

Mejoras al sistema de mantenimiento de los equipos radioelectrónicos de las empresas en el territorio norte holguinero

Improvements to the maintenance system for radio-electronic equipment in companies in northern Holguín

Roberto Johan Sierra Pérez¹, Adrián García González², Arabel Moraguez Iglesias³, Orlando Figueredo Maldonado⁴

DOI: [10.61236/ciya.v9i2.1099](https://doi.org/10.61236/ciya.v9i2.1099)

RESUMEN:

El presente trabajo se enfocó en el análisis de la gestión del mantenimiento de los equipos radio electrónico de las empresas en el territorio norte holguinero (ETNH), se establecieron cambios que contribuyeron a un mejor funcionamiento y desenlace. El sistema aplicado es el Mantenimiento Preventivo Planificado, con resultados aceptables, pero, con márgenes importantes de mejora; que conllevó a introducir cambios en el sistema. Se utilizaron varios métodos a todo el equipamiento tecnológico para facilitar la adquisición de las informaciones que permitieron tomar decisiones, pero enfocados principalmente en los sistemas y elementos de mayor impacto en la aparición de falla de la ROE (Relación de Onda Estacionaria), tales como; Antena, Filtro pasa bajos, Tarjeta de conmutación, Fuente de alto voltaje y Cable coaxial, siendo esta falla la de mayor significación, que permitió determinar la disponibilidad técnica; sobre la base del tiempo medio entre fallas, del tiempo medio para reparar, del costo de mantenimiento y reparación y de las condiciones reales de explotación de los equipos. Las principales herramientas utilizadas son el Análisis de Criticidad, y de Pareto. Con la información disponible a través del uso de estas herramientas se realizaron las propuestas de mejoras, basada en los resultados obtenidos.

Palabras claves: Gestión mantenimiento, disponibilidad técnica, equipos radioelectrónicos..

¹ Universidad de Holguín, Holguín, Cuba: rsierra@uho.edu.cu

² Universidad de Holguín, Holguín, Cuba: ag5050499@gmail.com

³ Universidad de Holguín, Holguín, Cuba: arabel69@gmail.com

⁴ Universidad de Holguín, Holguín, Cuba: orlandof@uho.edu.cu

ABSTRACT:

This paper focused on the analysis of the maintenance management of radio electronic equipment in companies in the northern Holguín region (ETNH). Changes were proposed that contributed to improved performance and outcomes. The Planned Preventive Maintenance system was applied, with acceptable results, but with significant room for improvement, which led to changes in the system. Several methods were used for all technological equipment to facilitate the acquisition of information that allowed for decision-making, but focused primarily on the systems and elements with the greatest impact on the occurrence of SWR (Standing Wave Ratio) failures, such as the antenna, low-pass filter, switching card, high-voltage source, and coaxial cable. This failure was the most significant, and allowed determining technical availability based on the mean time between failures, mean time to repair, maintenance and repair costs, and the actual operating conditions of the equipment. The main tools used are Criticality Analysis and Pareto. With the information available through the use of these tools, proposals for improvements were made based on the results obtained.

Keywords: *Maintenance management, technical availability, radioelectronic equipment*

Recibido 2 de enero de 2025; revisión aceptada 12 de abril de 2025

1. INTRODUCCIÓN

En varias empresas del territorio norte holguinero (ETNH) está establecido el Manual de Aseguramiento Técnico de los Equipos Radio-electrónicos [1]. Se observa que contiene actividades y acciones con rangos importantes de mejora, para el desarrollo de las actividades de mantenimiento y reparación de estos equipos [2].

Se aprecia que en el plan de mantenimiento y reparación utilizada no se incluyen los métodos científicos y tecnologías características de gestión del mantenimiento y la fiabilidad según varios autores [3], [4], [5].

Sobre esta base se señalan algunos indicadores como la disponibilidad técnica [5], los análisis de criticidad, gastos de mantenimiento y reparación [6]. Estas irregularidades se aprecian en algunos modelos del control como: las órdenes de trabajo y el plan de ejecución de mantenimiento.

