene con la organización o entidad a la qe se refiere y el nivel de impacto sobre el medio en que se desenvuelve la organización
13. Las metas organizacionales están directamente relacionadas con la superación de los valores críticos de los FCE. Por otro lado los objetivos organizacionales

se logran cuando se cumplen las metas, y así la misión y visión de la organización se logran cuando se cumplen los objetivos organizacionales.

14. No deben haber demasiados factores ya que se perdería el enfoque y es difícil de identificar las responsabilidades.

Analizando las características de los FCE se puede concluir que al examinarlos y controlarlos se examinan y controlan los principales procesos del negocio y además, un adecuado diseño de esos controles pueden suministrar medidas para conocer el rendimiento, la efectividad, la calidad y la competitividad de los mismos. Es decir que con estos elementos se toman las decisiones claves del negocio por lo que se recomienda que éstos deben ser definidos por el personal más experimentado y responsable de la empresa.

Una vez que la organización ha definido aquellos FCE de su gestión puede definir con mayor claridad cuáles van a ser los indicadores que señalen que efectivamente esos factores están controlados, eventualmente cuando alcanzan un nivel crítico, cuál es el valor meta de cada uno de esos indicadores, se puede asignar responsables, establecer vínculos entre indicadores que permitan establecer causas y efectos de los mismos. Estos FCE se pueden convertir eventualmente en la punta de lanza de una estrategia de la organización, es más, todos los FCE de la organización deberían ser parte de los objetivos estratégicos de la organización, pues una vez que se tenga el control sobre los mismos y se alcancen niveles satisfactorios, toda la organización en su conjunto había alcanzado el éxito esperado.

1.2.2 Procedimiento de definición de Factores Críticos de Éxito

La identificación de los FCE comienza con el cuestionamiento mismo de ¿Cuál debería ser el negocio de la organización?, una vez respondido a esto se definen los productos/servicios que la organización debe estar planteado, se definen también quién o quiénes deberían ser los clientes, los proveedores, los competidores, etc.

A la hora de definir los Factores Críticos de Éxito de la Organización, es necesario que los objetivos que persigue la Organización estén claramente definidos, dado que su especificación sirve de base para el estudio de los FCE.

El procedimiento para un análisis estructurado de los FCE consta de los siguientes pasos [Daniel y Rockart, 1979; INEI, 2003]:

a. Establezca la misión y elaborar una lista de los objetivos de la organización.

b. Determine las metas estratégicas.

c. Identificar los factores de éxito que influencian a cada meta.

d. Eliminar los factores de éxito no críticos.

e. Agrupar los factores de éxito de acuerdo con los objetivos.

f. Identificar los componentes de estos factores de éxito.

g. Seleccionar los factores críticos de éxito.

h. Finalizar el estudio de los factores críticos de éxito.

Murillo [2004] platea que los FCE se identifican contestando a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué cosas deberían ocurrir para que el negocio planteado tenga los clientes, los proveedores, la cobertura ideal para tener el éxito que se espera?.
2. ¿Qué factores son determinantes para que el negocio sea exitoso?
3. ¿Qué factores harían que el negocio fracasara o se viera seriamente comprometido?
4. ¿Qué factores son esenciales para crecer en forma sostenible?
5. ¿Qué cosas deberían evitarse en el negocio?
6. ¿En qué han fracasado otras empresas del mismo negocio?
7. ¿Cómo podrían afectar las condiciones externas al negocio?

La respuesta de cada una de las preguntas debe ser sometida a cuatro perspectivas fundamentales: la financiera para tener éxito financiero, de los clientes para lograr la visión de la empresa para satisfacer a la alta gerencia y a los clientes, de los procesos internos y del crecimiento y del aprendizaje para lograr la misión de la empresa apoyándose en sus habilidades para mejorar e innovar.

A la hora de definir los FCE, Jiménez Sánchez [2003] plantea que se debe realizar un análisis cualitativo de los mismos teniendo en cuenta los elementos siguientes:

- ¿El factor es cuantificable? ¿Cómo?
- ¿El factor es revisable? ¿Cómo?
- ¿Indica el factor los resultados del proceso durante el tiempo? ¿Cómo?
- ¿Indica el factor el progreso hacia los objetivos en el tiempo? ¿Cómo?
- ¿Cómo afecta al factor un cambio en el proceso?
- ¿Es el valor del factor aceptado en la empresa?

- ¿Es el valor del factor aceptado por otras empresas? ¿Cuáles?
- ¿Es la obtención de datos fácilmente accesible? ¿Es la integridad de los datos fiable? ¿Se puede calcular la medida del factor resultante fácilmente?
- ¿Está el factor documentado o publicado abiertamente? ¿Dónde?

1.3 Los Factores Críticos de Éxito de Mantenimiento (FCEM)

Como se apreció en el apartado anterior, los FCE son elementos importantes en al planificación a todos los niveles de todas las áreas que componen una organización, la función mantenimiento no queda apartada de ello. Muchos son los elementos brindados por los diferentes autores e instituciones especializadas en el tema de mantenimiento relativo a los objetivos, metas y fines del mantenimiento pero en muy pocas ocasiones se han referido explícitamente al tema de los FCE de esta área.

Teniendo en cuenta los criterios y elementos analizados hasta el momento la autora de la presente investigación define a los Factores Críticos de Éxito de Mantenimiento (FCEM) como: aquellos factores que debe garantizar el área de mantenimiento para poder cumplir su misión dentro de la organización. Estos elementos contendrán varios objetivos dentro de su consecución, serán ampliamente utilizados en el contexto del diseño de planes relevantes de esta función y en la medición y análisis de las metas a lograr por la organización.

Son varios los autores que se han referido indirectamente al tema de los FCEM, a continuación se detalla una serie de maneras de abordarlo para concluir el señalamiento de aquellos elementos que se consideran coincidentes en el criterio de varios especialistas y que se encuentren en concordancia con el concepto presentado por la autora.

Dos Santos Méndez [2002] plantea que los factores de percepción del valor de las actividades de mantenimiento, los cuales, por definición, son los beneficios y los sacrificios de adquisición de un bien o servicio, tienden a ser de características altamente personales, idiosincrásicas y varían grandemente de un consumidor a otro. Estos factores son los atributos del servicio, los cuales constituyen la razón primaria de selección, y que agregan valor al desempeño de la organización. Teniendo en cuenta estos elementos este autor propone un modelo de gestión del valor en el servicio de mantenimiento de un sistema de producción, en el cual el gestor de este servicio

gestiona los parámetros de influencia de creación de valor a partir de la percepción del cliente, o sea, los FCE.

Este autor coincide con Walters [1999] y Lapierre [2000] al llamar “value-drivers” o “direccionadores de valor” a estos factores. Como resultado de sus estudios detallan los factores que consideran influyentes en la percepción de valor en los consumidores de operaciones de mantenimiento. A continuación se presentarán estos “direccionadores de valor” junto a algunas características específicas de los mismos.

1. Velocidad de atención.

   Los indicadores normalmente utilizados para este criterio de evaluación son el tiempo medio para la reparación y al tasa de intervenciones programadas.

2. Confiabilidad

   Este factor puede ser expresado teniendo en consideración los elementos: número de fallos, tiempo medio entre fallos, disponibilidad y rendimiento operacional.

3. Competencia
4. Costo
5. Consistencia

   Para el servicio de mantenimiento la persistencia es percibida por la ausencia de fallos, indicando que las intervenciones preventivas programadas han sido consistentes.

6. Flexibilidad

   La flexibilidad es percibida como la capacidad de adaptación alas necesidades cambiantes de los clientes. Puede ser medida por la tasa de polivalencia.

7. Accesibilidad

   Este factor está estrechamente relacionado a la velocidad de atención, medido a través del indicador tiempo de reacción ante el fallo.

En la tabla 1.4 se resumen todos los factores propuestos por estos autores junto a los indicadores utilizados para su evaluación.

Tabla 1.4 Factores de percepción de valor e indicadores asociados para las operaciones de mantenimiento [fuente: Dos Santos Méndez, 2002; Lapierre, 2000 y Walters, 1999]

Factores de percepción de valor	Indicadores asociados
Velocidad de atención	Tiempo Medio de Reparación Tiempo medio de intervenciones programadas, correctivas o de mejora
Confiabilidad	Tiempo Medio de Reparación Tiempo Medio Entre Fallos Número Medio de Fallos Disponibilidad Propia Rendimiento Operacional
Competencia	Tasa de entrenamiento Plano de entrenamiento Grado de rotación
Consistencia	Cantidad de fallos repetitivos Tasa de realización de mantenimientos preventivos
Costo	Costo total de mantenimiento Costo de mantenimiento por unidad producida Pérdida de producción relacionada a las paradas
Flexibilidad	Tasa de polivalencia
Accesibilidad	Tiempo de reacción (paradas imprevistas)

García González-Quijano [2004] por su parte expone que los Factores Críticos de Éxito de la gestión del mantenimiento son la Disponibilidad y la Eficacia, los cuales van a indicar la fracción de tiempo en que los equipos están en condiciones de servicio (Disponibilidad) y la fracción de tiempo en que su servicio resulta efectivo para la producción. Definiendo Disponibilidad y Eficacia como sigue:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempodeproducciónrequerido}{Tiempodisponibleparaproducción}$$

$$Eficacia = \frac{Tiempodisponibleparaproducción}{Tiempodeproducciónefectiva}$$

Plantean además, que la mejora en estos dos ratios y la disminución de los costes de mantenimiento suponen el aumento de la rentabilidad de la empresa y por tanto tienen influencia directa sobre los beneficios. Asimismo, dada la existencia de una preocupación creciente en la importancia de la mantenibilidad y fiabilidad de los equipos, resulta clave tomar en cuenta estos valores desde la fase de diseño del proyecto. Basado en estos planteamientos expone como factores a controlar para garantizar el éxito de la organización los siguientes.

- Disponibilidad y Fiabilidad de los equipos
- Seguridad
- Respeto del Medio Ambiente
- Calidad del Producto
- Vida operativa de los equipos
- Eficiencia de costos
- Gestión del Riesgo

Murillo [2004] hace referencia a la Gestión Basada en FCE, detallando que ésta simboliza que para cada uno de los planteamientos administrativos de gestión se analizan los FCE en primer lugar para después establecer los señalamientos y propuestas de mejora. Cuando se habla de “gerenciar”, administrar o gestionar con base en FCE significa que los factores o elementos que determinan si se alcanza o no el resultado exitoso son antepuestos a cualquier otro tipo de elementos disociadores. Por lo que el proceso de encontrar, analizar y valorizar los FCE se vuelve crucial, y en gran parte es el responsable de que la organización se dirija en una u otra dirección, recordando siempre que una organización o sus individuos se comportan de acuerdo a como son medidos. Plantea que los FCE, el proceso que lleva hacia ellos y el cómo se van a medir es tan vital como las estrategias mismas por lo que la importancia y el tiempo que se le dediquen resultan claves en el éxito de toda organización.

Por otro lado García-Ahumada [2003] esboza que la misión de todo dispositivo es satisfacer, a lo largo de su vida operativa, su demanda de funcionamiento en unas condiciones técnicas y de seguridad adecuadas y al mínimo coste. La aparición de indisponibilidades forzosas o programadas en los dispositivos provoca normalmente una pérdida de eficiencia en su explotación. De aquí el creciente interés que están

mostrando tanto los consumidores como los fabricantes por la confiabilidad de las instalaciones y productos. Entonces señala que para garantizar una confiabilidad adecuada de un dispositivo se debe accionar sobre las cualidades del mismo que integren las capacidades: fiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y seguridad; todo ello a través de la adopción de medidas de mantenimiento en las fases de diseño, construcción y explotación de estos equipos.

