



## La planificación del mantenimiento, su importancia en la gestión de los activos

## Maintenance planning, its importance in asset management

Rogej A. Marrero-Hernández <sup>I</sup>

 <https://orcid.org/0000-0002-9080-8497>

Evert Martínez-Pérez <sup>I</sup>

 <https://orcid.org/0000-0003-2047-3756>

José A. Vilalta-Alonso <sup>I</sup>

 <https://orcid.org/0000-0001-7505-8918>

Vania García-Fenton <sup>I</sup>

 <https://orcid.org/0000-0003-3739-3568>

Milena Basile-Wilson

 <https://orcid.org/0000.0002.7646.8625>

<sup>I</sup> Universidad Tecnológica de La Habana. La Habana, Cuba

Correo electrónico: [rmhernande@ind.cujae.edu.cu](mailto:rmhernande@ind.cujae.edu.cu), [emartinez@ind.cujae.edu.cu](mailto:emartinez@ind.cujae.edu.cu), [jvilalta@ind.cujae.edu.cu](mailto:jvilalta@ind.cujae.edu.cu), [vania@ind.cujae.edu.cu](mailto:vania@ind.cujae.edu.cu)

<sup>II</sup> Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA). Artemisa, Cuba

Correo electrónico: [milenabw28@gmail.com](mailto:milenabw28@gmail.com)

Recibido: 22/06/2022

Aprobado: 09/11/2022

### Resumen

La planificación del proceso de mantenimiento a los activos físicos tiene gran connotación a raíz de las necesidades de aumentar el aprovechamiento de las capacidades productivas instaladas. El objetivo de esta investigación fue analizar el cálculo del fondo de tiempo y su relación con el coeficiente de mantenimiento, como elementos a definir desde la planificación del proceso de mantenimiento a los activos, lo que contribuye a la mejora de la capacidad efectiva y continuidad de los medios de trabajo. El resultado brindó una propuesta de aplicación práctica del valor del coeficiente de mantenimiento, el cual se incorporó al cálculo de las capacidades del proceso. Los resultados se obtuvieron a partir de la aplicación de técnicas y herramientas propuestas para la captación y procesamiento de los datos primario tales como: observación directa, entrevista, análisis de documentos y otros.

**Palabras clave:** coeficiente de mantenimiento, planeación del mantenimiento.

### Abstract

The planning of the maintenance process for physical assets has a great connotation due to the need to increase the use of installed productive capacities. The objective of this research was to analyze

the calculation of the time fund and its relationship with the maintenance coefficient, as elements to be defined from the planning of the maintenance process to the assets, which contributes to the improvement of the effective capacity and continuity of operations of the means of work. The result provided a proposal for the practical application of the value of the maintenance coefficient, which was incorporated into the calculation of the process capabilities. The results were obtained from the application of techniques and tools proposed for the collection and processing of primary data such as: direct observation, interview, document analysis and others.

**Keywords:** maintenance coefficient, maintenance planning.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El estudio del proceso del mantenimiento y su gestión, en Cuba, se ha reorientado a partir de la necesidad de contar con activos confiables, que permitan el desarrollo de los procesos y el mayor aprovechamiento de las capacidades productivas (Duffuaa et al., 2010) [1]. Estas capacidades en el criterio de Martínez (2007), estarán relacionadas con la disponibilidad del activo, reconociéndose como la capacidad del equipo (activo), para llevar a cabo con éxito la función para la que fue diseñado y su disponibilidad funcional en los requerimientos de los sistemas productivos, entre otros aspectos [2].

El estudio de la planificación y planeación proceso de mantenimiento contribuyen desarrollo de estas capacidades. Autores, tales como: Alfonso (2009), Sánchez (2015), la fundamentan por el orden de realización de las actividades de mantenimiento tomando en cuenta la periodicidad (tiempo) [3, 4, 5]. Basándose también en el orden en que se deben realizar los mantenimientos según su urgencia, y la disponibilidad del recurso humano y material necesario para el mantenimiento. Esta planeación en el criterio de Duffuaa (2002) y Marrero (2019), se refiere al proceso que determina anticipadamente todos los elementos requeridos para efectuar una metodología antes de iniciar el trabajo [6, 7, 8, 9, 10]. El proceso de planeación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, la lista de materiales, la requisición de compras, la mano de obra y los estándares de tiempo, entre otros. La óptima planeación se logra conociendo tres principios, precisión, flexibilidad y unidad, para confeccionar el plan de mantenimiento. Al criterio de Duffuaa, R. & Campbell (2000), la planeación y la programación son los aspectos más importantes de una correcta administración del mantenimiento [11].

La investigación se apoya en el criterio de las normas NC ISO 55000: (2014) relacionadas con la gestión de activos, esta plasma los aspectos necesarios para llevar a la organización de estos, desde la etapa de planificación del mantenimiento, a lo largo del ciclo de vida, el cual contempla dentro de sus etapas las de operación y mantenimiento. Según Zapata (2011), la gestión del mantenimiento muestra las especificaciones de los atributos de calidad, y la definición de las capacidades disponibles de los equipos y recursos, aspectos necesarios para el desarrollo de la empresa [12].

Los documentos consultados, tanto nacionales como internacionales, corroboran la necesidad de organizar el proceso de mantenimiento a lo largo del ciclo de vida de los activos, para contribuir al desarrollo de las capacidades productivas de la empresa. En este sentido Marsán et al., (2011), plantea que el equipamiento actualmente llamado activo físico, es un elemento del puesto de trabajo que debe estudiarse y valorar su comportamiento, recibe servicios y se vincula directamente a este [13]. Acevedo, et al. (2015), plantean que el mantenimiento es un elemento importante y diferenciador ya que su forma de organizarse varía en función del desarrollo de las empresas [14]. En Torres y Urquiaga (2007), se ubican a las exigencias técnico-organizativas de la gestión de la producción de las empresas como: capacidad de reacción, dinámica de rendimiento, fiabilidad y estabilidad donde, para esta última se señala para los medios de trabajo la cantidad, el fondo de tiempo, la intercambiabilidad y la sustitución de tecnologías [15].

