


| | |
|--|---|
| UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS” FACULTAD TECNOLÓGICA PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO |  |
| Nº DE RADICACIÓN: _____ | |

| INFORMACIÓN EJECUTORES | | |
|------------------------|--|--|
| Ejecutor 1 | | |
| Nombre (s): | Paul Andres |  |
| Apellido (s): | Castiblanco Castiblanco | |
| Código: | 20072275008 | |
| E-mail: | flyer552000@yahoo.com | |
| Celular: | 317-393 1561 | |
| Ejecutor 2 | | |
| Nombre (s): | Jhon Richard |  |
| Apellido (s): | Umbarila Saboya | |
| Código: | 20052274033 | |
| E-mail: | jhonk8022@hotmail.com | |
| Celular: | 311-889 9661 | |

| INFORMACIÓN DEL PROYECTO | | |
|---|---|---|
| Título del Proyecto: | Aplicación de la estrategia RCM2 al programa de mantenimiento de equipos de una línea de producción en la Industria Nacional de Gaseosas S.A. | |
| Duración (estimada): | 6 meses | |
| Tipo de Proyecto: (Marqué con una “x”) | Innovación y Desarrollo Tecnológico | |
| | Prestación y Servicios Tecnológicos | X |
| | Otro | |
| Modalidad del Trabajo de Grado: | Monografía | |
| Línea de Investigación de la Facultad*: | Optimización de procesos industriales | |
| Línea de Investigación del Proyecto Curricular**: | Materiales y procesos de manufactura | |
| Áreas del conocimiento que involucra: | Gestión del mantenimiento industrial | |
| INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA | | |
| Director: (Vo. Bo.) | | |
| Revisor metodología (Vo. Bo.) | | |

CONTENIDO

| | |
|-------------------------------|----|
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 3. ESTADO DEL ARTE | 4 |
| 4. OBJETIVOS | 6 |
| 5. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 6. METODOLOGÍA | 10 |
| 7. CRONOGRAMA | 12 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA | 13 |

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La actual competencia económica en el contexto industrial motiva a que las empresas hagan mayor uso de toda clase de recursos administrativos y técnicos para garantizar aumentos en la productividad, que en última instancia otorgan ventajas decisivas en el mercado.

Desde el área de mantenimiento se pueden obtener aumentos en la productividad, en la medida en que se puedan garantizar las condiciones óptimas de funcionamiento en los equipos de producción, con una alta disponibilidad y eficiencia. Para ello se requiere una adecuada planeación de todas las actividades necesarias para mantener dichos niveles de funcionalidad.

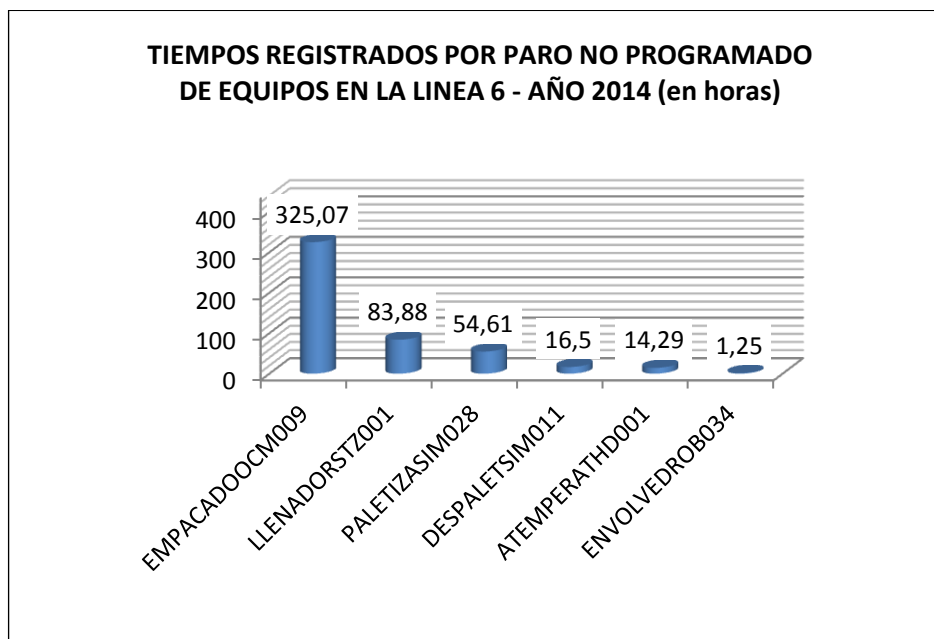
La Industria Nacional de Gaseosas S.A., como empresa de clase mundial, aplica diversas estrategias en el área de mantenimiento, buscando el cumplimiento de indicadores de desempeño relacionados con seguridad, calidad, eficiencia y costos. La gestión del mantenimiento es de carácter centralizado y se basa comúnmente en los principios del mantenimiento preventivo.

