

PROCEDIMIENTO INTEGRAL PARA LA REALIZACIÓN DE LAS INSPECCIONES METHOD FOR MAKING THE SHIFT TO TECHNICAL INSPECTIONS FOR MACHIN- ERY AND EQUIPMENT AND ENERGY PRO- DUCTION IN THE OIL CUBAN SUGAR

FACTORIES INSPECCIONES TÉCNICAS POR TURNOS A ~~MÁQUINAS Y EQUIPOS PRODUCTIVOS Y~~ ENERGÉTICOS EN LAS FÁBRICAS DE AZÚCAR CRUDO CUBANAS.

Dr. Ramón Sánchez Sánchez.

Centro de Estudios de Dirección Empresarial. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Villa Clara, Cuba.

Dr. Ricardo Grau Avalos.

**Facultad de Matemática, Física y Ciencias de la Computación.
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Villa Clara,
Cuba.**

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar un procedimiento integral para la realización de las inspecciones técnicas por turnos a máquinas y equipos productivos y energéticos en las fábricas de azúcar crudo cubanas utilizando de manera armónica (el sistema de mantenimiento basado en factores, el mantenimiento basado en la fiabilidad y apoyado en la experiencia, y la aplicación de los índices simples y complejos de fiabilidad) como criterio decisorio del método inspectivo.

Palabras claves: Procedimiento integral, inspecciones técnicas por turnos, fiabilidad.

Abstract

The present work has as objective to show an integral procedure for the realization of the technical inspections for shifts to machines and productive and energy teams in the factories of sugar raw Cubans using in a harmonic way (the maintenance system based on factors, the maintenance based on the reliability and supported in the experience, and the application of the simple and complex indexes of reliability) as decisive approach of the inspectiv method.

Key Words: Integral procedure, technical inspections by turns, reliability.

INTRODUCCIÓN

En la industria azucarera cubana, la fiabilidad de las máquinas y equipos adquiere un papel singular ya que los activos fijos tangibles deben mantenerse en buen estado técnico durante un corto período de tiempo de explotación, coincidente con el de la cosecha del fruto agrícola, esto implica que toda la maquinaria debe ser capaz de funcionar a su régimen máximo, con interrupciones mínimas mientras dure la zafra, contribuyendo de esta manera a una reducción de los costos y a una mejor eficiencia y eficacia industrial. El procedimiento que se propone ha sido aplicado a un representativo grupo de fábricas de azúcar crudo del país, entre las que pueden ser mencionadas “Ifraín Alfonso” “George Washington”, “Uruguay”, “Abel Santamaría”, “Uruguay” entre otras.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El procedimiento general que ha sido aplicado consta de un grupo de etapas o fases que se muestran a continuación en la **Figura N° 1**.