Cuando se analiza un proceso de mantenimiento es imperativo considerar tanto los recursos como las restricciones, a fin de conseguir un óptimo control de unas operaciones tan complejas, que tienen un gran impacto en la seguridad, fiabilidad, coste, prestigio y otras características decisivas para la conducción competitiva de las operaciones [Bastidas y Feliu Ripoll, 2003]. El objetivo principal de la existencia de cualquier elemento o sistema realizado por el hombre es proporcionar utilidad, mediante la realización de cierta función requerida. De aquí que, una vez que se proporciona la funcionabilidad, la principal preocupación del usuario es alcanzar la disponibilidad y seguridad mas elevada posible, con el menor costo posible.

Knezevic [1996] detalla que el principal objetivo de la existencia de cualquier elemento o sistema realizado por el hombre es proporcionar utilidad mediante la realización de una cierta función requerida. De aquí que una vez que se proporciona la funcionalidad, la principal preocupación del usuario es alcanzar la disponibilidad y seguridad más elevadas posible, con la menor inversión en recursos. Explica, además, que al analizar el impacto del mantenimiento en la seguridad, prestigio, economía, disponibilidad, y otras características decisivas para la conducción competitiva de las organizaciones, demuestra que representa uno de los determinantes principales de la consecución de los objetivos empresariales.

Tal como se encuentran las industrias en la actualidad, bajo una creciente presión de la competencia, estas se están obligadas a alcanzar altos valores de producción con exigentes niveles de calidad cumpliendo con los plazos de entrega. Radica justamente aquí la importancia del mantenimiento [Torres, 2005]. La finalidad del mantenimiento entonces es conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible. Todo lo anterior implica: conservar el

sistema de producción y servicios funcionando con el mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de las fallas, aplicar las normas de higiene y seguridad del trabajo, minimizar la degradación del medio ambiente, controlar, y por último reducir los costos a su mínima expresión.

Este autor expone, además, que para interpretar la forma en que actúa el mantenimiento, se hace necesario ver y analizar distintas variables de significación que repercuten en el desempeño de los sistemas, destacando dentro de éstas las siguientes: Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad, Calidad, Seguridad, Costo y Entrega / Plazo.

Es importante el análisis que realiza este autor sobre el significado del término “fallo” o “avería”, destacando que en la industria se suele definir así a cualquier anomalía que impida mantener los niveles de producción. Sin embargo Torres va más allá y expresa que el concepto es aún más amplio y debe tener en cuenta la falta de calidad del producto, la falta de seguridad, el mal aprovechamiento de la energía disponible y la contaminación ambiental; o sea, que el normal funcionamiento de una instalación implica mantener el nivel productivo, la calidad del producto, la seguridad de las personas y la calidad del medio ambiente.

Lodola [2006] define los objetivos de la función mantenimiento enfocados a los siguientes aspectos: maximizar la producción, reducir los costos, optimizar los recursos de mantenimiento, optimizar la vida capital del equipamiento y garantizar la seguridad del personal.

Prado [2003] plantea que es muy común que dentro de la gestión del mantenimiento se incluyan, además de las actividades tendientes a asegurar la disponibilidad máxima planificada de los equipos al menor costo dentro de los requisitos de seguridad, la atención de los servicios al establecimiento, y también, la colecta, tratamiento y disposición de los residuos sólidos, líquidos y gaseosos que se generen en ella.

Espinosa Fuentes [2006] aborda el papel relevante de las funciones producción y mantenimiento para mantener la infraestructura de una organización. Expone que ambas en conjunto tienen que entregar los productos o servicios en el tiempo indicado, con la calidad solicitada y la cantidad proyectada, o sea, garantizar la confiabilidad del sistema productivo, la disponibilidad del equipamiento, una alta mantenibilidad y

seguridad del personal y del medio ambiente. Mientras que Kothari [2004], sólo basa sus criterios en el factor costo, presentando al mantenimiento como un área funcional estratégica que tiene la potencialidad de contribuir a la reducción los costos a través del mejoramiento de la calidad, la productividad o disponibilidad y la fiabilidad del equipamiento.

Finalmente García Garrido [2003] define la calidad u objetivo del mantenimiento como: maximizar la disponibilidad del equipamiento al mínimo costo. Además, desmenuza este objetivo en pequeñas metas, quedando como sigue:

- Disponer de mano de obra en la cantidad suficiente y con el nivel de organización necesario.
- La mano de obra está suficientemente cualitativa para aumentar las tareas necesarias.
- El rendimiento de esa mano de obra ser el mas alto posible.
- Que se disponga de útiles y herramientas adecuadas para los equipos que hay que atender.
- Que los materiales empleados en el mantenimiento cumplan los requisitos necesarios.
- Que el costo gastado en materiales y repuestos sea el mas bajo posible.
- Disponer de los materiales de trabajo adecuados para aumentar las tareas de mantenimiento.
- Las reparaciones efectuadas son fiables o sea que no se repitan con un largo periodo de tiempo.
- Que las paradas por averías no afecten el plan de producción y por tanto no afecten a los clientes internos o externos.
- Que se disponga de información útil y fiable sobre la evolución del mantenimiento que nos permita tomar decisiones.

Haciendo un resumen de los principales elementos presentados, a partir del criterio de los diferentes autores consultados, se puede decir que los factores más abordados son los siguientes: disponibilidad, confiabilidad/fiabilidad, costo, calidad, seguridad y medio ambiente y mantenibilidad. Aunque se ha podido observar que no existe consenso al respecto. Entre tanto, la definición de estos factores solamente puede ser realizada

teniendo un profundo conocimiento de las operaciones en cuestión, hecho que genera la necesidad de la representación sistemática de este servicio.

1.4 Conclusiones parciales

1. La gestión del mantenimiento ha venido ganando importancia dentro de las organizaciones una vez descubierto su papel preponderante para el logro de los objetivos empresariales al ser la responsable de garantizar la disponibilidad del equipamiento productivo a un costo razonable.
2. La selección de los Factores Críticos de Éxito en una organización es de vital importancia ya que permite orientar la estrategia empresarial de la misma y definir las áreas claves hacia donde dirigir los recursos disponibles con vistas a garantizar el logro de las metas previstas.
3. En la bibliografía consultada se encuentra disponible un amplio rango de criterios que son determinantes dentro del adecuado desempeño de la función mantenimiento, sin embargo no se encuentran definidos aquellos que se consideran Factores Críticos de Éxito.

Capítulo 2 Procedimiento para la identificación de los Factores Críticos de Éxito del Mantenimiento (FCEM)

En el presente capítulo se aborda todo lo referente al proceso propuesto para la identificación de los FCEM en la entidad objeto de estudio a partir de la aplicación de un método de trabajo con expertos, finalizando con la descripción de todos los elementos necesarios para la determinación de los factores identificados.

2.1 Proceso de determinación de los FCEM mediante el método de expertos

Para el logro del objetivo propuesto se decidió utilizar el “Método de Expertos por Rondas”, el cual es una metodología que permite alcanzar una serie de ventajas de un trabajo con expertos en grupo, garantizando la recopilación mediante una serie de pasos en los cuales se va retroalimentando a cada experto con los criterios de los demás y con ello se alcanza un resultado más “rico” en su contenido. Este procedimiento utiliza un grupo de expertos para el análisis los cuales se mantienen aislados con objeto de minimizar el efecto de presión social y otros aspectos del comportamiento de pequeños grupos.

Paso 1. En este paso, una vez realizada una breve presentación del estudio a realizar, así como su principal objetivo y alcance, se le solicita a cada uno de los participantes que, basado en sus conocimientos y experiencia, detalle “todos” aquellos elementos que consideren constituyan los Factores Críticos del Éxito del área de mantenimiento, teniendo en cuenta las exigencias del entorno competitivo en que se desempeña la empresa donde labora.

Paso 2. En este paso, una vez recopilada toda la información proporcionada por los expertos, se realiza un resumen de la misma, o sea, se agrupan todos los factores propuestos, decantando aquellos en que coinciden varios especialistas.

Una vez resumida la información se le presenta a los expertos, explicándoles que la misma es el resultado de las propuestas de cada uno de ellos y se les pide que los estudien y, de existir, que propongan aquellos factores que han considerado a última hora y que no habían presentado en la ocasión anterior. El objetivo de este paso es aprovechar la generación de nuevas ideas que se produce al disponerse de información “fresca” presentada por otros expertos en la materia.

Paso 3. Una vez recopilada toda la nueva información generada, se actualiza el resumen ya disponible. Posteriormente se le presenta ya toda la información resultante luego de ambas etapas y se le solicita agrupar la amplia gama de factores recopilada por categorías, dígase Recursos Humanos o Personal, Económicos, entre otros. El objetivo de este paso no es más que poseer todos los factores agrupados por afinidad, en función de su naturaleza o incidencia en determinada área de la toma de decisiones de la actividad de mantenimiento.

Paso 4. En este paso, una vez resumida toda la información recopilada en función de las diferentes categorías propuestas por los expertos, se realiza un análisis de la misma con vistas a decantar categorías similares y agrupar analogías.

El resultado del análisis realizado se le presenta a cada uno de los expertos y, al igual que en el paso dos, se les solicita que se analice dicha información y que, teniendo en cuenta los criterios de los demás, valore si mantiene su propuesta o realiza adecuaciones. Además, se le solicita analizar si considera que alguna de las demás propuestas es más “acertada” que la suya y, de serle posible, exponer las razones por las que se considera en desacuerdo con las demás consideraciones.

Paso 5. Se recopila toda la información resultante y se repite el cuarto paso hasta lograr un consenso entre todos los participantes. En estas rondas es importante el papel de síntesis y de “manejo” de la información desarrollado por el coordinador del estudio en lo relativo a saber presentar los criterios de mayor utilidad para el logro del objetivo del trabajo y saber valorar qué criterios sobre determinadas propuestas no presentar a los demás en aras de garantizar el clima adecuado entre los participantes en el estudio.

Paso 6. Presentación de los resultados finales del estudio. En esta ocasión se debe presentar la definición detallada de cada Factor Crítico de Éxito, dígase, una descripción detallada de la expresión o via de determinación de cada uno de los factores.

2.2. Selección de los FCEM en la empresa objeto de estudio

En este epígrafe se pretende presentar el desarrollo del estudio llevado a cabo con los expertos con vistas a lograr el objetivo principal de la presente investigación.

Primeramente se realizó la determinación y selección de los expertos a incluir en el estudio.

2.2.1 Selección de los expertos

El cálculo del número de expertos necesarios, teniendo en cuenta el nivel de confianza, la proporción de error, y el nivel de precisión deseado, se desarrolló a través de la expresión siguiente:

$$M = \frac{P(1-P)K}{I^2} \qquad (2.1)$$

Donde:

M: número de expertos.

I: nivel de precisión que expresa la discrepancia o variabilidad que muestra el grupo en general.

P: porcentaje de error que como promedio se tolera en el juicio de los expertos.

K: constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza.

Para el caso bajo estudio se decidió lo siguiente:

$1-\alpha = 0.95$

P = 0.01

$I = \pm 0.13$

K = 3.8416

Obteniéndose como resultado nueve (9) expertos.