Según Blanco y Duque (2018) las empresas, especialmente las industriales deben establecer planes de mantenimiento para los equipos y maquinarias (activos físicos), con el fin de corregir a tiempo las posibles fallas que puedan retrasar o paralizar las actividades asociadas a los procesos productivos, para los cuales es necesario garantizar su nivel de operación en los tiempos de mayor demanda y poder cumplir con la entrega a tiempo de los productos al mercado [16].

# LA PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO, SU IMPORTANCIA EN LA GESTIÓN DE LOS ACTIVOS

Ortega y Verona (2004), plantean que los procesos de programación y planeación del proceso de mantenimiento constituyen la base para la sostenibilidad del proceso productivo, permitiendo que los activos sean intervenidos a lo largo de su ciclo de vida [17]. Se evidencia que estos dos procesos dependen por completo del tiempo, y del funcionamiento del activo. Por lo anterior, es necesario estudiar, y dentro de este, analizar aquellos asociados a los tiempos de interrupciones no reglamentadas denominadas de índole técnico-organizativa y las casuales que impactan directamente en la capacidad de producción.

En la bibliografía, se estudia el tiempo, pero el cálculo de la composición del tiempo de avería del activo es un aspecto menos tratado. Causando que no se conoce explícitamente sus componentes y su impacto directo. La mejora en el uso de este tiempo, contribuirá a realizar una mejor planificación de la producción, en función de los tiempos utilizables de la tecnología, asociado al fondo de tiempo del activo para el cálculo de sus capacidades. Esta investigación se realiza para analizar el cálculo del fondo de tiempo y su relación con el coeficiente de mantenimiento, como elementos a definir desde la planificación del proceso de mantenimiento a los activos, lo que contribuye a la mejora de la capacidad efectiva y continuidad de los medios de trabajo

## II. MÉTODOS

Se emplearon métodos teóricos y empíricos principalmente, para la captación y procesamiento de los datos primarios

### Métodos empíricos

Se emplean técnicas propias del campo de la investigación, tales como: búsqueda bibliográfica, recopilación de información primaria, análisis matemático, entre otras. Se obtiene una contribución al cálculo del coeficiente de mantenimiento, a la aplicación del estudio de tiempos. Se hace alusión a las horas de requerimiento tecnológico, como aspecto del fondo de tiempo, que apoya el cálculo de las capacidades de producción.

En este análisis, se evidencia que en el cálculo del fondo de tiempo no se tiene en cuenta la estructura de los tiempos, ni los tiempos de resolución de las averías ocurridas. En esta investigación se utiliza la modelación de los tiempos para realizar el cálculo del coeficiente de mantenimiento ( $K_m$ ), el cual forma parte del fondo de tiempo del activo,  **$F_{te} = F_{Ti}(1 - K_m)$ , según Marsán y et al., (2011)**. El coeficiente estará influenciado por los tiempos de intervenciones planificadas y el tiempo promedio de averías del período anterior.

Este análisis está asociado al porcentaje de tiempo en el que se desarrolla el proceso productivo, en una jornada laboral, enfocado a la organización del trabajo. Sí se orienta desde la gestión de la producción, el cálculo del fondo de tiempo, se relaciona con el tiempo máximo que puede trabajar un proceso en un período dado (año, trimestre, mes, semana, día). En este caso que se enfoca a la producción se logran los tiempos utilizables, que es la porción de tiempo destinada a la producción. Esto aparece en la ecuación (1), Marsán Padilla y et al., (2011)

$$F_{te} = F_{Ti}(1 - K_m) \quad (1)$$

$$K_m = \sum tip + tpa$$

**$F_{te}$ :** Fondo de tiempo del equipo

**$K_m$ :** coeficiente de mantenimiento.

**$tip$ :** tiempo de intervenciones planificadas.

**$tpa$ :** número promedio de averías tecnológicas.

Se evidencia que se puede realizar el análisis desde las dos aristas, **el resultado de este análisis se muestra en la ecuación 1, cálculo del fondo de tiempo.**

### 1. Métodos teóricos

En la utilización del método de trabajo se cita, como base de la investigación el modelo diseñado por Marrero Hernández et al., (2019), en el que se plasman un grupo de aspectos para la conformación de la planeación del mantenimiento, dando como resultado un plan de mantenimiento con los recursos necesarios. En este plan de mantenimiento se utiliza el fondo de tiempo, a lo largo de un año, analizando los recursos y reservas de productividad que este proporciona. En cada una de las etapas del modelo definido, se plantean aspectos relacionados con la utilización del tiempo para la ubicación de las actividades y la toma de decisiones.

Se utiliza como base del estudio, la etapa 3 del modelo donde se plantea la conformación del plan de mantenimiento y la utilización de los tiempos para la planeación a largo y mediano plazo. Se plantea que el