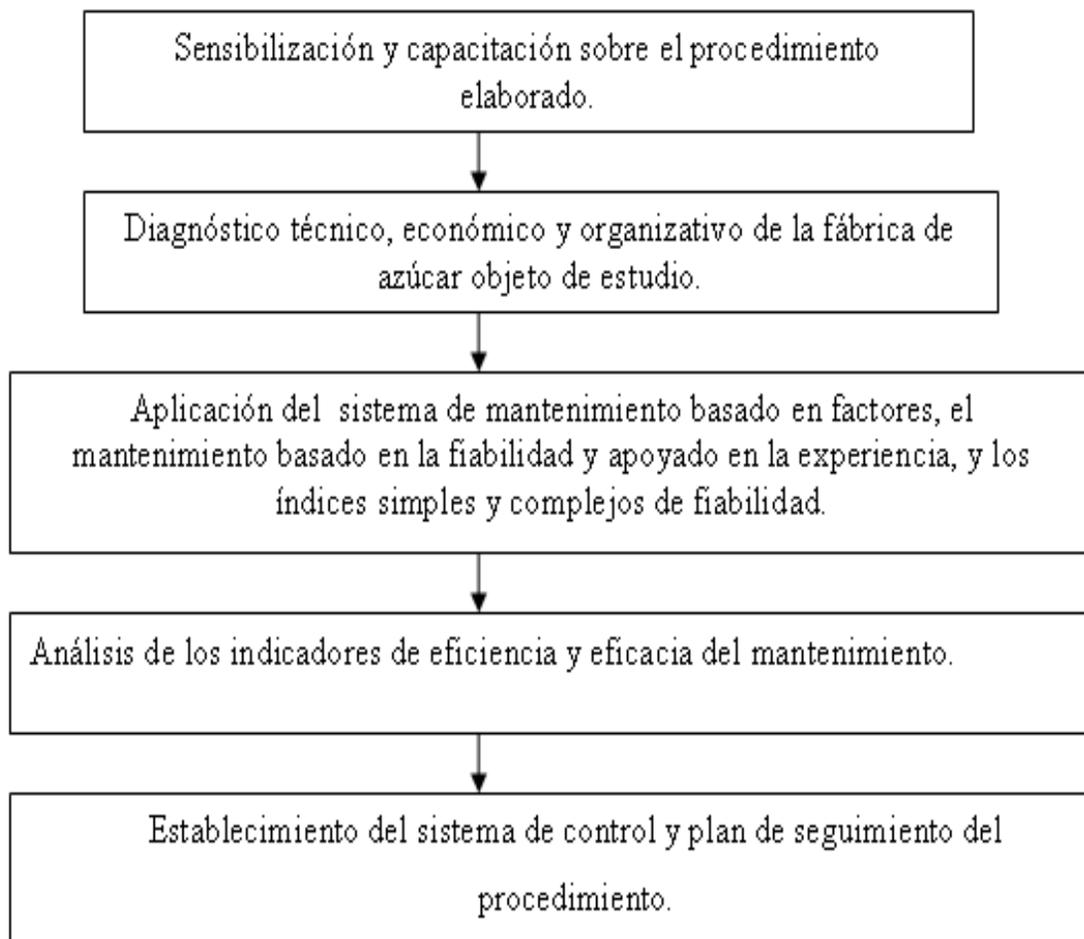


Figura 1. Procedimiento integral para la realización de las inspecciones técnicas por turnos a máquinas y equipos productivos y energéticos en las fábricas de azúcar crudo cubanas

Etapa N° 1: En esta etapa inicial se desarrolla el necesario proceso de **mentalización y sensibilización** del valor y la importancia del procedimiento a todo el personal directivo, técnico y obrero del área industrial, así como la capacitación sobre los elementos claves del mismo.

Etapa N° 2: En la misma se realiza un **diagnóstico general** de los aspectos económicos, técnicos y organizativos de la fábrica de azúcar con el propósito de conocer cuales son las áreas de mayor nivel de criticidad, las causas principales del por qué se producen las roturas industriales e interrupciones operativas, la periodicidad y la calidad con que se realiza la actividad de lubricación de las máquinas y equipos, las formas organizativas de la brigada de mantenimiento de día y de turno, la pericia y organización de los mecánicos de mantenimiento u otros especialistas (dígase electricistas de mantenimiento, soldadores, paileros, etc.) en dependencia del área donde se esté trabajando, las características y el registro de como fueron realizados los mantenimientos en las etapas de desarme, limpieza y reparaciones en el período anterior, entre otros elementos.

En esta segunda etapa se realiza un análisis del **Diagrama de Pareto** con el objetivo de mostrar las áreas donde se necesita un mayor nivel de atención por su periodicidad de roturas e interrupciones operativas.

| Áreas productivas. | Número de paradas. | % de Valor absoluto. | Valor acumulado de las paradas. | Valor acumulado. (x) | Horas fracción. | % Valor absoluto. | Horas fracción acumulado. | % Horas fracción acumulado. |
|-------------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Manipulación y preparación de caña. | 50 | 16,66 | 50 | 16,66 | 293,67 | 50,59 | 293,67 | 50,59 |
| Planta Moledora. | 187 | 62,33 | 237 | 78,99 | 211,95 | 36,51 | 505,62 | 87,1 |
| Purificación de jugos. | 18 | 6 | 255 | 84,99 | 36,74 | 6,32 | 542,36 | 93,42 |
| Planta Eléctrica. | 10 | 3,33 | 265 | 88,32 | 20,54 | 3,53 | 562,9 | 96,95 |
| Centrifugación, peso y envase. | 11 | 3,66 | 276 | 91,88 | 7,63 | 1,31 | 570,53 | 98,26 |
| Generación de vapor. | 12 | 4 | 288 | 95,98 | 5,09 | 0,87 | 575,62 | 99,13 |
| Varios. | 5 | 1,66 | 293 | 97,64 | 2,90 | 0,49 | 578,52 | 99,62 |
| Evaporación. | 7 | 2,33 | 300 | 100 | 1,93 | 0,33 | 580,45 | 100 |
| Concentración y cristalización. | 0 | 0 | 300 | 100 | 0 | 0 | 580,45 | 100 |
| Total | 300 | 100 | | | 580,45 | 100 | | |