Durante el periodo, los equipos estudiados han pasado diferentes etapas en su explotación; tiempos elevados de trabajo y restauración, estado técnico de bueno a regular y malo; incluso ha conllevado a bajas técnicas; e influye además la obsolescencia; [2], [4]. La ausencia de un

CIYA. Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, vol. 9 n° 2, julio-diciembre de 2025, pp. 111-132

seguimiento y registro efectivo disminuye el conocimiento y control para la ejecución de mantenimientos seguros, manejo óptimo de recursos, repuestos y los costos.

En el trabajo se expone como mejorar el sistema de mantenimiento de los equipos radioelectrónicos en las ETNH, garantizando la sostenibilidad en elevar la disponibilidad técnica. Durante la explotación ocurren paradas del servicio, por la aparición de fallas técnicas de manera frecuente. Se señala en algunas ocasiones la inestabilidad de abastecimiento de piezas de repuestos y otros recursos.

Aunque la frecuencia de ocurrencia de falla no es elevada, se observa que el mayor nivel de afectaciones está en los elementos: antena, tarjeta de conmutación, filtro pasa bajos, fuente de alto voltaje y cable coaxial principalmente; estos elementos son los que influyen directamente en la falla de ROE [2].

Según [7] para entender el concepto de la ROE, hay que considerar que la transferencia de potencia desde la fuente (transmisor) hasta la antena debe ser enviada por una guía de onda; que debe tener algunas características que permitan el máximo de transferencia, y está supeditado a las características del material empleado, la antena, la fuente, y lo más importante, si todo este conjunto está acoplado para evitar las pérdidas de señal.

Una instalación razonable debe tener una ROE inferior a 2 en todos los canales, mientras que una relación de 3 es peligrosa y por ningún motivo se debe transmitir, porque se pueden dañar varios componentes del equipo.

Cuando una línea no está acoplada, es decir, terminada en su impedancia característica, parte de la energía incidente sobre la carga es reflejada hacia el generador. Los valores óptimos de trabajo de la ROE se consideran en el rango de 1.10 a 1.27; donde la guía de onda es la de mejor acople, haciendo que una mínima parte de la onda que viaja a la carga no se devuelva a la fuente.

Como desenlace según [2] se aprecia que existen irregularidades en la aplicación del Sistema Mantenimiento Preventivo Planificado, el cual puede ser mejorado influyendo en el funcionamiento de los elementos tales como; Antena, Filtro pasa bajos, Tarjeta de conmutación, Fuente de alto voltaje y Cable coaxial, que provocan fallas de la ROE siendo esta la rotura que ocurre con mayor frecuencia; y se alteran además los valores de los indicadores de tiempo medio entre fallas, del tiempo medio de restauración, del costo de mantenimiento y reparación, que determinan la disponibilidad técnica en los equipos radio electrónicos de las ETNH.

Nótese, que esto puede mitigarse con el perfeccionamiento del sistema de mantenimiento aplicado a los equipos radio electrónico de las ETNH. Se considera lo planteado el principal problema científico a investigar.

Objetivo

Mejorar el sistema de mantenimiento a los equipos radioelectrónicos de las Empresas del Territorio Norte de Holguín (ETNH); para aumentar su disponibilidad técnica y la calidad exigida; con un nivel óptimo de la Relación de Onda Estacionaria (ROE).

2. METODOLOGÍA

2.1. Enfoque para ejecutar las mejoras al sistema de mantenimiento de los equipos radioelectrónicos de las ETNH

Para lograr la mejora al sistema de mantenimiento establecido a los equipos radio electrónicos de las ETNH según [8] y [9] en la realización de intervenciones con carácter profiláctico; con programación para disminuir la cantidad de fallas aleatorias. El accionar preventivo introduce nuevos costos; en el que se reducen los gastos y la cantidad de las reparaciones.

Se planifican inspecciones para la detección del estado técnico del sistema y sus elementos e indicaciones de acciones correctoras, monitoreo discreto o continuo y cercano al estado límite de los elementos o sistema; que aprovecha al máximo su vida útil. Según [10], la frecuencia de las tareas de Mantenimiento Predictivo no tiene nada que ver con la frecuencia de la falla, ni con la criticidad, pero en este trabajo se incluye el análisis de criticidad.