La línea 6 es un sistema clave de producción para la empresa, ya que es la única que maneja los formatos de envase no retornable en lata, así como diversas presentaciones de bebidas gaseosas de tamaño personal. En la actualidad, esta línea presenta algunos problemas técnicos, relacionados con el área de mantenimiento, los cuales se ven reflejados en las estadísticas de tiempos perdidos registrados por paros no programados de equipos.

Se observa entonces una oportunidad de mejora, a través de metodologías de análisis relacionadas con el campo de acción de la ingeniería mecánica, aplicando la estrategia del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para la industria o RCM2, por sus siglas en inglés. Esta teoría se basa en un completo análisis funcional de los sistemas en falla, identificando las causas de las mismas, y planteando acciones que permitan eliminar o mitigar su impacto en los indicadores

de desempeño.

La línea 6 procesa productos en lata, específicamente diversas presentaciones de la reconocida marca Coca-Cola, utilizando para ello una configuración básica de máquina llenadora, un conjunto de transportes de producto y una máquina empacadora. Al observar los registros de eficiencia en producción, no se obtienen resultados satisfactorios, por lo cual se deben llevar a cabo acciones que permitan identificar las causas de dichos paros, para proponer acciones de mejora.



2. JUSTIFICACIÓN

La actual competencia económica en todo tipo de industrias hace imprescindible la búsqueda constante de mejoras en todos los procesos al interior de una organización. Se busca en último término la reducción de costos, los aumentos en la productividad y la eficiencia en el uso de los recursos. Estos factores otorgan a las empresas ventajas económicas sobre sus competidores, las cuales favorecen su posicionamiento en el mercado.

Mediante la realización del presente trabajo de grado se pretende aportar tecnológicamente en la obtención de este tipo de mejoras en los procesos. A través del trabajo de análisis del mantenimiento se pueden estudiar diversos factores que impactan directamente en los costos de producción, básicamente evitando los paros no programados en los equipos. Es posible plantear alternativas que tengan en cuenta las oportunidades de mejora y obtener ventajas económicas que aporten a la competitividad de la Industria Nacional de Gaseosas S.A.

3. ESTADO DEL ARTE

La metodología de análisis RCM2 es actualmente aplicada por miles de organizaciones, tanto públicas como privadas, donde asuntos como la seguridad y la confiabilidad son de principal importancia. Es utilizada por sectores tecnológicos de vanguardia, como la industria aeroespacial, generación de energía, industria petro-química y el sector militar. Organizaciones como la NASA (Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio) y la Fuerza Naval en los EE.UU. han promulgado abiertamente su uso, indicando entre otros, los siguientes beneficios:

- Procesos ambientalmente sostenibles.
- Eficiencia energética.
- Reducción de costos.
- Mantenimiento de la calidad.

A partir de la década de 1990, gracias a la expansión de diversas herramientas tecnológicas a costos más accesibles, se han podido incluir dentro de las prácticas de apoyo a la metodología RCM2 áreas como Inspecciones y Ensayos Predictivos (PT&I- por sus siglas en inglés), Exploración de Tiempo de uso (AE-Age Exploration), para alcanzar lo que se conoce como Mantenimiento Basado en la Condición.

A nivel nacional, las empresas también han adoptado este modelo de trabajo, básicamente por las ventajas económicas que otorga, ya que en muchos casos permite eliminar tareas innecesarias así como reducir los costos globales de mantenimiento.

En la Industria Nacional de Gaseosas S.A., se han llevado a cabo un reducido número de análisis RCM2, desde el año 2009, en equipos aislados en algunas de las líneas de producción, obteniendo resultados satisfactorios. No obstante, la práctica de la metodología RCM no se ha extendido de forma generalizada a todos los equipos, ya que la forma predominante de trabajo se basa en los principios del

Mantenimiento Autónomo, en donde cada operador asume la responsabilidad por las actividades de mantenimiento de cada equipo, así como por los indicadores de desempeño de cada unidad, principalmente por la eficiencia de línea y el tiempo de paros no programados. Cada operador es autónomo para seleccionar las mejores prácticas en su puesto de trabajo.

Como antecedentes específicos al interior de la empresa se encuentran dos trabajos de relevancia¹, uno de los cuales corresponde a un trabajo de grado realizado para el ciclo de ingeniería en la Universidad Distrital.

La empresa cuenta con un software de mantenimiento denominado SAP-R3, la cual permite llevar registros de fallas para cada equipo, así como la obtención de estadísticas de desempeño de todas las líneas de producción. Este sistema es ampliamente utilizado para la gestión del mantenimiento al interior de la organización, y será la fuente primaria para la documentación de fallas en los equipos.