Tabla N° 1: Análisis ABC para las áreas productivas en la empresa azucarera “Ifraín Alfonso”. Zafra 07-08

Como se observa en la misma, las áreas que debe darse una mayor atención por parte del personal directivo y el personal de mantenimiento son Planta Moledora y Manipulación y Preparación de caña que constituyen alrededor del 78,99% del tiempo de paradas por roturas industriales e interrupciones operativas.

Etapa N° 3: En esta etapa se realiza la aplicación práctica del análisis integral de los tres sistemas para la materialización de las inspecciones técnicas por turnos a las máquinas y equipos productivos y energéticos, donde se parte de un estudio teórico y práctico de los índices simples y complejos de fiabilidad. Para arribar a este resultado fue necesario desarrollar los pasos siguientes:

1. Recopilación y procesamiento de la información de trabajo.

Este paso reviste una importancia cardinal porque de la calidad de la información primaria que se obtenga y de la historia estadística de los datos, así como de la adecuada clasificación y control, a través del file de paradas del *tandem* o de apuntes personales de algún personal directivo vinculado con la actividad, se pueden conocer los tiempos hasta el fallo, los tiempos medios entre fallos y el tiempo medio de reparación de las máquinas y equipos productivos y energéticos, que constituyen las informaciones fundamentales del estudio a realizar. Es necesario llamar la atención sobre la necesidad de que sea incrementado el nivel de exigencia y de disciplina a la hora de la recopilación de la información estadística.

2. Aplicación del programa computacional denominado DISMA.

Mediante la aplicación de este programa con los datos de tiempo entre fallos de los equipos y los tiempos de reparaciones obtenidos de la información estadística se puede verificar a que tipo de distribución se ajustan el conjunto de datos y los parámetros que la caracterizan.

Las posibles distribuciones que tiene como salida este programa son las siguientes: Normal, Weibull, Log-Normal, Erlang, Triangular, Uniforme, Exponencial, Raileigh, Pareto y Gamma. Para cada una de ellas se utilizan diferentes expresiones de cálculo del tiempo medio entre fallos y entre reparaciones.^(1, 2, 3) Las pruebas estadísticas no paramétricas que se realizan son: la prueba Chi-Cuadrado, prueba Kolmogorov-Smirnov y la prueba de Renyi como elemento complementario.

3. Aplicación de los índices simples y complejos de fiabilidad.

Fueron aplicados un grupo de índices simples de operatividad y mantenibilidad como el tiempo medio entre fallos, el tiempo medio de reparaciones y el flujo de fallos $[W(t)]$ y otros índices complejos de fiabilidad como el coeficiente de Disponibilidad (Kd), el Coeficiente de Disponibilidad Operativa (Kdo) y el Coeficiente de utilización técnica (Kut)^(4, 5, 6).

En la **Tabla N° 2** que a continuación se muestra se pueden observar los resultados de este estudio en la empresa azucarera “Ifraín Alfonso” de la provincia de Villa Clara.

