**CICE 2019. XII SIMPOSIO GERENCIA MODERNA**

**Título**

**Definición de instrucciones de trabajo para la planificación del mantenimiento en la UEB Derivados Heriberto Dusquesne**

***Title***

***Definition of work instructions for maintenance planning in the UEB Derivados Heriberto Dusquesne***

**Rosbel Benítez Sánchez1, Aramis Alfonso Llanes2, José Ramón Castellanos Castillo3**

1-Rosbel Benítez Sánchez. UEB Derivados Heriberto Duquesne, Cuba. E-mail: osney.ramos@ubdheriberto.azcuba.cu

2- Aramis Alfonso Llanes. UCLV, Cuba. E-mail: aramisll@uclv.edu.cu

3- José Ramón Castellanos Castillo. UCLV, Cuba. E-mail: jrcastellanos@uclv.edu.cu

**Resumen:**

El adecuado funcionamiento de las plantas de derivado constituye una tarea de primer orden dentro del grupo AZCUBA como medio de garantizar productos como el alcohol extrafino y los rones que permitan acceder a nuevos mercados, garantizando calidad y confiabilidad en las entregas. Un papel fundamental en el logro de estos objetivos lo constituye el mantenimiento que se le realice al equipamiento, con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento de los procesos fabriles. En este sentido, el trabajo que se presenta tiene como objetivo desarrollar la planificación de esta actividad en la UEB Derivados Heriberto Duquesne, a través de la elaboración de las instrucciones técnicas para el mantenimiento anual, mensual y diario. Lo anterior está motivado porque en la Norma Técnica # 52: 2011 se presentan lasherramientas de Ingeniería de Mantenimiento disponibles actualmente en la Industria Azucarera; sin embargo, no se detalla un grupo de elementos específicos acorde a los requerimientos de la Industria de derivados. En la investigación se detalla, a través de dichas instrucciones técnicas, los procedimientos específicos para la realización de los distintos tipos de mantenimiento a ejecutar en industrias de derivados, así como la base conceptual que contiene desde la definición hasta el esclarecimiento de los objetivos, funciones y características de la organización de dichos mantenimientos.

***Abstract:***

*The proper functioning of the derivative plants is a major task within the AZCUBA group as a means of guaranteeing products such as extra fine alcohol and rums that allow access to new markets, guaranteeing quality and reliability in deliveries. A fundamental role in the achievement of these objectives play the maintenance function, in order to ensure the proper functioning of manufacturing processes. In this sense, the work presented aims to develop the planning of this activity in the UEB Derivados Heriberto Duquesne, through the preparation of technical instructions for annual, monthly and daily maintenance. The foregoing is motivated because Technical Standard # 52: 2011 presents the Maintenance Engineering tools currently available in AZCUBA; however, a group of specific elements according to the requirements of the Derivative Industry is not detailed. In the investigation is detailed, through these technical instructions, the specific procedures for the realization of the different types of maintenance to be performed in derivative industries, as well as the conceptual basis that contains definitions, clarification of the objectives, functions and characteristics of the organization of said maintenance.*

**Palabras clave:** Planificación del mantenimiento; Normas técnicas; Mejoramiento continuo.

***Keywords:*** *Maintenance planning; Technical standards; Continuous improvement.*

**1. Introducción**

En los últimos años ha cobrado real importancia el enfoque del mantenimiento a la mejora continua y prevención de riesgos, que ayuda al trabajo en equipo, y preparación constante para actuar sin dejar caer la producción o servicio (Qian et al., 2018; Abed et al., 2019). El desempeño de la empresa estará en la calidad de mantenimiento que se provea a cada uno de los elementos, es de suma importancia tener una visión a futuro, planificar y programar el mantenimiento para cubrir toda el área en el tiempo, sea a mediano o largo plazo y además reducir costos de repuestos y materiales, para un mejor desempeño (Knofius, Van der Heijden, y Zijm, 2018; Shen, Cui, y Ma, 2018; Pascal et al., 2019; Shan et al., 2019; Yang, Zhao, y Ma, 2019). Por esta razón la Gestión del mantenimiento se encuentra en constante evolución, convirtiéndose en una pieza clave para muchos modelos de productividad (Zheng, Easa, Yang, y Zhenliang Jiang, 2018; Boliang et al., 2019; Pascal et al., 2019; Schreiber et al., 2019).