En la tabla 2.1 se muestra una información general sobre los expertos participantes en el estudio.

Tabla 2.1 Relación de expertos seleccionados

[fuente: elaboración propia]

No	Nombres y apellidos	Responsabilidad	Años de experiencia
1	Rosabel Fleite Martínez	Jefe de producción	14
2	Mayulis Montes Iglesias	Especialista en Medio Ambiente	9
3	Reinel Galluez Carvajal	Jefe de Mantenimiento	20
4	Mirtha Reyes de la Cruz	Planificadora de Mantenimiento	26
5	Melvi Manzilla Llanera	Mecánico “A” de Mantenimiento Fabril	18
6	Bani Moreno Morale	Contador	20
7	Zequiel Hernández Romero	Jefe Económico	5
8	Deysi Barrios Ramos	Jefe en Control de la Calidad	18
9	Domingo Osmany Pérez	Técnico en Refrigeración y Climatización	19
10	Bienvenido Jiménez López	Técnico en Control de la Calidad	12

Para la selección de los nueve expertos se utilizó el procedimiento propuesto por Hurtado de Mendoza Fernández [2003] en el cual se evalúa el Coeficiente de Competencia de cada experto en función del Coeficiente de Conocimiento o Información y el Coeficiente de Argumentación; para ello se siguieron los pasos que se detallan a continuación.

a) Se le pidió a cada posible experto que marcara con una X, en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que posee sobre el tema bajo estudio, obteniéndose el resultado descrito en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Grado de conocimiento o información que poseen los expertos sobre el tema [fuente: elaboración propia]

No	Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Rosbel Fleite Martínez									X	
2	Mayulis Montes Iglesias									X	
3	Reniel Galluez Carvajal								X		
4	Mirtha Reyes de la Cruz										X
5	Melvi Manzanila Llanera					X					
6	Bani Moreno Morales								X		
7	Zequiel Hernandéz Romero							X			
8	Deysi Barrios Ramos									X	
9	Domingo Osmany Peréz						X				
10	Bienvenido Jimenez López						X				

b) A partir del resultado del apartado anterior se calculó el Coeficiente de Conocimiento o Información (Kc) a través de la ecuación 2.2. Los resultados se detallan en la tabla 2.3

$$k_{cj} = n \bullet (0{,}1) \qquad (2.2)$$

Donde:

Kcj: Coeficiente de Conocimiento o Información del experto “j”

n: Rango seleccionado por el experto “j”

Tabla 2.3 Resultados del Coeficiente de Conocimiento (Kc) de cada experto [fuente: elaboración propia]

	EXPERTOS									
	E1	**E2**	**E3**	**E4**	**E5**	**E6**	**E7**	**E8**	**E9**	**E10**
Kcj	0.9	0.9	0.8	1	0.5	0.8	0.7	0.9	0.6	0.6

b) Se realiza una segunda pregunta que permite valorar un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar (marcar con una X). A continuación se determinan los aspectos de mayor influencia a partir de la asignación de valores predeterminados (tabla patrón) en función de la evaluación realizada por cada experto (ver tabla 2.4) y con estos valores es calculado el Coeficiente de Argumentación (Ka) de cada experto utilizando la ecuación 2.3. En la tabla 2.5 se detalla el valor de este coeficiente para cada uno de los expertos.

$$Kaj = \sum_{i=1}^{6} n_i \qquad (2.3)$$

Donde: Kaj: Coeficiente de Argumentación del experto “j”.

ni: Valor correspondiente a la fuente de argumentación ¨i¨ (i: 1 hasta 6)

Tabla 2.4 Determinación del nivel de argumentación del tema que posee cada experto

[fuente: elaboración propia]

Fuentes de argumentación o fundamentación	**Evaluación de cada experto**						
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Análisis teóricos realizados por Ud.	Medio (0.2)	Medio (0.2)	Medio (0.2)	Medio (0.2)	Bajo (0.1)	Medio (0.2)	Alto (0.3
Experiencia obtenida personalmente	Alto (0.5)	Medio (0.4)	Alto (0.5)	Alto (0.5)	Medio (0.4	Alto (0.5)	Medio (0.4)
Por trabajos de autores nacionales	Medio (0.05)	Medio (0.05)	Medio (0.05)	Medio (0.05)	Medio (0.05)	Medio (0.05)	Alto (0.05)
Por trabajos de autores extranjeros	Medio (0.05)	Bajo (0.05)	Bajo (0.05)	Bajo (0.05)	Bajo (0.05)	Medio (0.05)	Medio (0.05)
Conocimientos propios del estado del problema en el extranjero	Bajo (0.05)	Bajo (0.05)	Bajo (0.05)	Bajo (0.05)	Bajo (0.05)	Bajo (0.05)	Bajo (0.05)
Por intuición propia	Bajo (0.05)	Bajo (0.05)	Medio (0.05)	Bajo (0.05)	Bajo (0.05)	Medio (0.05)	Bajo (0.05)
Suma total:	**0.9**	**0.8**	**0.9**	**0.9**	**0.7**	**0.9**	**0.9**

Tabla 2.5 Resultados del Coeficiente de Argumentación (Ka) de cada experto [fuente: elaboración propia]

	EXPERTOS									
	E1	**E2**	**E3**	**E4**	**E5**	**E6**	**E7**	**E8**	**E9**	**E10**
Kaj	0.9	0.8	0.9	0.9	0.7	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8

c) Una vez obtenidos los valores del **Coeficiente de Conocimiento** (Kc) y del **Coeficiente de Argumentación** (Ka) se procede a obtener el valor del **Coeficiente de Competencia** (K) que finalmente es el coeficiente que determina en realidad si los expertos analizados se toman en consideración para trabajar en la investigación. Este coeficiente (K) se calcula según la ecuación 2.4 y su valor es comparado con una escala preestablecida. El valor de “K” alcanzado por cada

uno de los expertos, así como el nivel de competencia alcanzado se detalla en la tabla 2.6.

$$k_j = 0{,}5 \bullet (k_{cj} + k_{aj}) \qquad (2.4)$$

Donde: Kj: Coeficiente de Competencia del experto “j”

Kcj: Cociente de Conocimiento del experto “j”

Kaj: Coeficiente de Argumentación del experto “j”

Tabla 2.6 Resultados del Coeficiente de Competencia (K) de cada experto [fuente: elaboración propia]

	EXPERTOS									
	E1	**E2**	**E3**	**E4**	**E5**	**E6**	**E7**	**E8**	**E9**	**E10**
Kj	0.9	0.85	0.85	0.95	0.6	0.85	0.8	0.9	0.7	0.7
Nivel	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio

En este caso se toman como especialistas a participar en la investigación los siete expertos que obtuvieron un nivel de competencia “Alto” más aquellos dos que mayor nivel de competencia “Media” alcanzaron (E9 y E10).

2.2.2 Aplicación del Método de Expertos por Rondas

En el presente epígrafe se realiza todo el trabajo de selección de los Factores Críticos de Éxito del Mantenimiento dentro de la empresa objeto de estudio a través del trabajo con los expertos seleccionados. A continuación se detalla cómo aconteció el desarrollo de cada uno de los pasos.

Primer paso

En este primer paso, además de presentarle a cada experto el objetivo y alcance del estudio, se le presentó la definición específica de Factor Crítico de Éxito del Mantenimiento (FCEM) para lograr uniformidad en los criterios de los mismos.

En esta primera ronda se obtuvo una amplia variedad de propuestas, sin lograr coincidencias en la mayoría de ellas. Se procesó toda la información, buscando similitudes en lo planteado por cada especialista, y se obtuvo un total de 23 elementos a considerar FCEM en la entidad.

Segundo paso

En este paso, al presentar a cada experto el resumen de todas las propuestas realizadas, se logró un incremento de ocho nuevos FCEM en la nueva ronda de trabajo.

Tercer paso

Al solicitar que se agruparan todos los factores recolectados por categorías afines se logró reducir los mismos a 11 propuestas. Dos de las principales acotaciones realizadas para mejorar el agrupamiento de los factores fueron las referidas a la relación del concepto de “calidad del producto” con el de “disponibilidad”, además, de la aclaración de los elementos contenidos dentro de la definición del elemento “disponibilidad” en si mismo, utilizando para ello los argumentos ofrecidos por Mora Gutiérrez y Pérez Peral [2002] y Torres [2005]. Estos autores plantean que un equipo no se encuentra disponible si se ha presentado alguna anomalía que impida mantener los niveles de producción, considerando anomalía a todo aquello que influya en la calidad del producto, la seguridad del operario, el aprovechamiento de la energía disponible y la contaminación ambiental.

La amplia gama de categorías presentadas se debió a que, aunque muchas eran similares en su enunciado, no coincidían en los factores que proponían agrupar en las mismas. En la tabla 2.7 se muestran las diferentes categorías presentadas, así como los expertos que coincidieron en cada una de ellas.

Tabla 2.7 Factores presentados por los expertos [fuente: elaboración propia]

Factores	**Expertos que las proponen**
Costo	Fleite, Montes, Galluez
Tiempo entre fallos	Reyes, Montes
Capacitación del personal	Reyes, Manzilla, Fleite, Hernández
Ahorro de energía	Reyes, Moreno

Disponibilidad de piezas de repuesto	Reyes, Barrios, Pérez, Hernández
Tiempo de reparación	Reyes, Pérez, Manzilla
Calidad del producto	Reyes, Montes, Hernández, Jiménez, Galluez
Disponibilidad	Reyes, Jiménez, Galluez
Seguridad del personal	Reyes, Fleite, Pérez, Hernández
Eficacia	Manzilla, Montes, Jiménez
Fiabilidad o confiabilidad	Manzilla, Barrios, Moreno

Cuarto, quinto y sexto paso

Con el fin de lograr un consenso entre los especialistas, en cuanto a los principales factores que definieran la "razón de ser" del mantenimiento dentro de la empresa, se realizaron tres nuevas rondas, resultando la definición de cuatro FCEM para la empresa. A continuación (tabla 2.8) se presenta una explicación general del contenido de cada categoría.

Tabla 2.8 FCEM propuestos por los expertos [fuente: elaboración propia]

	FCEM	**Contenido**
1	Confiabilidad del equipamiento (expresada a través de la Disponibilidad)	Capacidad de un sistema de desempeñar una función requerida bajo condiciones específicas durante un intervalo de tiempo determinado. Habilidad de un sistema de prestar un servicio de forma confiable, precisa y consistente.
2	Costo del mantenimiento	Cuantificación de todos los gastos generados por las actividades de mantenimiento, ya sean planificadas o no.
3	Seguridad (protección de la salud del operario)	Garantía de que los riesgos inherentes a los diferentes fallos funcionales del equipamiento sean mitigados totalmente o reducidos a niveles permisibles de forma que no afecten la seguridad de los operarios.

4	Protección del medio ambiente	Garantía de que los riesgos inherentes a los diferentes fallos funcionales del equipamiento (emanaciones de gases, vertimiento de desechos, etc.) sean mitigados totalmente o reducidos a niveles permisibles de forma que no afecten al medio ambiente.

2.3 Definición de cada FCEM

Una vez decididos los FCEM en la empresa, en el presente apartado se detallarán todos los elementos a considerar a la hora de determinar (calcular) su comportamiento en la entidad.