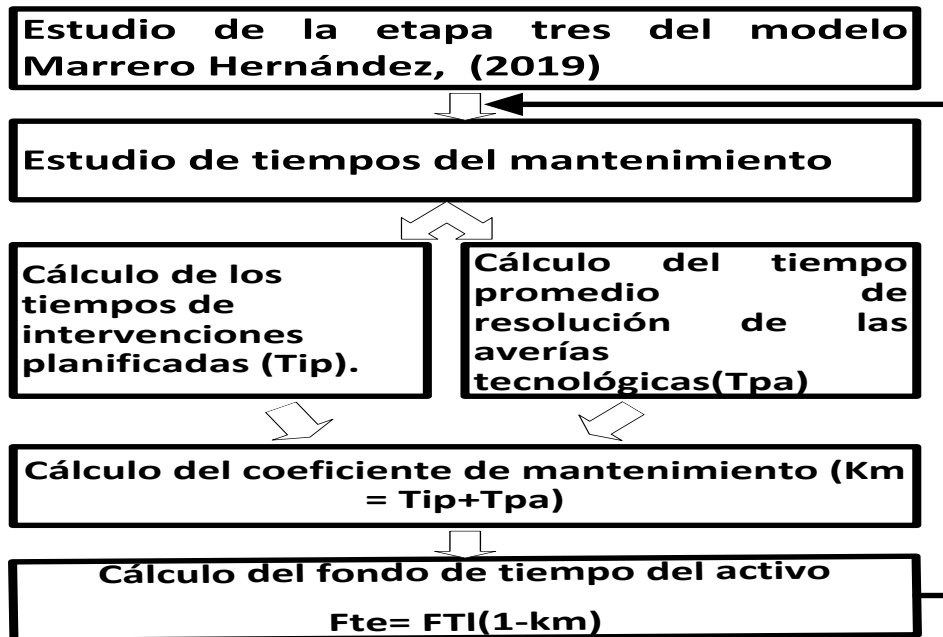
planificador necesita utilizar, técnicas acertadas que le permitan pronosticar, para estimar la carga de mantenimiento, tiempo estándar confiable para los trabajos, requerimientos de personal y otros recursos. En el modelo se representan, las restricciones de tiempo de mantenimiento, de capacidad, de duración del mantenimiento, de período, de mano de obra, y todas en función de ajustar el presupuesto destinado para la actividad en el período que se planifica.

En el modelo, se deja implícita la referencia al fondo de tiempo, pero no se profundiza en el cálculo del fondo de tiempo, para la utilización del activo, lo cual constituye una necesidad teórica a desarrollar en este estudio.

### **III. RESULTADOS**

El estudio bibliográfico realizado y la aplicación de los métodos teóricos y empíricos, se realiza el análisis del fondo de tiempo, como aspecto fundamental para el cálculo de las capacidades, reales y efectivas de producción. Con el objetivo de realizar el estudio se obtienen datos primarios, asociados a los tiempos definidos para las intervenciones de mantenimiento, según lo planificado dentro del ciclo de vida del activo. Estas intervenciones son resultado de la planeación del mantenimiento, en este se definen los tiempos que como promedio se demoran las intervenciones y si son con medios propios o tercerizados.

La estructura de estos tiempos se apoya en su definición, asociados a la realización de los estudios de organización del trabajo y la estructura de la jornada laboral, como parte de los tiempos de interrupción. Estos tiempos deben estar correctamente definidos y ajustados considerando además los tiempos de interrupción por causas no eliminables, por deficiencias técnico-organizativas, entre otros. Se recopilan con antelación los datos de los tiempos, por lo que se propone que los planes de mantenimiento estén diseñados con un año de antelación, para contar con esta información y calcular las capacidades efectivas de producción del próximo período. En la Figura 1, se muestran los aspectos a considerar para llevar a cabo el cálculo del fondo de tiempo del activo, y la descripción de sus aspectos.



**Fig. 1.** Cálculo del Fondo de tiempo del activo

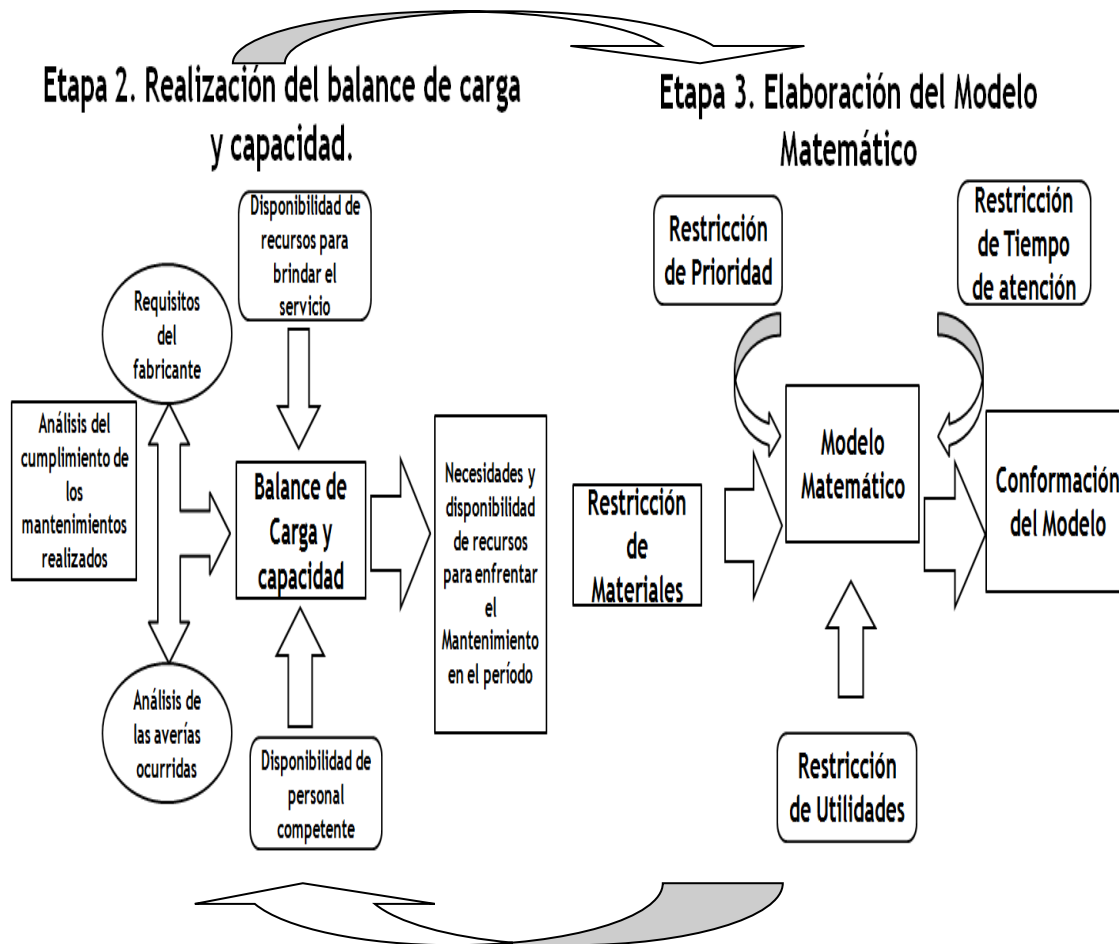
En la figura se establece el nexo de los componentes del fondo de tiempo del activo, estos se evidencian en mayor medida como aspectos que están implícitos en la Etapa 3 del modelo.