Con la creación del Grupo AZCUBA fue elaborada, en abril de 2013, la Política para la Organización del mantenimiento en la empresa azucarera y las Unidades Empresariales de Base Central Azucareros y de Derivados, a partir de la cual se ha concebido el Sistema de Gestión del Mantenimiento para la Industria Azucarera. Esta incluye las inversiones, los talleres, instalaciones industriales y establecimientos vinculados a la elaboración de azúcar y los derivados, así como, los componentes, partes, piezas y agregados que requieren del cumplimiento estricto de los principios, normas técnicas y regulaciones que garanticen la calidad y la fiabilidad de los procesos productivos.

A lo largo de la historia de la industria azucarera los derivados han constituido para Cuba un sector de elevados aportes en ingresos y una gran fuente de empleo. Su principal misión es la de lograr la máxima eficiencia en el proceso fabril mediante la racionalización consecuente de su productividad y la diversificación de sus producciones, haciendo un uso óptimo de la energía, los productos intermedios y sub-productos con bajos costos de producción.

La Norma Técnica # 52: 2011 (AZCUBA, 2011), se encuentra encaminada a garantizar un proceso de reparaciones al terminar la zafra donde se vinculen las necesidades de la industria con las ventajas de la ingeniería de mantenimiento, enfocado a, dentro de un nivel de costo aceptable, lograr que el tiempo perdido industrial durante la zafra no supere el 10%. En ello reviste una gran importancia la primera gran etapa del periodo de reparaciones (limpieza, desarme, diagnóstico y conservación).

La UEB de Derivados Heriberto Duquesne perteneciente a la Empresa Azucarera Villa Clara subordinada a la vez a AZCUBA no está exenta de esta situación, a pesar de que en los últimos años se ha caracterizado por cumplir el plan de producción y presenta deficiencias de carácter industrial, donde el mayor peso lo ha llevado el tiempo perdido, compuesto por dos factores fundamentales; las roturas y las interrupciones operativas. Este indicador es de suma importancia en la eficiencia y cumplimiento del plan de producción por lo que trae consigo pérdidas económicas muy altas, debido a que una hora de parada representa 2 200 litros de alcohol dejados de producir equivalentes a $1 800,00.

En la zafra 2013 el tiempo perdido industrial fue el causante del atraso al cumplimiento del plan de producción debido a que de un plan de 10% hubo un real de 16.94%, en el 2014 de un plan de 10% existió un 14.8%, en el 2015 de un plan de 10% el real fue 16.3%, en la zafra 2016 el real fue 14.3% de un plan de10%.

En la actualidad las roturas se presentan repentinamente, paralizando el proceso productivo. Lo anterior lleva a la entidad a tomar medidas de mantenimiento a deshoras y días no laborables, que alteran el normal funcionamiento del proceso industrial, se sobre elevan los gastos de mantenimiento y producción, respectivamente, la capacidad de recursos no cubre la demanda del sistema productivo, y la capacidad de inversión es escasa. Esta situación se agrava si se tiene en cuenta que la UEB no posee un sistema que gestione adecuadamente el mantenimiento industrial.

Todo lo anterior constituye la situación problemática que justifica la presente investigación. En este sentido, el trabajo que se presenta tiene como objetivo desarrollar la planificación de esta actividad en la UEB Derivados Heriberto Duquesne, a través de la elaboración de las instrucciones técnicas para el mantenimiento anual, mensual y diario.

**2. Metodología**

En este apartado primeramente se identificaron las deficiencias encontradas en la Norma Técnica # 52: 2011, las cuales motivan a la realización de nuevas instrucciones. En esta norma no se especifica ningún elemento relacionado con el proceder respecto a un grupo de equipos de las destilerías, como son: calderas compactas, Torre de enfriamiento, Sistema de intercambiadores vinaza-agua y mosto- batición, Pre-fermentadores de batición y fermentadores de batición, Sistema de intercambiadores de Alcohol Técnico A, Alcohol Fino A y Aguardiente, Columnas sistema de Alcohol Técnico A, Alcohol Fino A y Aguardiente.