¹ MENDEZ Andrea y RINCON Luis. Diseño de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para el sistema monobloque de llenado y tapado de botellas Simonazzi 120 línea 7 de la compañía Coca-Cola Planta Norte (Bogotá). Trabajo de grado Ingeniería Mecánica Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2013.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Aplicar la teoría del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM2) para proponer acciones de mejora que permitan reducir los tiempos perdidos por paro no-programado en la máquina llenadora de latas y su respectiva empacadora para la línea 6 de producción en la Industria Nacional de Gaseosas S.A.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Llevar a cabo un diagnóstico del sistema (línea 6), para enumerar las fallas más frecuentes y de mayor impacto en los indicadores de producción.
- Elaborar una descripción del contexto operacional de los equipos de llenado y empaque.
- Realizar un análisis funcional de los equipos de la línea en los que se ha identificado el mayor número de paradas no programadas: máquina llenadora y máquina empacadora.
- Identificar los modos de falla de los subsistemas más críticos en estos equipos.
- Plantear modificaciones a las prácticas actuales de mantenimiento, incorporando el análisis previo de las fallas, buscando la prevención o la predicción de las mismas.
- Evaluar el impacto de las modificaciones planteadas en los indicadores de paros no programados.

5 MARCO TEÓRICO

El presente trabajo de grado busca aplicar los principios de la metodología denominada RCM (Reliability-Centered Maintenance), Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, teoría que surgió en la década de 1970 como producto de las investigaciones desarrolladas en el campo de la aviación comercial en los Estados Unidos, principalmente los estudios de los investigadores Stanley Nowlan y Howard Heap, quienes siendo empleados de la aerolínea United Airlines, fueron patrocinados por el departamento de defensa para llevar a cabo estudios que permitieran garantizar una mayor confiabilidad en toda clase de equipos militares complejos, publicando en 1978 el documento que expondría por primera vez los principios del RCM². La documentación disponible actualmente es extensa, pero está basada en los estudios de Nowlan y Heap.

Después de la segunda guerra mundial, el sector industrial en los países desarrollados empezó a depender en mayor medida de las máquinas, y las grandes producciones en serie hacían más palpable el hecho de que un equipo de producción sufriera un paro inesperado a consecuencia de una falla en alguno de sus componentes. Inicialmente se creía que cuando una pieza o componente mecánico fallaba era porque sufría un desgaste por su uso, asumiendo que las condiciones de diseño y fabricación eran apropiadas. Es decir, las probabilidades de que un elemento fallara, se creía, aumentaban proporcionalmente con su tiempo de trabajo o de uso, lo cual iba en contra de las observaciones y las experiencias acumuladas durante más de 20 años por diversas aerolíneas³.

En el documento², Nowlan y Heap indican un supuesto en el que se basaba la teoría del mantenimiento preventivo, una creencia 'intuitiva' de que la confiabilidad

² Nowlan, S y Heap H. Reliability Centered Maintenance. Departamento de Defensa. Estados Unidos, Washington D.C, 1978. Disponible en línea en: http://reliabilityweb.com/ee-assets/my-uploads/docs/2010/Reliability_Centered_Maintenance_by_Nowlan_and_Heap.pdf

³ National Aeronautics and Space Administration (NASA). Reliability-Centered Maintenance Guide for facilities and collateral equipment. Estados Unidos, 2008. Disponible en línea en: <http://www.hq.nasa.gov/office/codej/codejx/Assets/Docs/NASARCMGuide.pdf>

de cualquier equipo se reduce con su tiempo en servicio. Entonces, para 'restaurar' los niveles de confiabilidad iniciales, era necesario intervenir el equipo, es decir, reponer las piezas desgastadas después de cierto intervalo de tiempo; entre más se aplicaba esta creencia, más se evidenciaba su falta de fundamento, generando en ocasiones lo que se denominó 'falla prematura' por 'mortalidad infantil', término utilizado para indicar la presencia de una falla temprana, en un periodo muy corto luego de haber intervenido un componente o instalado un nuevo repuesto. Luego de estudios intensivos, se llegó a la conclusión de que en algunos casos específicos no era siquiera posible predecir o anticipar las fallas⁴.

Si no era posible predecir la ocurrencia de fallas, entonces la única opción posible era asumir las consecuencias de cada falla de la mejor manera posible, evitando que su ocurrencia afectara la seguridad de operación, esto último de vital importancia en el campo de la aviación; al buscar soluciones para afrontar las consecuencias fue que surgió la metodología RCM, siendo posible, aparte de garantizar una mayor confiabilidad, reducir los costos globales del mantenimiento.