| Equipos | Probabilidad de Trabajo sin fallo Teórico. (PTSFT) | Función de distribución acumulada teórica. (FDAT) | Tiempo medio entre fallos. (Horas.) | Tiempo medio entre reparaciones. (Horas.) | Flujo de Fallos. (Wt) | Coefficiente de disponibilidad. Kd (%) | Coefficiente de disponibilidad operativa. Kdo (%) | Coefficiente de utilización técnica. Kut (%) |
|------------------------|--|---|-------------------------------------|---|-----------------------|--|---|--|
| Bomba de jugo mezclado | 0,70 (1 600 hr) | 0,30 | 20,787 | 0,4725 | 0,0481 | 0,977 | 0,6839 | 0,1980 |
| | 0,40 (1630 hr) | 0,60 | | | | | 0,3908 | |
| | 0,20 (1880 hr) | 0,80 | | | | | 0,1954 | |
| | 0,00 (1900 hr) | 1,00 | | | | | 0,00 | |
| | | | | | | | | |
| Máquinas de Moler. | 0,769(500 hr) | 0,231 | 226,52 | 0,1549 | 0,004 | 0,999 | 0,768 | 0,7295 |
| | 0,538(610 hr) | 0,461 | | | | | 0,537 | |
| | 0,307 (680 hr) | 0,692 | | | | | 0,306 | |
| | 0,153(854 hr) | 0,846 | | | | | 0,153 | |
| | 0,00 (1200 hr) | 0,00 | | | | | 0,00 | |
| Conductores de bagazo. | 0,70(720 hr) | 0,30 | 270,75 | 0,756 | 0,0036 | 0,997 | 0,698 | 0,76 |
| | 0,40(1438 hr) | 0,60 | | | | | 0,3988 | |
| | 0,20 (2485 hr) | 0,80 | | | | | 0,1994 | |
| | 0,00 (3476 hr) | 1,0 | | | | | 0,0 | |
| Banco de Molinos | 0,83(754 hr) | 0,16 | 361,14 | 1,033 | 0,0027 | 0,997 | 0,8275 | 0,8113 |
| | 0,66(1 140 hr) | 0,33 | | | | | 0,6580 | |
| | 0,50 (1 378 hr) | 0,50 | | | | | 0,4985 | |
| | 0,33(1 600hr) | 0,66 | | | | | 0,3290 | |
| | 0,16 (1900 hr) | 0,83 | | | | | 0,1595 | |
| | 0,00 (2 500 hr) | 1,0 | | | | 0,0 | | |

Tabla N° 2. Estudio resultante de los índices simples y complejos de fiabilidad de una muestra de máquinas y equipos productivos y energéticos del área industrial de la empresa azucarera “Ifraín Alfonso” en la provincia de Villa Clara.

De la observación de esta **Tabla N° 2** se pueden establecer las correspondientes prioridades para la realización de los **mantenimientos por diagnóstico o pronóstico** utilizando el criterio de los tiempos medios entre fallos en orden descendente, las cuales estarían orientadas a las bombas de jugo mezclado, las máquinas de moler, los conductores de bagazo y el banco de molinos que fueron los equipos utilizados en la muestra.

El **sistema de mantenimiento basado en factores** consta de las particularidades siguientes:

1. **Existencia de reservas:** Este parámetro tiene en cuenta la condición de que la máquina o equipo conste de una reserva ante el caso de una posible rotura o interrupción operativa.
2. **Estado técnico:** Esta formado por un conjunto de variables que caracterizan el mismo como el tiempo de vida útil del equipo, las características del material con lo que está construido, el tipo de lubricante que se emplea en sus mantenimientos, la experiencia, dominio y conocimiento del operario que trabaja el equipo entre otros aspectos.
3. **Régimen de funcionamiento:** Está basado en que el equipo trabaje a un régimen continuo de veinte y cuatro horas o un régimen discontinuo.
4. **Características mecánicas:** En dependencia de la razón de ser del equipo, estos pueden ser estáticos y dinámicos.
5. **Grado de importancia en el proceso:** Esta basado en la existencia de máquinas y equipos de gran importancia en el proceso de producción que se consideran de uso directo y equipos que por la función que realizan se consideran de servicio o de apoyo a la producción.
6. **Grado de complejidad:** Se basa en la composición y diseño de las máquinas y equipos en el proceso; existiendo equipos que poseen grado de complejidad alto, medio y bajo.
7. **Grado de mecanización y automatización:** Se basa en la existencia de máquinas y equipos donde al menos una función es mecanizada y otras máquinas y equipos donde las funciones son automáticas por medio de un mecanismo de control o de sistemas parciales.
8. **Costo de desarme y reparación:** Se basa en la existencia de costos que pueden ser altos, medios y bajos, debido al alto precio de las piezas o por la complejidad y duración de la reparación y el desarme.

A continuación será expuesto el procedimiento lógico del mantenimiento basado en factores. Como es evidente, para que sean evaluados cada uno de estos factores fue necesario que existiera un orden de prioridad entre ellos, este fue determinado mediante el uso de un sistema de expertos y la técnica utilizada fue la del **Triángulo de Fuller**.