En correspondencia con lo anterior se decide desarrollar instrucciones para la realización del mantenimiento en diferentes horizontes de tiempo, dígase, el anual, el mensual y el diario. Estas instrucciones contienen los elementos básicos para que sean empleadas por todo el responsable de mantenimiento de entidades de derivados. La estructura de cada una de las Instrucciones (anual, mensual, diario) es la siguiente:

1. Objetivo:
2. Alcance:
3. Términos y Definiciones:
4. Referencias y Bibliografía:
5. Descripción:
6. Etapa de preparación del mantenimiento.
7. Ejecución del mantenimiento de cada equipo
	1. Describe del mantenimiento de aquellos equipos que son genéricos para todas las operaciones de servicios ingenieros y de realización de la producción
	2. Describe del mantenimiento que aquellos equipos que son específicos para las operaciones de servicios ingenieros y de realización de la producción
8. Revisión y control de mantenimiento

**3. Resultados y discusión**

A continuación, se detalla el contenido de una de las tres Instrucciones desarrolladas, en este caso la correspondiente al horizonte mensual.

**Instrucción técnica para el mantenimiento tecnológico mensual**

1. **Objetivo**

Establecer los elementos técnicos necesarios para le ejecución del mantenimiento tecnológico mensual.

1. **Alcance**

A todo mantenimiento tecnológico mensual que se ejecute en la UEB Derivados Heriberto Duquesne.

1. **Términos y definiciones**

**Mantenimiento tecnológico mensual:** es el mantenimiento que se realiza a los equipos de producción que se han planificado al terminar un mes productivo**.**

1. **Referencias y bibliografía:**
* NC - ISO 9000:2015 “Sistema de Gestión de la Calidad - Fundamento y Vocabulario”.
* NC - ISO 9001: 2015 “Sistema de Gestión de la Calidad - Requisitos”.
* Política para la organización del Mantenimiento en la Empresa Azucarera y las UEB central Azucarero y de Derivados abril 2013.
* Norma Técnica #52, 2011.
1. **Descripción**

El mantenimiento mensual se ejecuta una vez cumplido el plan de producción correspondiente al mes. Para la realización del mismo se van a definir tres etapas:

1. Etapa de preparación del mantenimiento.
2. Etapa de ejecución del mantenimiento
3. Etapa de revisión y control de mantenimiento.

A continuación, se describen cada una de ellas:

1. **Etapa de preparación del mantenimiento**

En la última semana de ejecución de la producción el equipo destinado para realizar el mantenimiento a los diferentes equipos realiza un resumen de todas las deficiencias observadas las cuales deben ser incluidas en el programa de reparaciones a efectuar, teniendo en cuenta para esto:

* Los libros de incidencias de las áreas.
* La Norma Técnica # 37, 1964.
* El criterio de los operadores y personal de mantenimiento del área para determinar los equipos que provocaron tiempo perdido y darle la prioridad adecuada.
* La identificación de salideros en tuberías, recipientes y tanques. Durante la última semana de producción proceder a marcar con pintura todos los salideros existentes que no se hubiesen podido reparar durante la operación, de manera que puedan ser fácilmente identificados para su futura reparación.
* Diagnósticos predictivos en etapa de producción.

a) Detector de fallas en rodamiento

Utilizar este servicio en la mayor cantidad posible de equipos fundamentales para detectar e identificar fallos en rodamientos.

Hacer mediciones en cada equipo seleccionado como mínimo en tres momentos de la etapa de producción (inicio-medio-final) para tener elementos de donde se observan cambios en las mediciones que aconsejen proceder a su desarme. Registrar las mediciones de cada equipo y tener controlada la estadística.

b) Diagnóstico de vibraciones

Se contratará el servicio de mediciones a una entidad especializada.

El Grupo de Diagnósticos de las Empresas realizarán los preparativos para efectuar las mediciones.

c) Mediciones de las redes eléctricas

Se realizarán las mediciones eléctricas necesarias en los equipos eléctricos para poder conocer los motores que están sobredimensionados o sub-utilizados.