#### **1. Estudio de la Etapa 2 y 3 del Modelo para la planificación del proceso de mantenimiento (Marrero, 2015)**

## LA PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO, SU IMPORTANCIA EN LA GESTIÓN DE LOS ACTIVOS

El modelo presentado por Marrero Hernández et al., (2015), muestra cuatro etapas relacionadas con el diagnóstico, balance de carga y capacidad, elaboración del plan y el control del mantenimiento. En estas etapas se concentran aspectos relacionados con la gestión del mantenimiento, relacionando técnicas y herramientas propias de la Ingeniería Mecánica para la captación y procesamiento de los datos obtenidos. En el modelo propuesto, se menciona en las etapas 2: Balance de carga y capacidad y en la etapa 3: Elaboración del Modelo Matemático aspectos relacionados con la cantidad de personal, de activos a brindar mantenimiento como se muestra en la figura 2. Pero en esta investigación no queda explícito el análisis del fondo de tiempo de estos activos.

Debido a esta situación y la importancia que refiere el análisis de los tiempos de trabajo de los activos, para la definición de las capacidades de producción y la continuidad de las producciones, se comienza el análisis del fondo de tiempo de los activos, en especial la forma de obtener el valor del coeficiente de mantenimiento de los activos. Este coeficiente hasta el momento se analiza como el porcentaje de tiempo de la jornada laboral del activo calculado para las intervenciones de mantenimiento, pero no contempla el tiempo que como promedio se dedica a solucionar las averías ocurridas. Este análisis es necesario hacerlo más si las averías son recurrentes por las condiciones técnico organizativas del activo.



**Fig. 2.** Modelo de diagnóstico, planificación y control del mantenimiento  
**Fuente: Marrero Hernández, (2015)**

Dicho modelo en la etapa 3, de los aspectos relacionados con la conformación del plan de mantenimiento tiene como objetivo diseñar el modelo matemático basado en los datos antes

recopilados, para obtener la solución óptima de planeación de los activos en el período. El resultado de esta etapa es la conformación del plan de mantenimiento basado en técnicas cuantitativas. El mismo estará basado en la prioridad de los clientes para recibir el servicio de mantenimiento. Contiene restricciones de tiempo, de capacidad, de duración del mantenimiento, de período, de mano de obra, todas en función de ajustar el presupuesto destinado para la actividad en el período que se planifica. Al conformar el plan de mantenimiento se obtiene las necesidades de recursos para la intervención, pero el tiempo en que estaremos interviniendo aún falta por calcular y en función de este es que puede planificar las producciones de los activos, está junto a la capacidad de responder con rapidez a las averías es la mayor importancia de la planificación del proceso de mantenimiento. Esta capacidad de reacción que se plantea desde la planificación del mantenimiento es relacionada con los aspectos de la resiliencia empresarial.

Autores, tales como: Tapia (2012) y Medina, (2012), se han referido a la resiliencia organizacional y empresarial. Otros como (Quiñonez y Prado, 2017) a la resiliencia sobre la innovación y a los modelos de resiliencia. En criterio de De la Paz y Villavicencio, 2017 y Alave-Alavi, (2018), se aborda el tema de la resiliencia y la reducción de riesgos. En consonancia con estos investigadores, las afectaciones por fallas y paradas de producción, han conducido a la necesidad de introducir el concepto de organizaciones resilientes con respecto al mantenimiento. Lo cual se define como la capacidad de reacción del proceso de mantenimiento, ante la ocurrencia de una parada del activo, con el tiempo de atención del mismo. Este análisis se realizará desde la planificación del proceso de mantenimiento del activo, logrando que, se intervengan los activos que lo necesiten, se defina el fondo de tiempo del activo, se calculen los recursos necesarios, la forma de asegurarlos y los procedimientos claros y precisos.

### **1.1. Estudio de los tiempos del mantenimiento**

Para el cálculo del plan de mantenimiento como resultado de la planeación del mantenimiento, los tiempos en los que se compone el mismo están relacionados con la duración de las intervenciones planificadas y los tiempos promedios de la resolución de las averías tecnológicas. Con el análisis de estas se procede al cálculo del fondo de tiempo del activo, con las correspondientes especificaciones del activo (horas calculadas para funcionamiento, importancia del activo en el proceso productivo, entre otros). A continuación, se explican ambos criterios y sus características.

- **Cálculo de los Tiempos de Intervenciones Planificadas (TIP):** Los valores de TIP se utilizan para el cálculo del Coeficiente de Mantenimiento (Km) si las intervenciones planificadas forman parte de la jornada laboral, lo que constituya la utilización de parte del fondo de tiempo del activo para la producción.

Si el mantenimiento se realiza fuera de la jornada laboral entonces solo se consideran los valores del tiempo promedio de las averías tecnológicas para el valor del Km. En estos casos el coeficiente de mantenimiento (Km) calculado se utiliza como las horas de requerimientos tecnológicos, aspecto que se tiene en cuenta para el cálculo de las capacidades efectivas, y la gestión de la producción. Estas horas de requerimientos tecnológicos, contribuirán al cálculo del Fondo de tiempo utilizable (horas/período) que será la fracción de tiempo de la jornada laboral en que se puede utilizar el activo para producir. Luego de esto se procede al cálculo de los tiempos promedios de las averías tecnológicas que son necesarios disminuir, partiendo del riesgo que este proporciona para la producción asociado a la pérdida de recursos materiales, financieros y humanos.