2.3.1 Confiabilidad (Disponibilidad)

En muchas plantas con procesos continuos la confiabilidad de un componente es el más grande atacante al desempeño de una organización. La mayoría de los autores plantean que, para las operaciones de mantenimiento, la confiabilidad se traduce en el logro de un adecuado desempeño del equipamiento a través de garantizar su disponibilidad.

La disponibilidad diverge de la duración del tiempo en servicio por operaciones, y es una medida de qué tan frecuente el sistema está en condiciones de operación. A medida que la disponibilidad crece, la capacidad para producir se incrementa, porque el equipo estará en servicio un mayor porcentaje de tiempo. Aunque muchos equipos no están en operación permanente, los departamentos de producción quieren que estén disponibles por lo menos una cantidad específica de tiempo, con el fin de completar sus tareas, por lo que se necesita un mínimo de disponibilidad.

Frecuentemente los autores [Barringer, 1998; Dodson & Nolan, 2006; Juran y Blanton, 2001; Keeter, 2002 y Mora Gutiérrez; Pérez Peral, 2002 y Villarrubia y Villarrubia, 2003] presentan tres categorías diferentes para el cálculo de la disponibilidad y la autora de la presente investigación coincide con ellos. A continuación se detalla cómo efectuar el cálculo de cada una de estas categorías.

- *Disponibilidad Inherente*. Tal como es vista por el personal de mantenimiento (excluye las paradas por mantenimiento preventivo, demoras en suministros, y demoras administrativas), o sea, está basada únicamente en la distribución de fallas y de tiempo de reparación. Es definida como:

$$D_I = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} * 100$$

Donde:

TMEF: Tiempo Medio Entre Fallos.

TMPR: Tiempo Medio Para Reparaciones.

- *Disponibilidad Alcanzada.* Tal como es vista por el departamento de Mantenimiento (incluye tanto el mantenimiento correctivo como el preventivo, pero no incluye demoras en suministros y demoras administrativas). Es definida como:

$$D_A = \frac{TMEM}{TMEM + TMMA} * 100$$

Donde:

TMEM: Tiempo Medio Entre Mantenimientos (Acciones Correctivas y Preventivas).

TMMA: Tiempo Medio en que Mantenimiento estuvo Activo.

- *Disponibilidad Operacional.* Tal como es vista por el usuario (incluye mantenimiento preventivo, correctivo y el tiempo de demora antes de realizar el mantenimiento, como las esperas por partes de repuesto y por la disponibilidad del personal calificado). Es definida como:

$$D_O = \frac{TMEM}{TMEM + TMP} * 100$$

donde:

TMP: Tiempo Medio de Parada o “estadía”.

Como se ha podido apreciar los términos Mantenibilidad (expresada a través del TMPR) y el TMEF son componentes importantes de la Disponibilidad por lo que serán abordados a continuación.

Mantenibilidad (Tiempo Medio Entre Reparaciones)

La Mantenibilidad es una medida de la dificultad para reparar un sistema, más específicamente es: la medida de la habilidad de un sistema de ser mantenido en, o repuesto a, una condición específica cuando se desarrollan acciones de mantenimiento por personal que posee las habilidades necesarias, utilizando recursos y procedimientos predeterminados, a cada nivel de mantenimiento y reparación preescrito; o sea, tiene que ver con la duración de las paradas por mantenimiento, o en qué tanto tiempo se tornan fácil y rápidas las acciones de reparación. Las características de Mantenibilidad son usualmente determinadas por el diseño del equipo, el cual determina los procedimientos de mantenimiento y la duración de los tiempos de reparación.

La Mantenibilidad se refiere al conjunto de recursos, políticas y actitudes que en un momento dado se ponen a disposición para la práctica del mantenimiento, para asegurar que un sistema, componente o plan pueda ser operado cuando se necesita.

El índice clave utilizado para medir la Mantenibilidad es el Tiempo Medio Para Reparaciones (MTTR, según sus siglas en inglés) considerándose como un límite para el tiempo máximo de reparaciones. La mayoría de los autores coincide en realizar su cálculo a través de la siguiente expresión.

$$TMPR = \frac{HTMC}{NFD} \qquad (2.5)$$

Donde:

HTMC: Total de Horas dedicads a Mantenimiento Correctivo

NFD: Número de Fallas Detectadas

Tiempo Medio Entre Fallos

El Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF, según sus siglas en inglés) es uno de los índices llamados de “clase mundial” ya que son utilizados según la misma expresión por todos

los autores. Éste no es más que el tiempo promedio que transcurre entre la ocurrencia de un fallo y el próximo en un equipo y es calculado a partir de la expresión 2.6

$$TMEF = \frac{HO}{NFD} = \frac{\sum_{i=1}^{NFD} TEF_i}{NFD} \qquad (2.6)$$

donde:

HO: Horas de Operación del equipo

TEFi: Tiempo Entre Fallos del equipo “i”

2.3.2 Costo de mantenimiento

Los costos de mantenimiento por lo general, no cuentan con un alto rigor contabilístico en su levantamiento dentro de las empresas, ya que solamente son depreciados de forma indirecta, a partir de las órdenes de trabajo o las solicitudes de inventario (partes de repuesto o materiales de consumo).

En la práctica el Costo Total de Mantenimiento (CTM) viene dado por la relación de los costos asociados a las actividades planificadas y a aquellas que se realizan como resultado de un fallo imprevisto (CTMC) del equipamiento (ver expresión 2.7)

$$CTM = C_{mant.\,\text{preventivo}} + C_{mant.\,\text{correctivo}} + C_{\text{financieros}} \qquad (2.7)$$

Costo de mantenimiento preventivo

Los costos de mantenimiento preventivo según los diferentes aspectos, se pueden agrupar en costos fijos y variables.

Los costos fijos de mantenimiento están compuestos, principalmente, por la mano de obra y materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo.

Este gasto tiende a asegurar el estado de la instalación a medio y largo plazo. La disminución del presupuesto y recursos destinados a este gasto fijo, limita la cantidad del mantenimiento preventivo, aunque en un primer momento supone un ahorro para la empresa. Este ahorro implica un menor índice de fiabilidad en el estado de las máquinas, equipos, instalaciones y sistemas.

Los Costos Variables son proporcionales a la producción realizada, es decir que son costos que como su nombre lo indica varían conforme a la producción. Dentro de estos costos se encuentran los de embalaje, materias primas, energía, etc. y los costos variables de mantenimiento, como por ejemplo la mano de obra directa necesaria para el mantenimiento correctivo.

Resulta difícil reducir este tipo de erogación en mantenimiento, ya que está directamente ligado a la necesidad de efectuar una reparación para poder seguir produciendo, no obstante se puede reducir este tipo de gasto evitando que se produzcan averías en forma inesperada.

Costo de mantenimiento correctivo

El costo directo asociado con cada tarea de mantenimiento correctivo, CTMC, está relacionado con el costo de los recursos de mantenimiento necesarios para la conclusión con éxito de la tarea. La expresión general del costo de cada tarea de mantenimiento correctivo tendrá la forma siguiente:

$$CTMC = CDMC + CLC \qquad (2.8)$$

donde:

CTMC: Costo total de la política de mantenimiento correctivo

CDMC: Costo directo de mantenimiento correctivo.

CLC: Costo por lucro cesante

A su vez se tiene:

$$CDMC = MODM + CR + CM + CH \qquad (2.9)$$

donde:

MODM: Es el costo de mano de obra de mantenimiento y surge de multiplicar el total de horas –hombre de mantenimiento correctivo por el costo unitario de la hora-hombre.

CR: Es el costo de repuestos utilizado en el momento de las reparaciones.

CM: Representa el costo de los materiales e insumos utilizados en mantenimiento.

CH: Indica el costo de herramental para mantenimiento.

Por otro lado se tiene que los costos por el lucro cesantes se obtienen de la siguiente manera:

$$CLC = CO + CI + CDRP \quad (2.10)$$

donde:

CLC: Costo por lucro cesante o costo por pérdida de producción.

CO: Costo de oportunidad por hora, el cual se interpreta como la utilidad que se deja de percibir por no producir piezas. Este costo se estima por hora.

CI: Este costo es denominado costo por incumplimiento y representa el valor de la multa que el cliente cobra a la empresa por no suministrar las piezas, las cuales se deben reponer fuera de la línea de producción. El costo se calcula como la mano de obra necesaria para reponer las piezas fuera de la línea.

CDRP: Este término es denominado costo por deterioro de la producción, representa todas las erogaciones debido a materiales inmovilizados, personal en espera, tiempos necesarios para retomar la marcha de la producción, piezas deterioradas, etc.

Costos Financieros

Los costos financieros referidos al mantenimiento son los que surgen tanto del valor de los repuestos como también las amortizaciones de las máquinas que se encuentran en reserva para asegurar la producción.

Los costos del almacenamiento de los repuestos en el almacén necesarios para poder realizar las reparaciones, implican un desembolso de dinero para la empresa, que limita su liquidez. Si los repuestos son utilizados con cierta frecuencia representan un costo financiero bajo, dado que esta inversión contribuye a mantener la capacidad productiva de la instalación. Sin embargo, cuando la utilización de las piezas de recambios tarda mucho tiempo, se está frente a un costo financiero alto, ya que no produce ningún beneficio para la empresa.

Dentro de estos costos financieros debe tenerse en cuenta el costo que supone tener ciertas instalaciones o máquinas duplicadas para obtener una mayor fiabilidad, para ello es necesario montar en paralelo una máquina o instalación similar que permita la reparación de una de ellas, mientras que la otra sigue funcionando. El costo de esta duplicidad suele no tenerse en cuenta a la hora de los cómputos de los costos de mantenimiento.

Otro criterio, más resumido, para realizar el cálculo del Costo Total de Mantenimiento es el presentado por Tavares, et. al. [2005], presentando cinco elementos componentes del mismo (ver expresión 2.11), de los cuales solo el costo de personal y el costo de materiales se tienen en cuenta a la hora de calcular este indicador en la mayoría de las empresas.

$$CTM = CP + CM + CT + CD + CF \qquad (2.11)$$

Siendo:

CP: el costo de personal (aporte a la seguridad social y salario).

CM: el costo materiales.

CT: el costo de la tercerización.

CD: el costo de depreciación de los equipos.

CF: el costo por pérdida de facturación

2.3.3 Seguridad humana

Este elemento ha tomado auge en los últimos años en el nivel empresarial y especialmente en el área de mantenimiento dada la importancia de garantizar condiciones adecuadas de trabajo para los operarios (su seguridad). Relativo a la seguridad del personal se debe valorar el nivel de incidencia de los fallos o modos de fallo sobre la misma en el lugar de trabajo (si alguien puede resultar lesionado o muerto, bien como resultado directo del modo de fallo en sí, bien como resultado de otros daños que pudieran ser ocasionados por el fallo).