Se realizarán las mediciones para determinar el factor de potencia existente y poder tomar las medidas correctivas necesarias para no ser penalizados por bajo factor de potencia.

Con esta información se elaborará una lista con los equipos que deben ser desarmados para determinar la reparación y mantenimiento a realizar, estos equipos se priorizaran en el plan de reparaciones en correspondencia al financiamiento existente. El jefe de mantenimiento elabora el cronograma de reparación y mantenimiento a ejecutar que incluye los detalles de tiempo de ejecución, trabajo a elaborar, financiamiento, personal y recursos materiales necesarios.

1. **Etapa de ejecución del mantenimiento**

Se inicia una vez que se encuentre identificado el cronograma de mantenimiento para la ejecución de reparaciones y mantenimientos.

A continuación, se declara la forma de ejecutar el mismo para cada equipo.

**B.1) Descripción del mantenimiento de aquellos equipos que son genéricos para todas las operaciones de servicios ingenieros y de realización de la producción**

Seguimiento técnico de las instalaciones:

* Durante la campaña de producción cada equipo será inspeccionado diariamente para detectar posibles anomalías en su funcionamiento que puedan dañar el equipo, esta labor será realizada por el mecánico del turno y supervisada por el jefe de turno.
* Esta dispuesto y planificado cada 1 000 000 litros de alcohol producido, parar la Fábrica, para dar un mantenimiento a toda la fábrica y reponer así los equipos con problemas o sin solución durante el periodo de operación, así como otros trabajos que deben tener lugar debido al desgaste de los equipos en ese tiempo.
* **Motores eléctricos**

Los motores eléctricos que hayan cogido miel o cualquier otro tipo de materias extrañas que pudieran dañar su aislamiento, será necesario desarmarlos, lavarlos completamente con agua limpia corriente, y si tienen grasa o aceite, debe emplearse nafta o gasolina blanca hasta dejarlos completamente limpios. Posteriormente se le dará calor (en el dispositivo destinado para este fin) y comprobar la resistencia de aislamiento periódicamente con un megger.

Los motores que el diagnóstico indique algún defecto deben ser desarmados para su revisión.

Los motores que hayan tenido que lavarse y secarse producto de la suciedad, deben ser pintados con barniz aislante adecuado.

Los motores que según el diagnóstico de vibraciones presente valores anormales según la norma DIN-ISO-10816 se deben revisar los aspectos siguientes:

1. La correcta alineación de los ejes (dentro de los límites 0.008 – 0.10 mm)
2. La rigidez del motor en el bancazo y de este a la base de concreto.
3. El estado de los coupling y la calidad del ajuste. Eliminar la excentricidad que pudiera existir.
4. Controlar que el mecanismo no introduzca vibraciones en el motor.
5. Chequear la solidez del ajuste del eje del rotor con la laminación.
* **Pizarra general de distribución de energía eléctrica**

Las pizarras eléctricas deben ser sacudidas, todos sus componentes eléctricos deben quedar limpios de todo tipo de suciedad y solucionados todos los defectos encontrados y registrados en el libro de trabajos pendientes.

* **Bombas**

Todas las unidades de bombeo deben ser limpiadas y engrasadas, una vez que se haya tomado nota de los desperfectos que se hayan defectado y las piezas de repuesto que deben reponerse. Se determinará el estado de los impelentes, ejes, sellos, manguitos, etc. (Modelo de trabajos pendientes).

El estado técnico de los rodamientos se diagnosticará por los resultados del análisis de las mediciones realizadas durante la producción, con el equipo de diagnosticar rodamientos o con el VIBROTEST-60, recogidos en el Mainpack.

Según el resultado de este diagnóstico se acometen los trabajos que sean necesarios realizar.

* **Compresores de aire**

Los compresores que estén dañados o que tengan problemas con su funcionamiento y que no puedan ser reparados en la UEB, se contratará este servicio con un taller especializado (ZETI)**.**

El resto de los compresores de la fábrica se les dará el mantenimiento consistente en limpieza con estopa y nafta o petróleo y no desarmarlos si no se cuenta con las piezas necesarias para garantizar su reparación.