- **Cálculo del tiempo promedio de resolución de las averías tecnológicas:** La importancia del cálculo del tiempo de averías, es para conocer el tiempo que como promedio me lleve resolverlas y cuanto esto afecte el fondo de tiempo del activo según las averías tecnológicas ocurridas. Lo que constituye una pérdida de tiempo dentro del fondo de tiempo, porque es lo que no debe pasar y es en lo que se debe eliminar con una correcta gestión del mantenimiento. El tiempo promedio de estas averías, se analiza teniendo en cuenta los tiempos de paradas que no formen parte de las paradas de los mantenimientos planificados y roturas de los activos. Se toman los tiempos de las averías ocurridas y se realiza la prueba de normalidad para comprobar la confiabilidad de las observaciones, verificando la calidad de esos datos. Esta prueba es realizada con el uso de R, con un valor de p obtenido es 0,08 y una precisión del 5%, se considera que no hay evidencias

## LA PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO, SU IMPORTANCIA EN LA GESTIÓN DE LOS ACTIVOS

suficientes para rechazar la hipótesis de normalidad y por lo tanto el resultado es válido. Una vez realizado este análisis se procede al cálculo del fondo de tiempo.

- **Cálculo de los Tiempos de Intervenciones Planificadas (Tip):** Este fondo de tiempo se calcula para cada uno de los activos productivos en sentido general, analizando además las características del activo, si es cuello de botella, punto fundamental u otro del proceso. En realidad el fondo de tiempo se calcula anual, por lo que el análisis de las averías se realiza del período vencido, teniendo en cuenta el histórico. Se consideran las averías con sus causas para hacer un análisis completo, lo que permite realizar los cálculos para el período que le sucede, bajo las condiciones técnico-organizativas en las que se desarrollará el activo.

Se muestra en la tabla 1, los resultados del cálculo del fondo de tiempo realizado para el activo crítico de una planta de liofilización debido a la importancia que refiere este proceso para la producción. En esta tabla se muestra otros aspectos relacionados con el cálculo de las capacidades de producción. En esta planta se producen las bases para la producción de vacunas y otros productos, los cuales son la materia prima para comenzar la producción. Una vez producidas las vacunas se vuelve al proceso de liofilización para terminar el proceso y conservar el producto. Como se evidencia el proceso de liofilización está presente al inicio del proceso y al final del mismo, sin este proceso no existe producción de vacunas ni otros productos.

**Tabla 1.** Cálculo del fondo de tiempo

| Aspectos a tener en cuenta                          | Unidades | Medidas                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cantidad de unidades o puestos                      | 1        |                                                                                                                                                               |
| Promedio de turnos                                  | 2        | turnos/día                                                                                                                                                    |
| Horas laborales / turno                             | 5840     | horas/ año                                                                                                                                                    |
| Norma de utilización (desempeño de excelencia) en % | 100      |                                                                                                                                                               |
| Estabilidad del proceso (%)                         | 85       |                                                                                                                                                               |
| Nivel de aceptación por calidad (%)                 | 100      |                                                                                                                                                               |
| Cumplimiento de normas de rendimiento por hora (%)  | 95       |                                                                                                                                                               |
| Horas de requerimientos tecnológicos en el período  | 247,99   | Horas de mantenimiento planificado si se realiza durante la jornada laboral, sino, se utiliza el coeficiente de mantenimiento $K_m = \text{Tip} + \text{Tpa}$ |
| Estado técnico promedio ( <b>B, R, M</b> )          | 1        | Bueno                                                                                                                                                         |
| Nivel de utilización alcanzable (%)                 | 77,3     |                                                                                                                                                               |
| Fondo de tiempo utilizable (horas/período)          | 8395,10  | Horas                                                                                                                                                         |

Fuente: Cálculo de la capacidad de la planta de liofilización, 2019.

Una vez calculado el fondo de tiempo del activo, si es necesario, se vuelve a analizar el estudio de tiempos y las condiciones en las que se realiza este, para corroborar que los tiempos son los que realmente se utilizan para el desarrollo del mantenimiento. Esto demuestra la flexibilidad y la mejora continua en el cálculo del fondo de tiempo.

Este cálculo permite conocer cuánto se demora en resolver las averías, para agregarlo al análisis del fondo de tiempo del activo y este a su vez al cálculo de las capacidades efectivas y la continuidad de la producción. En el estudio evidencia la variación de las capacidades en función del fondo de tiempo

calculado del activo, a continuación en la tabla 2 se muestran los resultados de los valores de capacidad y continuidad.

**Tabla 2.** Resultados de los valores de capacidad y continuidad

| Valores de capacidad y continuidad antes del estudio |                                                      | Valores de capacidad y continuidad después del estudio |                                                      |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Capacidad efectiva                                   | Coefficiente de continuidad de los medios de trabajo | Capacidad efectiva (unidades)                          | Coefficiente de continuidad de los medios de trabajo |
| No se calculaba                                      | No se calculaba                                      | 20375,95                                               | 0,69                                                 |

En el análisis se evidencia que, con la realización de la gestión de la planificación del mantenimiento, se logró medir los tiempos de paradas por averías y estimar los tiempos de paradas por mantenimiento preventivo planificado. El objetivo es calcular el coeficiente de mantenimiento del activo de Liofilización. El cálculo del coeficiente de mantenimiento arroja que si las intervenciones son realizadas dentro de la jornada laboral el  $tip = 224,43$  horas-año/equipos aproximadamente y  $tpa = 100$  horas-año/interrupción-equipos como promedio, por lo tanto, el  $Km = 324,43$  horas-año. Si las intervenciones de mantenimiento se realizan fuera de la jornada laboral entonces solo se considera el  $tpa = 100$  horas-año/interrupción-equipos. Este análisis contribuye esclarecimiento sobre el cálculo del fondo de tiempo efectivo del activo y del cálculo del coeficiente de mantenimiento.