Dos de los ratios que tradicionalmente han sido valorados a la hora de caracterizar el grado de seguridad garantizado por las acciones de mantenimiento han sido la Tasa de

Frecuencia de Accidentes con Pérdida de Tiempo (F) por millón de horas de trabajo y la Tasa de Gravedad de estos Accidentes (G) cada mil horas trabajadas, cuyas expresiones de cálculo se relacionan a continuación (2.12 y 2.13)

$$F = \frac{N * 10^{6}}{H} \qquad (2.12)$$

$$G = \frac{T * 10^{3}}{H} \qquad (2.13)$$

donde:

N: número de accidentes con bajas laborales

H: horas trabajadas

T: número de horas perdidas por bajas laborales

Otro indicador que se propone para valorar este aspecto es el llamado Indicador de "Seguridad del Equipamiento", cuya expresión de cálculo (2.14) se muestra a continuación:

$$ISE_i = \frac{TOP_i - PTA}{TOP_i} \qquad (2.14)$$

Donde:

ISEi: Índice de Seguridad del Equipo "i"

TOPi: Tiempo Operativo Efectivo del equipo "i"

PTAi: Pérdida de Tiempo por Accidentes (menores y graves) en el equipo "i"

Finalmente se propone el indicador Nivel de Exposición al Riesgo (NER), calculado a través de la expresión 2.15.

$$NER = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i * T_i}{H} \qquad (2.15)$$

Donde:

Pi: Probabilidad de presentación del riesgo “i”

Ti: Tiempo de exposición del trabajador al riesgo “i” cuando este se presenta

El cálculo de este último indicador precisa llevar a cabo un grupo de pasos: identificar todos los posibles riesgos que pueden afectar la seguridad de los obreros, estimar el tiempo de aparición de cada uno de los riesgos y determinar las probabilidades de ocurrencia de cada riesgo.

Es importante que cada empresa establezca los niveles de aceptación para cada uno de los indicadores con vistas a poder tomar decisiones enfocadas al mejoramiento continuado de cada factor.

2.3.4 Protección al medio ambiente

Este es otro factor que a dado mucho de que hablar en los últimos años. Se hace importante determinar en qué medida la gestión del mantenimiento tiene en cuenta los requisitos exigidos en las normativas ambientales en los aspectos siguientes:

- Un adecuado mantenimiento de plantas de tratamientos de afluentes o residuos, sistemas de monitoreo, sistemas de emergencias puede conducir a impactos ambientales importantes para los cuales la empresa está asumiendo en su política ambiental un compromiso de minimizarlos.
- En otros casos es posible encontrar que las propias tareas de mantenimiento sean motivo de contaminación o generación de residuos peligrosos que deben ser considerados (generación de aceites usados, líquidos de revelado, etc)

Dos de los indicadores que se proponen para la valoración de este factor son el índice de tiempo medio de permanencia de residuos en planta el cual se corresponde con el tiempo que como promedio transcurre desde que se genera un residuo hasta que es retirado de la planta hacia un lugar seguro y el índice de frecuencia de incidentes ambientales (ver expresión 2.16).

$$IFIA_i = \frac{NIAG * 10^6}{HT} \qquad (2.16)$$

donde:

IFIAi: Índice de Frecuencia de Incidentes Ambientales

NIGA: número de incidentes ambientales (graves o no)

HT: horas trabajadas

Finalmente se propone el indicador Nivel de Riesgo (NR), calculado a través de la expresión 2.17.

$$NR = C_i * P_i \qquad (2.17)$$

donde:

Ci: Consecuencias generadas por cada modo de fallo “i”

Pi: Probabilidad de que ocurra el modo de fallo “i” en el período analizado

El estudio de las consecuencias de cda modo de fallos conlleva la aplicación de una serie de etapas:

1. Evaluar primeramente los efectos de cada modo de fallo y clasificarlos en diferentes categorías de consecuencias.
2. El segundo paso será descubrir si se puede realizar una tarea proactiva que reduzca las consecuencias del fallo hasta unos niveles que sean aceptados (acción técnicamente factible).
3. Si la acción es técnicamente factible, entonces se debe evaluar si aplicándola se consigue reducir las consecuencias del modo de fallo asociado hasta un nivel que justifique el coste directo e indirecto de realizar la acción proactiva.

Al igual que en el caso de la seguridad humana, es importante que cada empresa establezca los niveles de aceptación para cada uno de los indicadores con vistas a poder tomar decisiones enfocadas al mejoramiento continuado de cada factor.

2.4 Conclusiones parciales

1. La determinación de los Factores Críticos de Éxito de la función de Mantenimiento (FCEM) en la empresa objeto de estudio, a partir del Método de Expertos, se considera factible al permitir tener en cuenta los conocimientos del personal experimentado perteneciente a las Áreas de Resultado Claves que

mayor incidencia tienen con el departamento de mantenimiento dentro de la entidad.

2. La definición de las expresiones de cálculo y de los indicadores evaluadores de cada uno de los FCEM identificados, considerando “todos” los elementos componentes de los mismos, constituyen una guía para su posterior determinación en la empresa.

Capítulo 3. Análisis de la situación actual del mantenimiento en la empresa

En el presente capítulo primeramente se presenta una caracterización de la entidad, especificando algunos elementos generales sobre el proceso productivo objeto de estudio y sobre la función de mantenimiento. Además, se lleva a la práctica, en la empresa objeto de estudio de la investigación, la determinación de los Factores Críticos de Éxito del Mantenimiento (FCEM) según los criterios propuestos en el capítulo anterior.

3.1 Caracterización general de la entidad

La Fábrica de Productos Lácteos "Pasteurizadora Cubanacán" perteneciente al Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL), situada en la avenida General Gómez e/ 10 y 11 del oeste del municipio de Placetas en Villa Clara, fue creada en 1895 con el objetivo de producir y comercializar productos derivados de la leche para el consumo nacional.

La *misión* actual de la entidad se define como: *Incrementar y estabilizar el surtido y calidad de los productos lácteos y derivados a partir de procesos cada vez mas eficientes en los que se explota progresivamente la capacidad innovadora y experiencia tecnológica del personal que mantiene en excelente estado una vieja instalación que se renueva en lo organizativo y tecnológico al calor de la batalla de ideas y que continua explotando y mejorando el mejor parque automotriz de la Unión Láctea, producir con eficiencia y calidad para la canasta básica y para el mercado en divisas haciendo Golosín imagen y meta*.

La fábrica, para cumplir su misión, cuenta con una amplia gama de productos en su línea de producción como se muestra a continuación:

- Mezcla Seca
- Queso Fundido
- Helado Consumo Nacional
- Helado Consumo en Divisa
- Yogurt de Soya (Soyurt)
- Yogurt Natural
- Leche Concentrada

Dentro de los principales clientes de la entidad se encuentran la Cadena de Tiendas Recaudadoras de Divisas (TRD), y la población, teniendo como principal proveedor a la Agricultura.

La fábrica cuenta con una plantilla de 182 trabajadores distribuidos según se muestra en la tabla 3.1

Tabla.3.1 Plantilla del personal en la empresa

[fuente: documentos de la empresa]

Categoría	Plantilla Aprobada y cubierta
Dirigentes.	4
Técnicos.	31
Administrativos.	9
Servicios.	21
Operarios	117
Total.	182

De los cuales:

- 9 poseen sexto grado
- 18 son universitarios.
- 67 poseen noveno grado
- 31 poseen nivel preuniversitario.
- 57 son técnicos medios

En la figura 3.1 aparece la estructura organizativa de la empresa objeto de estudio.

3.1.1 Descripción del sistema productivo (línea de leche concentrada)

Al realizar una revisión total de los requisitos de mantenimiento y analizar el registro de los equipos productivos o inventario de planta, se decidió centrar el trabajo en la línea de leche concentrada (el flujo productivo de la línea se muestra en la figura 3.2) por ser esta la más compleja. El producto elaborado en esta línea presenta problemas en algunas de las máquinas de llenaje como son: la Estera de Bolsas y la Estera Salida de nevera las cuales presentan un estado técnico evaluado de Mal, también existen otras

en estado regular como se muestra en la tabla 3.2. A continuación se presenta una descripción detallada del proceso productivo de esta línea.

Tabla 3.2 Equipamiento de la línea de Leche Concentrada [fuente: documentos de la empresa]

Equipos	**Año de Instalación**	**Estado Técnico**
Tanque Balanza	1954	Regular
Tanque Auxiliar 1y2	2004	Regular
Bomba Sanitaria	1973	Regular
Enfriador a Placa (Barril)	2004	Bien
Bomba Sanitaria	1973	Regular
Fabricación de leche		
Disolutor de Leche	1960	Bien
Bomba de Reconstitución	2007	Bien
Kuba Auxiliar	2004	Regular
Homogenizador	1997	Regular
Enfriador a Placa Aleman	1968	Bien
Tanque de Guarda 1y2	1990	Bien
Tanque de Guarda 3y4	1994	Bien
Tanque Pasteurizador Abierto	1960	Bien
Pasteurizador de Leche	1977	Regular
Tanque Retenedor	1977	Bien
Bomaba de Agua Caliente	1977	Regular
Bomba Auxiliar Pasteurizadora	2006	Regular
Tanque de Agua Caliente	1960	Regular
Enfriador a Placa Checa	1988	Bien
Tanque elevado de Leche Pasteurizada	1970	Bien
Llenaje		
Estera de Cestos a Nevera	2002	Mal
Máquina Envasadora I	2002	Regular

Máquina Envasadora II	2007	Regular
Estera de Bolsas	2002	Mal
Estera Salida de Nevera	1974	Mal

El flujo productivo de la leche concentrada cuenta de cinco áreas que, mediante el proceso productivo, garantizan que dicho producto salga con la calidad requerida. En lo adelante se realiza la presentación de cada una de las áreas.

- Área de recibo de leche

Esta operación consiste en cuantificar la cantidad de leche que se recibe en la planta mediante una varilla graduada en la batea de recibo. En este lugar existe un punto de control pues se le hace un análisis sensorial a la leche y se le toma una muestra para determinar la composición al momento del recibo. Es en este lugar, de acuerdo a la calidad y disponibilidad de la leche, que se definen los destinos de la misma. La leche apta para proceso es bombeada a través de un intercambiador a placa con el objetivo de enfriarla y almacenarla en condiciones apropiadas en los tanques de guarda.

- Área de fabricación

Para comenzar como tal la fabricación de la leche concentrada, se toma la leche fresca que se encuentra en los tanques de guarda y se hace circular a través de la bomba de reconstitución por le embudo disolutor, donde se le añade el 90% de leche descremada en polvo (LDP) o leche entera en polvo (LEP), hasta la batea de recibo y de esta al mismo tanque de donde se extrae la leche fresca cerrándose de así el circuito de fabricación. Paralelo a esto se prepara una crema en el tanque de enchaquetado con LDP, leche fresca y agua una vez disuelta y cuando alcanza la temperatura necesaria es homogenizada. Se pasa por el embudo disolutor hacia la batea de recibo y se mezcla con el 10% restante de LDP, se añade agua y se completa el volumen. En esta etapa es importante el enfriamiento en circuito cerrado de toda la leche que se va a almacenar para ser pasteurizada.

❖ Área de pasteurización

La leche normalizada se alimenta por gravedad al tanque de alimentación del pasteurizador el que tiene un flotante para mantener constante el nivel del líquido en la entrada al sistema. Del tanque de alimentación de leche esta es bombeada a la zona de precalentamiento (primera sección de regeneración), donde alcanza la temperatura óptima para la calificación, proceso que se realiza en el equipo clasificador acoplado al sistema de pasteurización. En este se eliminan todas las impurezas, utilizando la acción de la fuerza centrifuga como procedimiento físico y aprovechando la diferencia de densidades entre las impurezas de la leche y sus componentes. La leche clarificada retorna al equipo de pasteurización, específicamente a la segunda sección de regeneración, donde se somete el producto a en calentamiento hasta la temperatura requerida para eliminar todos los microorganismos resistentes a las bajas y medias temperaturas. Para hacer este proceso efectivo se pasa la leche por el tanque de retención donde permanece 20 segundos (tiempo necesario para que ocurra una verdadera pasteurización). Luego la leche retorna al pasteurizador a través de una válvula diversificadora automática donde la leche que está en norma de temperatura se alimenta a la segunda sección de regeneración e intercambia energía con la leche cruda proveniente del tanque de alimentación. De ahí pasa a la sección de enfriamiento donde se destruye toda la flora resistente a las altas temperaturas y la leche alcanza la temperatura de almacenamiento de 5 °C.