Posteriormente se procedió a un estudio de confiabilidad del juicio de los expertos encuestados utilizándose la prueba no paramétrica de **Concordancia de Kendall**.

Después de comprobar la consistencia del criterio de los expertos y determinar los valores de los pesos que el grupo de expertos le otorgó a cada criterio por separado se aplicó una metodología para este sistema de mantenimiento que consiste en lo siguiente:

· Cada factor tiene diferente forma de evaluarse, por ejemplo el estado técnico puede ser bueno, regular o malo, pero el régimen de funcionamiento puede ser continuo o discontinuo y así cada uno.

Se fueron determinando factor a factor las formas en que se podrían evaluar cada uno y se confeccionó una tabla de valores en la cual se le van asignando a cada una de estas formas valores entre $[-1, 0, 1]$. Va a tomar valor de -1 la forma del factor que no indique hacer mantenimiento. Por ejemplo cuando existen reservas de un equipo este factor va a tomar el valor de -1 porque esto indica que el jefe de mantenimiento puede dar prioridad a otro equipo que no tenga reserva antes que este que si tiene. Tomaría valor 0 el factor que su forma de evaluarlo tome un valor medio, o sea ni alto, ni bajo, un ejemplo es su costo de reparación en su forma medio.

Tomará valor de 1 la forma de evaluar que indique la necesidad de realizar mantenimientos porque esto conlleva que el equipo se desgaste más, tenga más roturas, etc.

El jefe de mantenimiento tendrá en su poder una tabla en la que se incluyan cada uno de los parámetros y las formas en que pueden ser evaluados estos. De esta forma la persona que trabaje directamente con el equipo, será el que puede llenar la tabla colocando en ella el nombre del equipo y marcando con una (X) la forma en la que él considere se encuentre el equipo. Después de esto el jefe de mantenimiento va dándole valor de -1, 0 y 1 a cada factor según corresponda y va multiplicando cada uno de ellos por el peso que posee el factor hasta calcular el valor total para cada equipo, ordenándolos posteriormente en orden descendente. Así el equipo que tenga un mayor valor será el primero al que realizarle el mantenimiento.

área de Planta Moledora que constituyó ser la de mayor criticidad.

En la **Tabla N° 3** se muestra los resultados del análisis del mantenimiento basado en factores en el área de Planta Moledora que constituyó ser la de mayor criticidad.

| Factores | Grado de importancia en el proceso. | | Estado Técnico. | | | Régimen de funcionamiento. | | Grado de complejidad. | | | Existencia de reservas. | | Grado de mecanización y automatización. | | | Características mecánicas | |
|---------------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------|---|---|----------------------------|-------|-----------------------|---|---|-------------------------|----|---|---|---|---------------------------|-----------|
| | Uso directo. | De servicio. | B | R | M | Continuo. | Disc. | A | M | B | Si | No | A | M | B | Estáticas | Dinámicas |
| Equipos. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Molinos. | X | | X | | | X | | X | | | | X | | | X | | X |
| Equipo motor de la planta | X | | | X | | X | | X | | | | X | | | X | | X |

8

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|---|--|---|--|---|--|---|---|---|--|--|---|--|---|
| moledora. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tren de engrane de la planta moledora. | X | | X | | | X | | X | | | | X | | | X | | X |
| Coladores de guarapo. | X | | X | | | X | | X | | | | X | | | X | | X |
| Conductores intermedios para molinos de tablillas. | X | | | X | | X | | X | | | | X | | | X | | X |
| Bombas para agua de imbibición. | X | | X | | | X | | | | X | X | | | | X | | X |
| Bombas para agua de circulación de guijos. | X | | X | | | X | | | | X | X | | | | X | | X |

Tabla N° 3: Tabla para planificar el **mantenimiento basado en factores**. Área: Planta Moledora.

Del análisis de esta tabla se puede constatar que los equipos que requieren mayor nivel de prioridad para la realización de las inspecciones técnicas por turnos son en orden descendente: el equipo motor de la planta moledora, los conductores intermedios para molinos de tablillas, y el banco de molinos.

El otro sistema complementario que se utilizó en este trabajo es el **mantenimiento basado en la fiabilidad y apoyado en la experiencia**. Este sistema está basado en la probabilidad de ocurrencia de un fallo y en los datos históricos sobre el comportamiento de un equipo o sistema.