El cálculo del fondo de tiempo, apoya la realización del proceso de planeación del mantenimiento del activo (conformación del plan), con el objetivo de obtener con un año de antelación las necesidades para incluirlas, en el plan de la economía empresarial. Este resultado además favorece el cálculo del ciclo de mantenimiento del activo, a lo largo del ciclo de vida definido y la toma de decisiones en torno a este ciclo. Para este año se calculan las intervenciones que se le debe realizar al activo como son: 2 revisiones y 1 reparación pequeña, para ello se define un tiempo de 247,99 horas, estas intervenciones se realizarán con medios propios. Al conocer estos datos se conoce además que en el período anterior se presentaron 5 averías, de 30 minutos cada una, asociadas a cambios de piezas que conllevan a innovaciones tecnológicas. Se analizan estos aspectos como un riesgo a tener en cuenta, para controlarlo y garantizar que las partes y piezas estarán si volviera a presentarse en el período actual. Lo anterior se muestra en la tabla 3. Ciclo de mantenimiento del activo, calculado para la liofilizadora.

**Tabla 3.** Cálculo del ciclo de mantenimiento del activo.

| Aspectos                   | Valores de las intervenciones | Unidades   | Cálculo de las unidades  | Resultado real | Aproximación por defecto | Cálculo de las unidades |
|----------------------------|-------------------------------|------------|--------------------------|----------------|--------------------------|-------------------------|
| Ciclo de mantenimiento     | 96                            | meses      | Número de intervenciones | 4,8            | $\approx 4$              | Meses                   |
| Revisiones                 | 8                             | U/96 meses |                          |                |                          |                         |
| Reparaciones pequeñas      | 5                             | U/96 meses |                          |                |                          |                         |
| Reparaciones medianas      | 1                             | U/96 meses | Número de reparaciones   | 8              | $\approx 8$              | Meses                   |
| Número promedio de averías | 5                             | U/96 meses |                          |                |                          |                         |

Según el cálculo del ciclo de mantenimiento del activo, se colocan las intervenciones en el espacio de 96 meses, correspondientes a 5 años de explotación. La toma de decisiones estará en función de las

## LA PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO, SU IMPORTANCIA EN LA GESTIÓN DE LOS ACTIVOS

revisiones que se le deben hacer al activo en el cálculo de las intervenciones se necesitan ocho revisiones.

En la tabla 4 se observa la distribución de las intervenciones de mantenimiento, según el cálculo del ciclo de mantenimiento, se colocan las intervenciones en el espacio de 96 meses, lo que se traduce en 5 años de explotación. En esta tabla se distribuyen las intervenciones calculadas en la tabla 3. En el cálculo de las intervenciones se calculan ocho revisiones, pero en el tiempo se ubican nada más que seis, el resto de las revisiones se realizan en dependencia del régimen de trabajo del activo y las condiciones técnico-organizativas en que trabaje oído del criterio de los expertos del mantenimiento de la organización objeto de estudio, Marrero, R., et al., (2022).

**Tabla 4.** Distribución de las intervenciones de mantenimiento

| Ciclo de mantenimiento de una planta de Liofilización |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Año 1                                                 | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|                                                       | G |   |   |   | R |   |   |   | P |   |   |   |
| Año 2                                                 | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|                                                       | R |   |   |   | P |   |   |   | R |   |   |   |
| Año 3                                                 | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|                                                       | M |   |   |   | R |   |   |   | P |   |   |   |
| Año 4                                                 | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|                                                       | R |   |   |   | P |   |   |   | R |   |   |   |
| Año 5                                                 | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|                                                       | R |   |   |   | P |   |   |   | R |   |   |   |

### Leyenda

Reparación general: **G**

Reparación mediana: **M**

Reparación pequeña: **P**

Revisión: **R**

El activo objeto de estudio trabaja como promedio 2 turnos de trabajo, debido a que los tiempos de producción oscilan entre 17 y 24 horas. Las horas laborales por turno se calculan para el año en dependencia de cómo se comportó en el período anterior. Se plantea la norma de utilización del activo de excelencia como caso de estudio, al 100%, con una estabilidad del proceso de un 85%. El nivel de aceptación de la calidad se plantea al 100% con un rendimiento de un 95%. Se introduce en el estudio el análisis, del estado técnico del activo clasificado en bueno, regular y malo, estos valores estarán definidos en función del coeficiente de disponibilidad técnica del activo. El cálculo del fondo de tiempo utilizable del activo, tiene en cuenta estos aspectos y su valor es 8395,10 horas/año, valor que se debe utilizar para el cálculo de las capacidades de producción. Este tiempo utilizable, está relacionado con las variables cantidad de unidades o puestos, el promedio de turnos, las horas de requerimiento tecnológico del período, cumplimiento de las normas de rendimiento por hora y el estado técnico promediado por el nivel de utilización alcanzable.

La investigación se realiza teniendo como referencia el período anterior, para poder tomar decisiones sobre la proyección de la producción del activo a lo largo de su ciclo de vida. Estos valores de tiempo permiten tomar decisiones sobre los tiempos perdidos en las roturas y otras interrupciones tecnológicas que le pudieran ocurrir al activo. Estas interrupciones afectan la producción, por lo que su definición constituye un análisis preventivo para su disminución, estas pueden estar afectadas por el envejecimiento tecnológico o la falta de recursos para el mantenimiento. Pero al identificarlas, constituyen aspectos de mejoras en el cálculo del fondo de tiempo. Estos aspectos constituyen riesgos de la gestión de activos, que impiden que el producto cumpla con los requisitos de calidad, medio ambiente y seguridad.

Se realiza la discusión de los resultados obtenidos de la investigación sobre el cálculo de los coeficientes de mantenimiento y las horas de requerimiento tecnológico y su repercusión sobre el cálculo del fondo de tiempo, la clasificación de los tiempos y su relación con las capacidades de producción.