❖ Área de almacenamiento

Este proceso consiste en almacenar la leche pasteurizada fría en un tanque isotérmico con agitación elevada, en condiciones higiénicas, hasta que dicha leche pase al área de llenaje.

❖ Área de llenaje

En esta área la leche ya concentrada, almacenada en le tanque elevado alimenta por gravedad directamente a la máquina embolsadora 1, no siendo así con la embolsadora 2, ya que esta posee un tanque auxiliar por donde primero pasa la leche proveniente del tanque elevado. De estas dos máquinas ya sale la leche

envasada en sus respectivas bolsas, luego son llevadas a la nevera de almacenamiento donde esperan para ser distribuidas mediante la estera de cestos.

3.1.2 Caracterización del área de mantenimiento de la empresa

El Departamento de Mantenimiento de la Fábrica de Productos Lácteos “Pasteurizadora Cubanacán” tiene como objetivo: *dar cumplimiento a todos los planes de mantenimiento de todos los equipos*. Esta área define su misión como: *mantener en óptimas condiciones el equipamiento de la fábrica.* Para cumplir con la misión a él encomendada dentro de la organización, el Departamento de Mantenimiento cuenta con una plantilla aprobada de 17 trabajadores, de la cual todas las plazas se encuentran cubiertas. Cada trabajador labora un turno de ocho horas por día, subordinado al jefe de mantenimiento. La distribución de los obreros por categoría ocupacional se muestra en la tabla 3.3

Tabla 3.3 Plantilla aprobada y cubierta del Departamento de Mantenimiento

[fuente: documentos de la empresa]

Categoría	**Plantilla Aprobada**
Dirigentes.	0
Técnicos.	1
Administrativos.	0
Servicios.	0
Obreros.	16
Total.	17

De los 16 obreros existen cuatro mecánicos, dos operadores de calderas, cinco en refrigeración y climatización, un lubricador, un albañil, un electricista, un instrumentista y el jefe de mantenimiento, que con la nueva resolución del trabajo pasó a ser obrero. Este es el personal encargado de cumplir con las tareas de mantenimiento que sean necesarias ejecutar para garantizar la capacidad operativa del equipamiento productivo de la fábrica, además de encargarse de la limpieza y cuidado de las áreas verdes y la pintura de todas las instalaciones conque cuenta la fábrica.

Como los compresores MAYCOM y las máquinas Embolsadoras necesitan de un personal calificado y especializado para su mantenimiento, se contrata este servicio a los suministradores FRISEL y ALIMATY.

3.1.3 Descripción del sistema de mantenimiento actual de la empresa

En la empresa es utilizado el sistema de normas y procedimientos del Ministerio de la Industria Alimenticia para la planificación del mantenimiento, el cual parte, para su organización, de un Diagrama Objetivo que presenta en forma racional, esquemática y codificada la visión del conjunto de objetivos del mantenimiento; a través de él se indica la criticidad de los objetivos de mantenimiento según las características de la fábrica y sirve al jefe de mantenimiento como medio funcional para identificar y localizar las carpetas o expedientes de forma rápida y eficaz y para localizar físicamente al equipamiento de forma inequívoca incluyendo equipos de producción y equipos auxiliares.

La carpeta de cada equipo incluye la documentación de cada equipo tecnológico, auxiliar o independiente, portando los manuales y catálogos del fabricante y su localización, se deben tener registrados los datos principales, siendo estos: estadística del recambio o reparación de las piezas gastables y guía de lubricación, a través de la ficha técnica y los diferentes modelos, siendo estos, la tarjeta de control de piezas de repuestos, la tarjeta récord de reparaciones y las copias de las órdenes de trabajo. De existir equipos sin catálogos se le planifica el mantenimiento cada seis meses.

El plan de reparaciones tiene como objetivo contar con un plan anual que considere las condiciones mecánicas reales de los equipos, planificar el tiempo de parada de cada equipo coordinando y, teniendo en cuenta las características y el plan de producción, planificar las necesidades de piezas y el abastecimiento con anticipación y prepararse para efectuarlas en tiempo y forma, además, eliminar gradualmente, en lo posible, los trabajos imprevistos, asegurando la información necesaria en las carpetas o expedientes.

El éxito de los trabajos de mantenimiento dependerá en forma decisiva de la detección en tiempo de la necesidad de los mismos para que se pueda garantizar su ejecución en la forma más favorable a la operación industrial de la fábrica.

Este plan tiene carácter operativo porque se realiza teniendo en cuenta las condiciones mecánicas reales que tienen los equipos de la fábrica, de acuerdo con los planteamientos de los trabajadores de más experiencia y mediante las normas establecidas. En el caso donde no sea posible realizar el mantenimiento en el momento planificado, entonces este será desplazado hasta que sea posible y su planificación se realiza teniendo en cuenta la última vez que fue sometido a un mantenimiento de la misma envergadura que el que en ese momento se planifica.

Una vez definidos los trabajos y los objetivos, se programa su ejecución en el tiempo teniendo en cuenta las posibilidades, prioridades y programa de producción. Se preparan las reparaciones según la hoja de trabajo, donde se lleva la necesidad de piezas de repuesto y otros materiales. Cada reparación efectuada requiere de una Orden de Trabajo cuyo modelo se muestra en la figura 3.3.

El plan de reparaciones es discutido al igual que un plan de producción, o sea, por el Consejo de Administración de la fábrica y aprobado por el nivel superior.

Todo ello persigue como objetivo fundamental lograr que los equipos e instalaciones mantengan un estado técnico óptimo que permita:

- Mantener su disponibilidad técnica con una eficiencia tal que garantice el cumplimiento de los planes de producción y de servicio en forma estable y eficiente.
- Minimizar las interrupciones ocasionadas por roturas de los equipos.
- Garantizar el cumplimiento de los parámetros de calidad en lo concerniente al funcionamiento de los equipos.
- Garantizar el cumplimiento de las normas de consumo desde el punto de vista del estado técnico de los equipos.

3.2 **Determinación de los FCEM en la empresa objeto de estudio**

En este apartado se realiza la determinación práctica de los FCEM definidos en el capítulo anterior. A continuación se detallará el cálculo de cada uno de ellos en la empresa objeto de estudio.

3.2.1 Disponibilidad del equipamiento

Para la demostración del cálculo de este FCE se tomó como objeto de estudio la máquina “Embolsadora” de la línea de leche concentrada. Uno de los principales elementos limitantes encontrados en la entidad a la hora de llevar a cabo el cálculo lo constituye inexistencia de la mayoría de los datos necesarios debido a la falta de registro de la estadística de fallos del equipamiento productivo en la empresa.

Disponibilidad Inherente

Esta clasificación de la disponibilidad solamente considera los fallos imprevistos presentados en el equipo. En la tabla 3.4 se presentan los datos disponibles en la entidad referentes a los fallos que se han presentado en el equipo.

El cálculo de este indicador arroja los resultados presentados a continuación.

$$TMEF = \frac{\sum TEF}{NTF} = \frac{1664h}{21\,fallos} = 79.24\ {}^{h}\!/_{fallo}$$

$$\frac{79.24\ {}^{h}\!/_{fallo}}{16\,{}^{h}\!/_{día}} \approx cada\ 4.95\ \text{días ocurre un fallo}$$

$$TMPR = \frac{Tiempo\ de\ \text{R}eparación}{NTF} = \frac{27h}{21\,rep} = 1.28\ {}^{h}\!/_{rep}$$

$$D_I = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} * 100 = \frac{79.24\ {}^{h}\!/_{fallo}}{79.24\ {}^{h}\!/_{fallo} + 1.28\ {}^{h}\!/_{fallo}} = 0.9841 \text{x} 100\% = 98.41\%$$

Se puede concluir que este equipo presenta una disponibilidad inherente elevada, facilitada principalmente por el pequeño tiempo utilizado para darle respuesta a los fallos (tiempo de reparación), aunque el TMEF no se puede considerar elevado ya que, según el régimen de trabajo existente en la empresa, el equipo presenta un fallo cada cinco días laborados.

Disponibilidad Alcanzada

Esta clasificación de la disponibilidad considera todas las paradas que se presentan en el equipo por mantenimiento (incluye tanto el mantenimiento correctivo como el

preventivo), pero no incluye demoras en suministros y gestiones administrativas). En la tabla 3.5 se presentan los datos disponibles en la entidad referentes a los mantenimientos (preventivos y correctivos) que se han realizado en el equipo.

Disponibilidad Operacional

Esta clasificación de la disponibilidad considera todas las paradas que se presentan en el equipo por mantenimiento, así como las demoras por falta de recursos antes de realizar la reparación.

Aunque, para estos dos indicadores, se pudieron coleccionar los datos correspondientes al Tiempo Medio Entre Mantenimientos (TMEM), en la entidad no se dispone de la información referente al tiempo que el departamento de mantenimiento se encuentra activo ante cada parada del equipo. Este es el tiempo transcurrido desde que el departamento de mantenimiento recibe la notificación de la falla hasta que es concluida la reparación. En la mayoría de las empresas se considera que este tiempo es equivalente a la “estadía” o Tiempo Medio de Parada (TMP) del equipo ya que se torna despreciable el tiempo que demora el operario en reportar el fallo del equipo.

3.2.2 Costo de mantenimiento

Para el cálculo de este FCEM se propusieron varias vías, en esta oportunidad se empleará la propuesta de Tavares [1999] y Borroto Pentón [2005] debido a su facilidad de aplicación y a la poca claridad en la empresa respecto a un grupo de informaciones necesarias para el desarrollo de los otros métodos de cálculo presentados. Antes de pasar a la determinación del Costo Total de Mantenimiento (CTM) se presentarán algunas consideraciones generales existentes en la empresa objeto de estudio respecto a un grupo de elementos que se deben considerar en su análisis.

En la entidad al Departamento de Contabilidad no llega ningún tipo de información respecto a las Órdenes de Trabajo ni al Informe Trimestral que se entrega al departamento de Estadística; además en dichas Órdenes de Trabajo no se informan todos los materiales usados en la reparación de equipos y por tanto se desconoce realmente el costo de la reparación del equipo.

En la cuenta de Costos Indirectos de Producción no se habilita un centro de costo para registrar los costos del mantenimiento industrial, aún estando el área de mantenimiento bien organizada estructuralmente y con un aparato de dirección que puede responder por todos los resultados de los gastos. En los momentos actuales no es posible tomar decisiones con vistas a mejorar sus resultados por no contar con la información relativa a los mismos.