El mismo plantea la necesidad de una herramienta matemática mediante la cual se podrá obtener la probabilidad provisional (futura) condicional para que se produzca un suceso A, sabiendo que uno E ya se ha realizado. Esta herramienta es la función Bayesiana; que es utilizada cuando se dispone de pocos o ningún dato de fallos o averías en el ingenio o cuando ha habido cambios o modificaciones en el mismo.

A continuación se muestra una tabla resumen de los resultados de la aplicación de este último sistema explicado anteriormente a un grupo de equipos clasificados en rojos y azules, los **equipos rojos** paran el central de manera automática cuando estos sufren una rotura y los **equipos azules** lo paran al cabo de las 6 horas de sufrir una determinada rotura. Este sistema unido al estudio de los índices simples y complejos de fiabilidad y al mantenimiento basado en factores le da un carácter sistémico a este problema ingenieril. En la **Tabla N° 4** se muestran los equipos que paran el ingenio en la empresa azucarera "Ifrain Alfonso" de manera automática a su parada por una rotura e interrupción operativa.

| Equipos | Probabilidad de que falle el equipo A. $P(A)$ | Probabilidad de que falle el sistema dado que fallo el equipo. $P(E/A)$ | Probabilidad de que falle el equipo dado que fallo el sistema. $P(A/E)$ |
|---------------------------------------|--|--|--|
| Coladores de Guarapo. | 0,0015 | 1 | 0,1807 |
| Turbogenerador | 0,001 | 1 | 0,1205 |
| Conductores elevadores de bagazo. | 0,0011 | 1 | 0,1325 |
| Caldera para la generación de vapor | 0,001 | 1 | 0,1205 |
| Bombas para agua de alimentar pailón. | 0,001 | 1 | 0,1205 |
| Molinos | 0,001 | 1 | 0,1205 |
| Cuchilla pecadora de caña | 0,001 | 1 | 0,1325 |

Tabla N° 4. Equipos que paran el ingenio de manera automática (Rojos) en la empresa azucarera “Ifraín

| Equipos | Probabilidad de que falle el equipo A. $P(A)$ | Probabilidad de que falle el sistema dado que fallo el equipo. $P(E/A)$ | Probabilidad de que falle el equipo dado que fallo el sistema. $P(A/E)$ |
|-------------------------------|---|---|---|
| Bomba de agua para imbibición | 0,0011 | 0,01 | 0,0013 |
| Turbogenerador | 0,0012 | 0,01 | 0,0014 |

Tabla N° 5. Equipos que paran el ingenio a las 6 horas (Azules) en la empresa azucarera “Ifraín Alfonso”.

Del análisis de las **Tablas N° 4 y 5** se pueden observar los resultados de la **probabilidad de que falle el equipo dado que fallo el sistema** [$P(A/E)$] constatándose que para los equipos que paran el ingenio de manera automática (Rojos) la prioridad en las inspecciones debe dárseles a los coladores de guarapo y a los conductores elevadores de bagazo y las cuchillas picadoras de caña en orden descendente y a los **equipos que paran el ingenio a las 6 horas (Azules)** las prioridad la experimentan los turbogeneradores y la bomba de agua de imbibición

Etapa N° 4: En esta etapa se deben evaluar mediante un grupo de indicadores e índices de eficiencia del mantenimiento industrial resultante del estudio de la literatura)^(7, 8, 9, 10, 11, 12, 13) y la contextualización en la industria azucarera cubana)⁽¹⁴⁾ las ventajas que ha traído consigo la instrumentación de este procedimiento general en la disminución de las roturas e interrupciones operativas en la empresa. Los principales **indicadores e índices de gestión del mantenimiento** obtenidos como resultado **del trabajo doctoral del autor del trabajo**, se muestran en el **Cuadro N° 1** y son los siguientes:

1. Índice de laboriosidad del trabajo de la actividad del mantenimiento.
2. Cuota de pérdida de producción causada por el mantenimiento.
3. Influencia del mantenimiento sobre el volumen de producción en la empresa.
4. Cuota de mantenimiento por unidad de valor de los activos fijos tangibles.
5. Influencia del trabajo del mantenimiento sobre los costos de producción.
6. Coeficiente de gastos de salarios en relación con los gastos totales de mantenimiento.