#### **IV. DISCUSIÓN**

Los valores obtenidos del análisis son resultado del estudio realizado, donde se calculan el tiempo de todas las intervenciones que se realizarán en el período y eso queda plasmado en el plan de mantenimiento. Se analizan los tiempos que como promedio se han dedicado a la resolución de averías en el período y se incorporan al cálculo del fondo de tiempo del activo, específicamente en el cálculo del coeficiente de mantenimiento. Con estos valores se conforma la distribución de las intervenciones a los activos a lo largo del ciclo de vida definido. Estos valores recogen los tiempos ocultos del mantenimiento, que no se contemplan y que por ellos no se definen claramente las reservas de producción de los activos. Es evidente que estos tiempos tienen que ser calculados desde la planificación del mantenimiento, de ahí la importancia de incorporar un grupo de expertos multidisciplinario para la conformación del plan de mantenimiento, asegurando que se definan la mayor cantidad de estos tiempos.

La importancia de definir este fondo de tiempo del activo a partir de la planificación del proceso de mantenimiento radica en que, el mismo se utiliza para el cálculo del coeficiente de capacidad de la producción, siendo el fondo de tiempo directamente proporcional a este. Este coeficiente de capacidad se utiliza para el cálculo de las capacidades de producción, si el cálculo del fondo de tiempo no es el correcto, se incurre en el riesgo de no calcular correctamente la capacidad de producción y con ello los planes de producción de las entidades. Este riesgo trae como consecuencia que se dejen de utilizar reservas productivas de la empresa o se calcule un plan de producción por encima de la capacidad de producción de la entidad. En este sentido se afecta el cálculo de la continuidad de los medios de trabajo donde el fondo de tiempo es inversamente proporcional al coeficiente de continuidad de los medios de trabajo. El análisis de estos valores de capacidad repercute en el cálculo de la eficiencia del proceso de producción de las organizaciones y en la determinación del funcionamiento del activo.

Las entidades de producción que necesiten aplicar este análisis tendrán una aproximación real a la situación de sus activos, gestionándolos y organizándolos para obtener de ellos el mayor rendimiento. Es importante introducir esta forma de calcular el fondo de tiempo real del activo, con ello se obtendrá el cálculo de las capacidades reales de producción de dicho activo y de la entidad en sentido general. De ahí la importancia de realizar un buen proceso de planificación del mantenimiento, porque se definen los recursos y el tiempo aproximado a utilizar en las intervenciones, por tanto, si los cálculos de producción se hacen en función de estos valores, se conocerán las brechas de mejoras y los aspectos a analizar para desde la planificación del mantenimiento obtener la mayor resiliencia del proceso de producción. En este sentido también se permite la toma de decisiones sobre el régimen de funcionamiento del activo lo que permitirá definir si al activo se le brindan mantenimiento, preventivo dentro o fuera de la jornada laboral de producción o no.

Se plantea la importancia de introducir en el cálculo de los tiempos de requerimientos tecnológicos y en el fondo de tiempo del activo, el análisis de los tiempos de resolución de las averías en el período que se va a planificar porque estos modifican el cálculo de los ciclos de mantenimiento. El resultado del fondo de tiempo se incorpora al cálculo de las capacidades de producción y la continuidad de las mismas, lo que contribuirá a disminuir las brechas en el cumplimiento de los planes de producción. Con esta nueva forma se conoce el tiempo en el que el activo estará detenido y no estará funcionando, lo que contribuirá a una mayor resiliencia de la organización con respecto al proceso productivo. En este contexto, se considera el término **resiliencia** que en el criterio Medina Salgado (2012) y Marrero-Hernández (2021), es la capacidad de adaptación de las organizaciones, asociada a las situaciones de crisis.

# LA PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO, SU IMPORTANCIA EN LA GESTIÓN DE LOS ACTIVOS

## V. CONCLUSIONES

1. El cálculo del coeficiente de mantenimiento permite conocer el tiempo, que el activo estará funcionando como promedio en un año. Estos valores estarán asociados a los tiempos de intervenciones planificadas y los tiempos promedios de averías, definidos en la investigación. Esos valores conforman el cálculo del fondo de tiempo del activo para un año.
2. La definición del valor del coeficiente de mantenimiento, para el cálculo de las capacidades en los balances de carga y capacidad, será igual al valor, de las horas de requerimientos tecnológicos en el período necesitado, para el cálculo de las capacidades de producción. Este aspecto no se encuentra explícitamente tratado en la literatura consultada. Estos cálculos apoyarán las condiciones técnico-organizativas, en las que trabajará el activo en el período sucesivo.

El valor del fondo de tiempo calculado es utilizado en el cálculo de las capacidades efectivas y continuidad de los medios de trabajo (activos físicos). Este aspecto no se encuentra explícitamente en la literatura por lo que se define para esta investigación. La variación de capacidad efectiva muestra un valor aproximado de 20375,95 unidades/ciclo con un coeficiente sobre los medios de trabajo de 0,69, estos valores antes no se calculaban y se necesita sus valores para la proyección de la organización. 