A continuación se presenta el cálculo del CTM a partir de un grupo de datos recopilados mediante la revisión de las Órdenes de Trabajo existentes en la entidad. No se consideran en el análisis los costos relativos a la depreciación del equipamiento ni a la tercerización de servicios de mantenimiento por no encontrarse claramente definidos en la entidad.

$$\mathrm{CTM} = \mathrm{CP} + \mathrm{CM} + \mathrm{CT} + \mathrm{CD} + \mathrm{CF}$$

$$CP = 1\,operario * 1{,}18\,{}^{\$}\!/_{h-operario} * 56h = \$66{,}08$$

$$CM = \$820{,}65$$

$$CF = 56h * 0{,}25\,{}^{\$}\!/_{u} * 1875\,{}^{u}\!/_{h} = \$2\,6250{,}00$$

CTM=$27 136,73

Como se puede observar, se han gastado $27 136,73 en mantenimiento en el período analizado. Lo principal del análisis de este factor es que se puedan identificar aquellas partidas que representan las mayores erogaciones con vistas a tomar decisiones encaminadas a su mejoramiento.

3.2.3 Seguridad humana

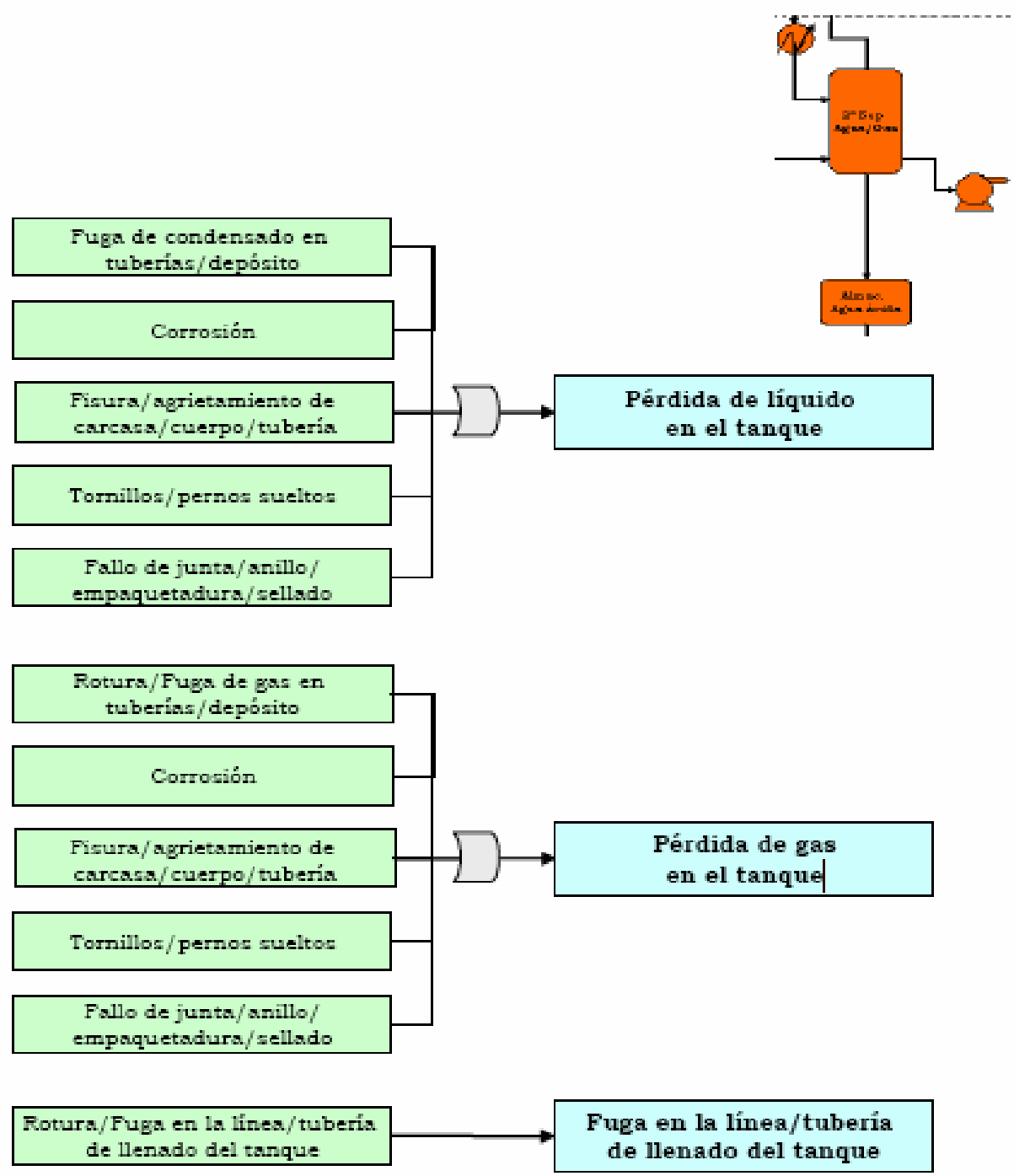
En este aspecto es de destacar que cada uno de los indicadores propuestos para el análisis del factor arrojan valores nulos debido a que en los últimos años no se han presentado accidentes que afecten a la salud humana en la entidad ni que ocasionen pérdidas de horas de trabajo, elemento este muy favorable dada la importancia que reviste este criterio en el logro de un ambiente de trabajo adecuado para los operarios.

3.2.4 Protección al medio ambiente

En la determinación de este factor se centrará el análisis en el estudio del Nivel de Riesgo (NR) ya que en la empresa no se han presentado accidentes que afecten al medio ambiente por lo que el indicador de Frecuencia de Incidentes Ambientales se torna nulo.

Para el análisis del NR se tomó como objeto de estudio el Subsistema de Separación Líquido/Gas del “Enfriador a Placa” perteneciente a la línea de Leche Concentrada. En la figura 3.4 se muestra el árbol de fallos para este subsistema donde se puede observar la secuencia lógica de sucesos, destacándose las relaciones causa-efecto existentes entre los diversos fallos posibles del sistema.

Figura 3.4 Árbol de fallos para el subsistema de separación líquido/gas [fuente: elaboración propia]



Para el cálculo de las Consecuencias de cada modo de fallo, así como de su probabilidad de ocurrencia, en la bibliografía consultada se recomienda la utilización de criterio de personal experimentado en el manejo del equipamiento estudiado cuando no se dispone de la información histórica suficiente para el análisis.

En la tabla 3.6 se presenta la hoja de análisis de los riesgos asociados a los modos de fallo del subsistema estudiado. Cada línea proporciona la contribución de riesgo que cada causa de fallo aporta al riesgo total del sistema y a la vez éste muestra la importancia que cada fallo tiene en relación a los demás. Analizando la situación de este subsistema se puede observar que el modo de fallo que mayor contribución realiza al riesgo total es la fuga de agua ácida en tuberías y depósitos.

Tabla 3.6 Hoja de análisis para el subsistema de separación líquido/gas [fuente: elaboración propia]

Descripción	**Consecuencia**	**TMEF (a)**	**Riesgo**
Pérdida de líquido en el tanque			***20,43***
Fuga de condensado en tubería/depósito	8 100	3	7,40
Corrosión	8 100	5	4,44
Fisura/agrietamiento de carcasa/cuerpo/tubería	8 100	8	2,77
Tornillos/pernos sueltos	4 900	3	4,47
Fallo de junta/anillo/empaquetaduras/sellado	4 900	10	1,34
Pérdida de agua ácida			***29,32***
Fuga de agua ácida en tuberías/depósitos	10 000	1,3	21,07
Corrosión	9 025	3	8,24
Pérdida de gas en el tanque			***25,89***
Rotura/fuga de gas en tuberías/depósitos	8 100	1,5	14,79
Corrosión	6 400	7	2,50
Fisura/agrietamiento de carcasa/cuerpo/tubería	8 100	8	2,77
Tornillos/pernos sueltos	4 900	3	4,47
Fallo de junta/anillo/empaquetaduras/sellado	4 900	10	1,34
Pérdida de gas en línea de llenado del tanque			***14,79***
Rotura/fuga en la línea/tubería de llenado del tanque	8 100	1,5	14,79

3.3 Conclusiones parciales

1. El cálculo de los Factores Críticos de Éxito de Mantenimiento a través de sus indicadores característicos se dificulta en la empresa objeto de estudio debido a la baja disponibilidad de información estadística necesaria para el análisis.

Conclusiones generales

Luego del desarrollo y resultados obtenidos de este trabajo se llegan a las conclusiones siguientes.

1. Los aspectos que caracterizan el entorno empresarial actual obligan a las organizaciones a ser cada vez más competitivas. Una de las formas de lograr esta tan demandada competitividad radica en la aplicación eficiente de la Gestión del Mantenimiento, de finiendo claramente los Factores Críticos hacia los cuales dirigir el accionar de esta actividad.
2. En la bibliografía consultada la mayoría de los autores referidos abordan el tema de los objetivos, metas y fines de la actividad de mantenimiento, sin embargo no coinciden en la definición de los Factores Críticos del Éxito de esta función en la empresa.
3. La utilización de los FCE es una herramienta que contribuye a identificar los criterios decisivos para el posicionamiento y competitividad en un tipo de negocios (industria) determinado. Además, pueden servir para el análisis de los elementos principales que definen la razón de ser de determinadas áreas o funciones dentro de una organización y, a partir de esto, determinar estrategias, políticas y acciones para superarlos.
4. El análisis de la situación problémica que fundamenta la presente investigación motivó la necesidad de identificar y determinar los indicadores característicos de los Factores Críticos del Éxito de la actividad de mantenimiento (FCEM) en la entidad objeto de estudio.
5. En la empresa objeto de estudio, a pesar de la importancia que se le concede al mantenimiento, no se encuentra definido ningún centro de costo para esta actividad, aún estando el área de mantenimiento bien organizada estructuralmente y contando con un aparato de dirección que puede responder por los resultados alcanzados.
6. La aplicación de la propuesta presentada, para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento en la entidad objeto de estudio permitió, la definición y determinación cuantitativa de los FCEM, contribuyendo en la orientación de los esfuerzos

(recursos) hacia aquellas áreas que definen el papel de esta actividad dentro del logro de los objetivos empresariales.