**B.2) Descripción del mantenimiento que aquellos equipos que son específicos para las operaciones de servicios ingenieros y de realización de la producción**

* **Columna de alcohol etílico flema**
1. Comenzar el enjuague continuo de la columna con agua proveniente de un fermentador previamente lleno. Tiempo de enjuague 30 min.
2. Una vez concluido el enjuague, se prepara la solución de lavado en el bache de batición con 960 Kg de sosa caustica.
3. Cerrar la válvula de residuales a la entrada de intercambiador y la que va directa a las bombas de residuales, abrir la recirculación de residuales al bache de batición.
4. Comenzar el lavado con la solución de sosa caustica
* Flujo de solución a la columna destiladora --------- 15 m3/h
* Temperatura en el plato de control columna destiladora 100 oC
* Tiempo de circulación de la solución en caliente 8 h y 30 min.
* Tiempo de circulación de solución en frío 3 h.
1. Terminado la circulación de la solución
* Abrir la válvula de residuales a las bombas y arrancarlas
* Mantener el sistema de agua de inyección hasta que esté completamente frio el sistema.
* Enjuague con agua de las columnas 30 min.
* **Condensadores de alcohol etílico flema**
1. Se llena un pre fermentador con agua añadiéndose 200 kg de sosa cautica de limpieza en la paila de la columna rectificadora se calentó esta dilución de agua con potasa a 70 oC y se recirculo en esta columna por un espacio de 12 horas.
2. Una vez concluido este periodo de tiempo se volvieron a añadir dos tanques de potasa a la paila de esta columna se diluyeron con agua y calentaron 70 oC enviando esta dilución a los condensadores primario, secundario y calienta vinos llenándose estos tres equipos.
3. Se enjuago la columna destiladora con agua limpia, se preparó en un pre fermentador una solución de agua acida ajustándole el Ph a 2 con ácido sulfúrico y añadiéndosele 1 kg de permanganato de potasio por cada 1000 litros de esta agua, se envió esta dilución a la paila de la columna Destiladora y se calentó a 70 0C recirculándose por 12 horas.
4. Una vez que la potasa estuvo 12 horas en los intercambiadores de alcohol, se le saco y se enjuagaron estos equipos con agua limpia.
5. Cuando la columna destiladora se recirculo 12 horas con la solución de permanganato, se le saco, se volvió a llenar su paila con la dilución de permanganato existentes en el prefermentador, se calentó a 70 oC y se envió a los tres condensadores superiores.
6. Se enjuagó la columna Rectificadora con agua limpia.
7. Cuando la dilución de permanganato en agua a 2 de Ph cumplió las 12 horas en los condensadores se les saco y se enjuagaron estos equipos con agua limpia.
* **Intercambiador vinaza para calentar agua de alimentar caldera**
1. Cerrar todas las válvulas
2. Abrir drenajes a zanja
3. Enjuagar con agua limpia la parte del agua y la vinaza
4. Llenar los recipientes con ácido clorhídrico al 40% y dejarlos 24 h
5. Enjuagar
* **Caldera**

Semanales

1. Comprobar si están limpias las chapaletas de aspiración del motoventilador de aire.
2. Controlar la estanqueidad de los prensaestopas de la bomba de fuel oíl al quemador.
3. Comprobar la estanqueidad de la caña de pulverización y la válvula reguladora de retorno.

Mensual

1. limpiar el pulverizador y controlar que no esté dañado.
2. Limpiar la carcasa del quemador por fuera y por dentro.
3. Comprobar el paro con los termostatos o presostatos de seguridad de la caldera.
4. Volver a apretar las tuercas de fuel si fuera necesario.
5. Limpieza del sistema de filtro de fuel-oil
6. Empaquetar todas las bombas y válvulas del área
7. Limpieza y ajuste de la instrumentación de campo instalada
* **Controles generales**
1. Verificar el estado de limpieza.
2. Verificar que no haya polvo cerca del ventilador.
3. La temperatura del aire de aspiración debe ser constante.
4. Si existen fugas en los conductos de fuel oíl taparlas.
5. Dejarlo listo para el trabajo.
6. **Etapa de revisión y control de mantenimiento**

El Jefe de Proceso de Realización de la Producción y/o el Jefe de Proceso de Servicios Ingenieros comprueban que las acciones de mantenimiento o reparación ejecutadas fueron conformes con lo requerido para el buen funcionamiento del equipo. De no ser así se tomarán las acciones correctivas necesarias hasta que quede solucionado y se da por concluida las operaciones de mantenimiento al equipo.