## VI. REFERENCIAS

1. DUFFUAA, SALIH; RAOUF, A.; CAMPBELL, JOHN. (2010). "Sistemas de mantenimiento. Planificación y control". Editorial Limusa, México.
2. MARTÍNEZ L. R. (2007). "Organización y Planificación de sistemas de Mantenimiento". Centro de Altos Estudios Gerenciales, Instituto Superior de Investigación y Desarrollo: 135
3. ALFONSO LLANES, A. (2009). "Procedimiento para la asistencia decisonal al proceso de tercerización de la ejecución del mantenimiento". Facultad de Ingeniería Industrial Y Turismo Departamento De Ingeniería Industrial. Villa Clara, Universidad Central Marta Abreu De Las Villas.
4. SÁNCHEZ SÁNCHEZ DE PUERTA, B. A. (2016). "Diseño de un plan de mantenimiento mediante metodología RCM para una línea de valorización de PEBD". Sevilla, Universidad de Sevilla: 123
5. DUFFUAA, S.; RAOUF, A.; DIXON CAMPBELL, J. "Sistemas De Mantenimiento. Planificación y Control". México: Ed. Limusa; 2000. ISBN 978-96-81859-18-3
6. MARRERO, R. (2019) "Modelo para el diagnóstico, planificación y control del mantenimiento". Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría; Ing. 40(2). <http://revistaii@ind.cujae.edu.cu>
7. ONE. Norma Cubana (2015). Gestión de Activos-Aspectos Generales, principios y terminologías ISO 55000:2015. O. N. d. normalización. Cuban National Bureau of Standards, 2015.
8. ZAPATA MADRIGAL, G. (2011). "Propuesta Para la Planificación, Programación, Supervisión y Control de la Producción en Procesos Continuos Desde la Teoría del Control Supervisorio y el Enfoque Holónico". Andes, Universidad de Los Andes: 376.
9. MARSÁN, J; ET AL. (2011), "Organización del trabajo Estudio de Tiempos", tomo II, Editorial Felix Varela, La Habana, Cuba ISBN: 978-959-07-1419-1
10. ACEVEDO, J.; ET AL. "El desarrollo empresarial como base del éxito de la actualización del modelo económico cubano". Revista Cubana De Ciencias Económicas. EKOTEMAS. 1(1) ISSN 2414-4681
11. TORRES CABRERA, T.; URQUIAGA RODRÍGUEZ, A. J. (2007). Fundamentos teóricos sobre gestión de la Producción. ISBN: 978-959-07-0419-2. Editorial. Félix Varela, La Habana.
12. BLANCO CÁCERESA, J. S.; Duque Suárez, O. M. (2018). "Ingeniería de mantenimiento basada en confiabilidad a los equipos altamente críticos de la Empresa Comercializadora LICRATEX C.A." Mundo Fesc 2018, 15 (1): 41-48, Enero/Junio 2018.

13. ORTEGA LORA, M. E; VERONA ORTEGA, E., (2004). "Implementación de indicadores de mantenimiento en el taller industrial ADIFE LTDA", [Revisado: 22 de junio de 2022] Disponible en: <https://www.utb.edu.co/es/facultades-escuelas-institutos/facultad-de-ingenieria/>
14. MARRERO-HERNÁNDEZ, R. A.; VILALTA-ALONSO, J. A.; MARTÍNEZ-DELGADO, E. (2019). Modelo de diagnóstico-planificación y control del mantenimiento. Ingeniería Industrial, 40, No (2): 148-160. [Revisado: 22 de junio de 2022] Disponible en: <https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/949>
15. MARRERO HERNÁNDEZ R. A., O. C. A., GARZA RÍOS R., GONZÁLEZ SÁNCHEZ C., (2014). "Modelo de diagnóstico de procesos aplicado en la comercializadora de artículos ópticos." Ingeniería Industrial 2014, 36(No. 1/enero-abril): p. 29-38. ISSN 1815-5936.
16. TAPIA, G. Las empresas resilientes y la relación con el valor organizacional. Pymes textiles., Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, 2012, pp. 60-267. [Revisado: 22 de junio de 2022] Disponible en: [http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/econ/collection/tesis/document/1501-1236\\_TapiaGN](http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/econ/collection/tesis/document/1501-1236_TapiaGN)
17. MEDINA-SALGADO, S.C., La resiliencia y su empleo en las organizaciones., Gestión y Estrategia 2012, 1(41), p. 29-39. [Revisado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <http://gestionyestrategia.azu.uam.mx/index.php/rge/article/view/86>
18. QUIÑONES R.; PRADO SOLÍS M. (2017). Resiliencia organizacional: ideas para el debate en el contexto ecuatoriano., Dominio de la Ciencia 2017, 3(1), pp. 488-504. [Revisado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6128528>
19. DE LA PAZ, O.; VILLAVICENCIO R., Infraestructura resiliente bajo un enfoque de reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático, Marco conceptual del Proyecto La Paz, cooperación Suiza - Bolivia, 2017, pp. 11-35. [Revisado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: [https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/libro\\_infraestructura\\_resiliente.pdf](https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/libro_infraestructura_resiliente.pdf)
20. ALAVE ALAVI, E. J. (2018). Mantenimiento basado en el Riesgo (MBR), caso: (MCH) Micro Central Hidroeléctrica Risk Based Maintenance (RBM), Revista tecnológica. Facultad de Tecnología – UMSA 2018; 14(3). ISSN 1729-7532
21. MARRERO-HERNÁNDEZ, R. A; SMITH FERNÁNDEZ, A. Diseño del grupo de expertos para contribuir a la gestión de la planificación del mantenimiento. Revista Universidad y sociedad 2022, 14(S1), 97-109. ISSN 2218-3620.
22. MARRERO-HERNÁNDEZ, R. A.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, G.; DE LA PAZ-MARTÍNEZ, E., Procedimiento para la mejora de la planificación del mantenimiento con un enfoque de resiliencia empresarial 2021, 8(4). [Revisado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: [http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro\\_azucar](http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar)

***Los autores declaran que no hay conflicto de intereses***

## **CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES**

**Rogej A. Marrero-Hernández:** Redactó el artículo original, liderándolo y participando a tiempo completo en la investigación, desde la conformación del instrumento, hasta su aplicación en los distintos escenarios, participando en la discusión de los resultados con los directivos, como líder de la investigación.

**Vanía García-Fenton:** Revisó el artículo y participa a tiempo completo en la investigación. El mismo brinda su experiencia como investigador en la conceptualización de la herramienta, trabajando como contribuyente de la investigación.

## **LA PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO, SU IMPORTANCIA EN LA GESTIÓN DE LOS ACTIVOS**

**José Vilalta-Alonso:** Revisión del artículo y participa a tiempo completo en la investigación. El mismo brinda su experiencia como investigador en la conceptualización de la herramienta, trabajando como contribuyente de la investigación.

**Ever Martínez:** Revisión del artículo y participa a tiempo completo en la investigación. El mismo brinda su experiencia como investigador en la conceptualización de la herramienta, trabajando como contribuyente de la investigación.

**Milena Basile-Wilson:** Revisión del artículo la misma brinda su experiencia como directora de Capital Humano de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA), trabajando como contribuyente de la investigación.