Recomendaciones

1. Analizar el comportamiento de cada uno de los FCEM en el resto del equipamiento instalado en la empresa objeto de estudio.
2. Continuar estudiando lo elementos componentes de cada uno de los FCEM, así como sus métodos de cálculo, con vistas a lograr un enriquecimiento continuado de los mismos en correspondencia con las condiciones reales de la entidad.
3. Realizar, por parte de la empresa, un monitoreo sistemático del entorno competitivo, para identificar los cambios que pueden presentarse en el comportamiento de los FCEM.
4. Capacitar el personal que se encarga de la aplicación práctica de la propuesta en el resto del equipamiento instalado, en función del nivel de implicación, con el fin de lograr los objetivos esperados.
5. Implementar un sistema de recopilación de la información relativo al historial de los fallos de los equipos y costo de las reparaciones que potencie la eficacia del proceso de toma de decisiones

Bibliografía

1. A.E.M. [1995]. "El mantenimiento en España". Asociación española de mantenimiento. Barcelona.
2. Achanga, P; Shehab, E; Roy, R y Nelder, G. [2006] "Critical success factors for lean implementation within SMEs" Revista Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 17 No. 4, 2006. pp. 460-471.
3. Aduvire, O., López, C. [1994]. "Relación entre mantenimiento y vida útil de maquinaria en minería". Revista Mantenimiento, España. 72: 23-31.
4. AMENDOLA, Luis. [2002]. "Modelos Mixtos de confiabilidad". Publicado por Datastream. www.mantenimientomundial.com.
5. Appelbaum, S. H. y Steed, A. J. [2005] "The critical success factors in the client-consulting relationship" Revista Journal of Management Development Vol. 24 No. 1, 2005. pp. 68-93.
6. Arévalo, S [1996] "Sistemas tolerantes a fallos". Curso de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. Publicado en: www.escet.urjc.es
7. Bahamón, J. L. [2001] "Construcción de indicadores de gestión bajo el enfoque de sistemas". Universidad ICESI. Publicado en: www.ictnet.es
8. Bastidas B y Feliu Ripoll, V [2003]. "Una Aproximación a las implicaciones del cuadro de mando integral en las organizaciones del sector público". Universidad de Valencia, España. Publicado en: www.ucla.edu.ve
9. Benaim, S. et al. [1994]. "Mantenimiento de edificios para la salud". Buenos Aires, Argentina, OPS, CAM.
10. Blanco Sotuyo, S [2001]. [Optimización Integral de Mantenimiento]**.** Publicado en http://www.mantenimientomundial.com/notas/oim.asp
11. Borda, J. [1998]. "Creación de un mantenimiento avanzado y beligerante". Revista Mantenimiento. España, N^{o} 81, Enero-Febrero, Pág. 31.
12. Carrazana Hernández, I [2006]. "El cálculo de los costos de la actividad de mantenimiento en la Empresa Muebles de Ciego de Ávila". Trabajo de diploma presentado por la opción de Licenciada.
13. Carrazana Lagares, Guillermo. [1998]. "Perfeccionamiento del Sistema de mantenimiento en la Planta de Tejeduría". Tesis presentada en opción al título

académico de Master en ingeniería industrial. Mención de mantenimiento. Facultad de Ingeniería Industrial. UCLV.

14. Codina, A [2007] “Los Factores Críticos de Éxito y las Áreas de Resultado Clave. Usos y convenciones”. Publicado en: http://www.degerencia.com
15. Corretger Rauet, M. [1994-5]. “El mando intermedio en mantenimiento”. Funciones, formación, responsabilidad. Revista Mantenimiento. España No 77, pp. 41-53.
16. Da Silva Neto, J.C. y Gonçalves de Lima, A.M [2002] **“**Implantação do Controle de Manutenção”. Revista Club de Mantenimiento, Número 10 - Septiembre 2002. Brasil. Disponible en: http://www.clubdemantenimiento.com.ar/r11t6_controle.htm, [consultado el 13 de noviembre de 2006]
17. Danger González**,** A.H y Pierre Echevarria, L [2002].”Órgano de difusión del Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento”. Revista club de Mantenimient. Marzo. Publicado en - http://www.datastream.net/latinamerica/mm/articulos/club.asp
18. Daniel, D. R y Rockart, J. F. [1979] “CSF (Factor crítico de éxito) y KPI´s (Indicadores claves de desempeño)”. Revista Online Executive Education. V 9.4. Última actualización, Mayo, 2007.
19. De Groote, P. [1993].”El mantenimiento en países en vías de industrialización”. Revista Mantenimiento. España. No. 69, pp. 19-25
20. De La Paz Martínez, E. et al [2000]. “Herramientas para toma de decisiones en mantenimiento”. Publicado en http://www.angelfire.com
21. De la Paz Martínez, E. M. [1996]. “Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana”. Aplicación en la Empresa Textil "Desembarco del Granma". Santa Clara, Cuba, UCLV. Tesis Doctoral.
22. Díaz Crespo, J.R. [2006] “Los factores críticos de éxito: una herramienta esencial para la dirección por objetivos”. Publicado en: http://www.gestiopolis.com/canales5/ger/loesencial.htm
23. Dodson, B. y Nolan, D. [2006] “Maintainability and Availabiñity”. Quality Publishing. Publicado en: www.qualityamerica.com

24. Dos Santos Méndez, A.L. [2002] “Gestão do valor nas operações de manutenção”, Tesis en opción al grado académico de Máster en Ingeniería de la Producción. Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
25. Duardo Zabiski, E [2005].”El camino de los costos de mantenimiento”. Nota Técnica No.105.
26. Espinosa Fuentes, F [2006] “Identificación de sistemas de gestión para mantención industrial”. Universidad de Talca. Publicado en: www.ing.utalca.cl
27. Fuertes, A., del Olmo, R. & Hernández, C. [1994]. “La gestión informatizada de mantenimiento: una fuente de ventajas competitivas para la empresa”. Revista Mantenimiento, España. 79: 5-14.
28. García Garrido, S., [2003].”Organización y Gestión Integral de Mantenimiento”. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial. Editorial Díaz de Santos. Madrid, España
29. García González-Quijano, J [2004] “Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM)”. Tesis en opción al grado académico de Máster en gestión técnica y económica en el sector eléctrico. Universidad Pontificia Comillas, Madrid. España.
30. García-Ahumada, F [2003]. “Función del mantenimiento y las nuevas tecnologías”. Publicado en www.itconsol.com
31. Heberlein K, C. [1991].”Flexibilizar la Estrategia del Mantenimiento”. Revista de Mantenimiento No 4. Mayo y Junio.
32. INEI [2003] “Procedimiento de definición de Factores Críticos de Éxito”. Publicado en: http://www.inei.gob.pe/web/metodologias/attach/lib606/CAP4-22.htm
33. Ingeniería del Software. [1999] “Gestión de riesgos”. Publicado en: http://dmi.uib.es/~bbuades/riesgos/tsld001.htm
34. Jiménez Sánchez, J. E. [2003] “Los factores críticos de de la cadena de suministro”. Instituto Mexicano del Transporte. México.
35. Jiménez Sánchez, J. E. [2003] “Los factores críticos de éxito de la cadena de suministro”. Instituto Mexicano de Transporte.

36. Juran, J. & Blanton, A. [2001]. "Manual de Calidad de Juran". Quinta edición. Edit. Mc Graw-Hill.
37. Keeter, B [2002] “Managing Availability for Improved Bottom-Line Results”. ARMS Reliability Engineers. Australia.Publicado en: www.reliability.com.au
38. Knezevic, J [1996] “Mantenimiento”. Editorial ISDEFE, Madrid, España. Publicado en: www.isdefe.es
39. Kothari, V [2004] “Assessment of Dynamic Maintenance Management”. Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería Industrial y de sistemas. Universidad Estatal de Virginia, USA.
40. Küllmer, v [2001] “Factores críticos de éxito” editorial ENAPYME INDUSTRIAL**.** Universidad “Adolfo Ibáñez”. Colombia.
41. Lapierre, J. [2000] “Customer - perceived value in industrial contexts”. Revista Journal of Business & Industrial Marketing, v.15, n.2/3, p.122-140, 2000.
42. Lodola, E [2006] “Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators”. Tesis en opción al grado académico de Master en Gestión de la Ingeniería, Universidad de Pisa. Italia.
43. Lourival Tavares, A. [1999].”Administración moderna de Mantenimiento”, Editorial Novopolo, Publicaciones Brasil.
44. Malaguera, J. G [2001]. Publicado en: http://cienciafísica.com
45. Martín Montoliu, M & Elaine Kepcia, S. [1995].”Justificación de la implantación de un sistema informatizado de gestión del mantenimiento”. Revista Mantenimiento, España. 88: 17-26.
46. Mazón Javaloy, M [2000] “Disponibilidad/Fiabilidad de tuberías de gas en REPSOL”
47. Mora Gutiérrez, A y Pérez Peral, A [2002]. “Control y medición internacional estandarizadas de la gestión y operación de mantenimiento industrial bajo la metodología terotecnológica RAM”. Ponencia en el 2do Congreso Internacional de Mantenimiento ACIEM. Bogota. Colombia

48. Morales Silverio, R. [1993].”Tendencias actuales para el perfeccionamiento de la actividad de mantenimiento”. Raisa Morales Silverio. Trabajo de diploma. UCLV. Pág. 85.
49. Muntasell i Arcarons, J. [1994].” Como gestionar el mantenimiento contratado de grandes edificios”. Revista Mantenimiento, España. 73: 11-19.
50. Murillo, A [2004] “¿Qué son los FCE y cómo se vinculan con el BSC?”. Publicado en www.deinsa.com
51. NC-ISO 9000. [2001].”Sistemas de gestión de la calidad”. Fundamentos y vocabulario.
52. Parra M, C. A. [1999]. “Optimización de la Producción a Partir del uso de la Herramienta de Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)”. Centro de Educación Continua. Universidad EAFIT.
53. Payement, S. [1994]. “La certificación de las empresas de servicio de mantenimiento”. Revista Mantenimiento, Perú. 4, 2: 10-14.
54. Pérez Jaramillo, C. [1992]. “Gerencia de Mantenimiento y Sistemas de Información”. Colombia, Soporte y CIA. LTDA.
55. Pérez Tejeda, A. [1992]. “SEDAM. Sistema de apoyo computacional para el Sistema Alterno de Mantenimiento”. Ponencia presentada en la VII Conferencia de Ingeniería y Arquitectura del ISPJAE., Ciudad de La Habana, Cuba.
56. Pinto, J. J. [2000] “Asignación y determinación de prioridades de procesos esenciales, con base en los factores críticos de éxito”. Universidad ICESI. Publicado en: www.blogs.creamoselfuturo.com
57. Prando, R [2003] “Manual de gestión de mantenimiento a la medida”. Oficina de Ciencia y Tecnología. OEA. Washington. USA. Publicado en: www.science.oas.org
58. Reyes López J [2006].”Tesina sobre Tipos de Mantenimiento”. Publicado en : http://usuarios.lycos.es/mugresoft/tesina.htm
59. Ruszkiewicz, J. W. [1980]. “Maintenance goals and management control”. Revista Industrial Engineering. USA. Vol. 12. No. 2.
60. Sabioncello, A [2000]. “Mejora de Costos en Mantenimiento’. http://www.mantenimientomundial.com/textos/art-1mejora.htma

61. Schults, B. [2000]. “El Costo de la Ignorancia en mantenimiento”. Publicado en: http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/management/costodeignorancia.htm
62. Sotuyo Blanco, S. [2000]. “El hombre de mantenimiento”. Revista Mantenimiento, Costa Rica. 10: 3-8.
63. Tavares, L. A. [1998]. “Índices de mantenimiento”. Revista Manutencao y qualidade. Brasil, No: 19, 20 y 23.
64. Tavares, L; Calixto, M y Poydo, P. R. [2005] “Manutenco Centrada no Negocio”. Editorial Novo Polo Publicacoes. Rio de Janeiro. Brasil.
65. Torres, L. D. [2005] “Mantenimiento”. Su implementación y Control”. 2da Edición. Editorial UNIVERSITAS. Publicado en: www.datastream.net
66. Villarrubia, M. y Villarrubia, J. [2003] “Índice de comportamiento de equipos y plantas industriales”. Revista Ingeniería y Gestión de Mantenimiento, No 29, may/junio, 2003. Publicado en: www.alcion.es
67. Vinicius Lucately, M. García Ojeda, R. [1995]. “Mantenimiento de Equipos Electromédicos Médicos”. Octavo Congreso Latinoamericano de mantenimiento. Noviembre.
68. Walters, D. [1999] “Marketing and operations mangement: na integrated approach to new ways of delivering value”. Revista Management Decision, MCB Press, n.37/3, p.248-258, 1999.
69. Wong, J. B. [1996]. “El Mantenimiento en la Competitividad de las Plantas Industriales”. Revista Mantenimiento No 25.