**3.1. Mejoras alcanzadas con la implementación**

La implementación de las Instrucciones en la entidad objeto de estudio ha arrojado los resultados que se detallan a continuación: reducción del tiempo perdido industrial por causas de roturas (en el 2017 se alcanzó un 3.21 % y en el 2018 se mejoró al 2.18%), incremento en la eficiencia de la fábrica medida a través de los indicadores siguientes: índice de miel (base 52, 375 kg/hl; física, 353 kg/hl), índice de fuel oil (31.99 kg/hl), energía eléctrica (15.11kw/hl), eficiencia en destilación (95.22 %), eficiencia en fermentación (83.57%) y eficiencia global (79.58 %), índice de levadura (24.79 kg/hl). Todos los resultados muestran mejoramiento respecto a periodos anteriores, lo que demuestra la factibilidad de la propuesta.

**4. Conclusiones**

1. La Gestión integral del mantenimiento industrial es un aspecto que se ha vuelto vital para el adecuado desempeño de las empresas en la actualidad. En este sentido se establecen normativas por parte de los organismos orientadas a organizar de forma armónica su ejecución en las entidades que lo conforman. La Norma Técnica 52 garantiza el cumplimiento de estos aspectos en AZCUBA; sin embargo, adolece de no considerar las entidades dedicadas a la producción de derivados.
2. Las instrucciones técnicas de mantenimiento desarrolladas para los horizontes anual, mensual y diario, permiten solventar la problemática presentada en la Norma Técnica 52 al proporcionar las orientaciones necesarias para garantizar un adecuado mantenimiento del equipamiento en las entidades dedicadas al procesamiento de derivados en AZCUBA.
3. La aplicación práctica de las instrucciones desarrolladas en la investigación ha demostrado la factibilidad de las mismas al alcanzarse un mejoramiento de los principales indicadores de eficiencia en la entidad objeto de estudio.

**5. Referencias bibliográficas**

1. Abed, F. et al. (2019) “Scheduling maintenance jobs in networks”. Theoretical Computer Science. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2018.02.020>
2. AZCUBA (2011) Norma Técnica # 52- Limpieza, desarme, diagnóstico y conservación al terminar la zafra.
3. Boliang, L., et al. (2019) “Optimization of high-level preventive maintenance scheduling for highspeed Trains”. Reliability Engineering and System Safety, Vol 183, p. 261–275. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.11.028>
4. Knofius, N., Van der Heijden, M.C, Zijm, W.H.M. (2018) “Consolidating spare parts for asset maintenance with additive manufacturing”. International Journal of Production Economics. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.11.007.
5. Pascal, V. et al. (2019) “Improvement indicators for Total Productive Maintenance policy”. Control Engineering Practice, Vol. 82, p. 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.09.019>
6. Qian, F. et al. (2018) “Equipment Operation and Maintenance Management of Shanghai Power distribution network after power system reform”. Energy Procedia, Vol. 152, p. 1182–1187.
7. Schreiber, M. et al. (2019) “Integrated production and maintenance planning in cyber-physical production systems”. 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 18-20 July 2018, p. 34–539.
8. Shan, W. et al. (2019) “A knowledge-based machine tool maintenance planning system using case-based reasoning techniques”. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol. 58, p. 80–96. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.01.012>
9. Shen, J., Cui, L., Ma, Y. (2018) “Availability and Optimal Maintenance Policy for Systems Degrading in Dynamic Environments”. European Journal of Operational Research. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.12.029>
10. Yang, L., Zhao, Y., Ma, X. (2019) Group maintenance scheduling for two-component systems with failure interaction, Applied Mathematical Modelling. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.01.036>
11. Zheng, X., Easa, S.M., Yang, Z., Zhenliang Jiang, T.J. (2018) “Life-Cycle Sustainability Assessment of Pavement Maintenance Alternatives: Methodology and Case Study”. Journal of Cleaner Production. https://doi:10.1016/j.jclepro.2018.12.227.