En la década de 1990, Stanley Nowlan, en sociedad con John Moubray, aplicaron los principios del RCM propuestos específicamente para el campo de la aviación, a la industria. Esta teoría complementada se denomina RCM2, y adicionalmente a los temas técnicos de la detección y prevención de fallas, aporta una visión integral del mantenimiento moderno, abarcando aparte de la seguridad, asuntos como el aseguramiento de la calidad, procesos ambientalmente sostenibles y el uso racional y eficiente de los recursos materiales. Precisamente John Moubray es el fundador de Aladon Network, la principal red de distribución y divulgación acerca de la metodología RCM2 en la actualidad.

El trabajo en RCM está orientado, más que a prevenir la ocurrencia de fallas, a tratar de manera oportuna y conveniente las consecuencias de cada falla. Solo aquellas fallas cuyo impacto a nivel de seguridad o por factores económicos

⁴ Nowlan y Heap. Op. Cit.

importantes son las que se deben prevenir. El resto de actividades de mantenimiento programado deben ser justificadas desde su rentabilidad económica. En algunas ocasiones puede llegar a ser más rentable dejar que un componente falle y cambiarlo, que intentar prevenir su falla mediante algún tipo de mantenimiento programado.

6 METODOLOGÍA

Para este trabajo de grado se seguirán los lineamientos indicados por el Ing. Carlos Mario Pérez J. en el documento titulado: "Recomendaciones para la Aplicación de RCM2". En dicha publicación se obtiene de manera resumida un modelo metodológico para un análisis general de RCM2, así como una matriz de decisión para enfocar los problemas de confiabilidad de un sistema.

Todo el proceso de análisis se determina por siete preguntas básicas:

- ¿Cuáles son las funciones del objeto de estudio?
- ¿De qué forma el objeto no cumple estas funciones?
- ¿Cuáles son las causas para que el objeto deje de cumplir con cada función?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿Cuáles son las consecuencias de cada falla?
- ¿Qué se puede hacer para prevenir estas fallas?
- ¿Qué opciones se pueden observar en caso de que no se puedan prevenir o predecir las fallas?

Como primer paso se recomienda la completa descripción del contexto operacional del equipo a analizar, es decir, todas las condiciones en las cuales funciona el objeto, como parámetros de calidad, seguridad, y un diagrama de entradas y salidas del sistema, en donde se tiene en cuenta los suministros de energía y materiales, y las características de los productos, así como los desechos del proceso.

Luego de la descripción se procede con la correcta identificación de las funciones requeridas, incluyendo los valores dentro de los cuales cada función resulta aceptable, si aplican. A continuación se identifican las fallas posibles para cada función, entendiendo como falla "la imposibilidad de llevar a cabo la función

requerida dentro de los valores indicados como aceptables". El énfasis corresponde a los modos en los que ocurre cada falla, buscando la causa raíz. A cada modo de falla se asocia uno o varios efectos, metodología conocida como AMFE (Análisis de Modo de Falla y sus Efectos).

Para cada modo de falla se deben recopilar todos las tareas posibles para intentar prevenir su ocurrencia, lo que implica acciones proactivas, es decir, que se anticipen a la falla. El autor expone los siguientes tipos de actividades:

- Tareas a condición.
- Tareas de reacondicionamiento
- Tareas de sustitución.
- Tareas "a falta de".

Cada tarea propuesta debe indicar con claridad los parámetros aceptables de condición de cada elemento y la frecuencia con la cual deben ser ejecutadas.

Finalmente los resultados de todas estas actividades se tienen que ver reflejados en indicadores de desempeño, justificables directamente en los costos globales del mantenimiento y obviamente, en la reducción o eliminación de las consecuencias de cada falla.

7. CRONOGRAMA

| FASE | SEMANA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| RECOLECCION DE INFORMACION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCION CONTEXTO OPERACIONAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ANALISIS FUNCIONAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DETERMINACIÓN DE MODOS DE FALLA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DETERMINACIÓN DE EFECTOS DE FALLA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ACCIONES CORRECTIVAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RETROALIMENTACIÓN DE RESULTADOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DOCUMENTACIÓN FINAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

9. BIBLIOGRAFÍA

- Nowlan, S y Heap H. Reliability Centered Maintenance. Departamento de Defensa. Estados Unidos, Washington D.C, 1978. Versión en línea: [http://reliabilityweb.com/ee-assets/my-uploads/docs/2010/Reliability_Centered Maintenance by Nowlan and Heap.pdf](http://reliabilityweb.com/ee-assets/my-uploads/docs/2010/Reliability_Centered_Maintenance_by_Nowlan_and_Heap.pdf)
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). Reliability-Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment. Estados Unidos, 2008. Disponible en línea: <http://www.hq.nasa.gov/office/codej/codejx/Assets/Docs/NASARCMGuide.pdf>
- Moubray, John. Reliability Centered Maintenance, RCMII book. Industrial Press. Inglaterra, 1997.