1. Índice de laboriosidad del trabajo de la actividad del mantenimiento.
2. Cuota de pérdida de producción causada por el mantenimiento.
3. Influencia del mantenimiento sobre el volumen de producción en la empresa.
4. Cuota de mantenimiento por unidad de valor de los activos fijos tangibles.
5. Influencia del trabajo del mantenimiento sobre los costos de producción.
6. Coeficiente de gastos de salarios en relación con los gastos totales de mantenimiento.

Cuadro N°1: Principales indicadores e índices de gestión del mantenimiento a ser utilizados en las fábricas de azúcar crudo cubanas.

Etapa N° 5: En esta etapa se concibe el establecimiento del sistema de control y el correspondiente plan de seguimiento del procedimiento elaborado. El **sistema de control** debe contener los objetivos del control, el objeto de control, los medios e instrumentos para el control y las diferentes técnicas de control a ser utilizadas.

CONCLUSIONES

1. Los estudios de fiabilidad desarrollados en las diferentes fábricas de azúcar han sido una importante herramienta para el trabajo del mantenimiento, así como para el establecimiento de las correspondientes prioridades a la hora de la realización de las inspecciones técnicas por turnos y la selección del personal y los materiales para el desarrollo del mantenimiento con calidad, eficiencia y eficacia
2. Los equipos del área de maquinaria industrial en el estudio realizado se comportaron con un mayor porcentaje de fallos que los equipos del área de fabricación como se observa en la **Tabla N° 1**
3. Los sistemas de mantenimiento basado en factores y el sistema de mantenimiento basado en la fiabilidad y apoyado en la experiencia deben ser utilizado como elementos complementarios al estudio de fiabilidad de equipos que se propone

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. NC 92-31: 81 cc. Fiabilidad. Cálculo de los índices de fiabilidad de los artículos industriales. / CEN, Cuba. Rige 83.01
2. NC 92-10: 78 cc. Fiabilidad, términos y definiciones/ CEN, Cuba. Rige 78.01
3. NC 92-44:86: cc. Control de calidad. Fiabilidad. Mantenimiento y reparaciones. Términos y definiciones/ CEN, Cuba. Rige 86.01
4. Sánchez Sánchez, R. Estudio de la fiabilidad y el mantenimiento a equipos del área industrial de os CAIAzucareros. / VII Encuentro Nacional de maquinaria industrial, Santa Clara, Cuba, 1989

- .5. Sánchez Sánchez, R. Ventajas de la aplicación del sistema de mantenimiento predictivo en la empresa azucarera "Carlos Caraballo". / R.Sánchez Sánchez, E.González Suárez. Revista Tecnología Química (Cuba) Vol.19, Nº 1, Editorial ISPJAM, Santiago de Cuba, 1999.
6. Sánchez S. Ramón. Procedimiento para la gestión del mantenimiento a máquinas y equipos productivos y energéticos en la fase de operación en las fábricas de azúcar crudo cubanas. Tesis para la opción del grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Portuondo P. Fernando (tutor), (1999)
7. Larralde Ledo, Eduardo. Métodos de evaluación de la gestión del mantenimiento. Revista Mantenimiento (España) Nº 72, Marzo, 1994.
8. Sánchez Amat, F. Economía de los fondos básicos. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana, 1984.
9. De Groote, P. La gestión del mantenimiento. Revista Mantenimiento, (España), Nº 67, Septiembre, 1993
10. Tápanes, J.J. Aplicación del análisis del sistema al cálculo de la eficiencia de la gestión del mantenimiento de la maquinaria industrial azucarera. Revista Investigación de operacional, Vol.5, Nº 3, 1984.
11. Tavares, Lourival. Revista Nuevo Mantenimiento y Calidad. (En Portugués), Año, Nº 19, Noviembre, 1997.
12. Clavijo Tornero, R. Optimización de la gestión del mantenimiento a través del mantenimiento basado en el riesgo. (Rbm) Revista Mantenimiento (España), Mayo, 1995.
13. Lezana E. Mantenimiento Centrado en la fiabilidad (RCM), Revista Mantenimiento, num.91, enero-febrero (1996).
14. Cruz Rabelo, E. Análisis del mantenimiento en algunas empresas cubanas. E. Cruz Rabelo & R. Barroso Martínez. Ponencia presentada en el Primer Congreso Cubana de Mantenimiento, Santa Clara, Cuba.