La frecuencia se basa en que la mayoría de las fallas no ocurren repentinamente; y en muchos casos, es posible detectar que la falla ha comenzado en los estadios finales del deterioro [11], [12], [13], [8]. Para cada caso se seleccionan estrategias y acciones racionales y se diseñan tareas para verificar si algo aún funciona “verificación funcional” o “tareas de búsqueda de fallas” [14].

Otros autores han escrito sobre estrategias de mantenimiento, independientemente de la esfera de producción, se hace referencia a tres sistemas (estrategias) principales: Sistema Correctivo, Sistema Preventivo, Sistema Predictivo [9], [5]; estas estrategias se incorporan en esta investigación para el logro de mejoras en la explotación de los equipos y sus elementos componentes de las ETNH.

Según [3], compartido con los autores de este trabajo, hay tres elementos que son la razón de ser de la gestión del mantenimiento: los recursos materiales, los recursos financieros y los

CIYA. Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, vol. 9 n° 2, julio-diciembre de 2025, pp. 111-132

recursos humanos. En este artículo se hace hincapié en los recursos materiales y los humanos principalmente.

Según [4] la herramienta de medición más usada se le llama “indicador”; dato o información que se usa para evaluar una actividad o elemento al interior de la organización según su desempeño; que comúnmente en la gestión del mantenimiento los indicadores más relevantes.

Un indicador de mantenimiento, en términos generales, es la medida cuantitativa o la observación cualitativa, que permite identificar cambios en el tiempo y cuyo propósito es determinar que tan bien está funcionando un sistema, dando la voz de alerta sobre la existencia de un problema y permite tomar medidas para solucionarlo.

Una vez se tenga claridad sobre la causa que lo generaron, según [2] se usan para esta investigación: Análisis de Criticidad, y el Análisis de Pareto. También otros autores como [15] utilizan otros indicadores para distintos equipos, se emplean en los equipos radioelectrónicos de este trabajo, como: Coeficiente de Disposición Técnica, Tiempo medio entre fallas, Tiempo medio de restauración.

Según [16], [17] y el de los autores de este trabajo, consideran que el mantenimiento preventivo y correctivo es primordiales en toda empresa dedicada a la radiodifusión, lo cual le permitirá mantener el equipo en buenas condiciones y mejorar su explotación.

Se muestra el comportamiento de tanto las intervenciones preventivas como las correctivas en el periodo entre el 2021 y hasta el 2023.

Tabla 1. Comportamiento de las intervenciones preventivas y correctivas en el periodo 2021 a 2023

Año	Intervenciones Preventivas	Intervenciones Correctivas	Total de Intervenciones
2021	66	32	98
2022	65	22	87
2023	66	22	88
Total	197	76	273

Se identifican las fallas más comunes, sus causas, el periodo de ocurrencia y otras peculiaridades como las posibles soluciones y recomendaciones.

2.1.1. Caracterización de los equipos radioelectrónicos de las ETNH

Los equipos radioelectrónicos de las ETNH indistintamente según el sistema están compuestos por varios elementos, agregados y equipos con sus respectivas funciones como sigue:

- PC: su función es controlar el funcionamiento del equipo a través de un software diseñado para tal efecto, Modem de comunicación; su función es lograr la comunicación entre el equipo y el mando superior,
- Transmisor: es el dispositivo de mayor importancia, su función está relacionada con la generación de las señales de radio.
- Amplificador: su principal función es elevar los niveles de potencia de la señal a transmitir (para E2).
- Fuente de alimentación del Amplificador: su función es generar los voltajes necesarios para el correcto funcionamiento del amplificador (para E2)
- Línea de transmisión (Cable Coaxial): a través de este viajan las ondas electromagnéticas desde el transmisor y hasta la antena.
- La Antena: es un dispositivo transductor y su principal misión es irradiar las ondas electromagnéticas al espacio.

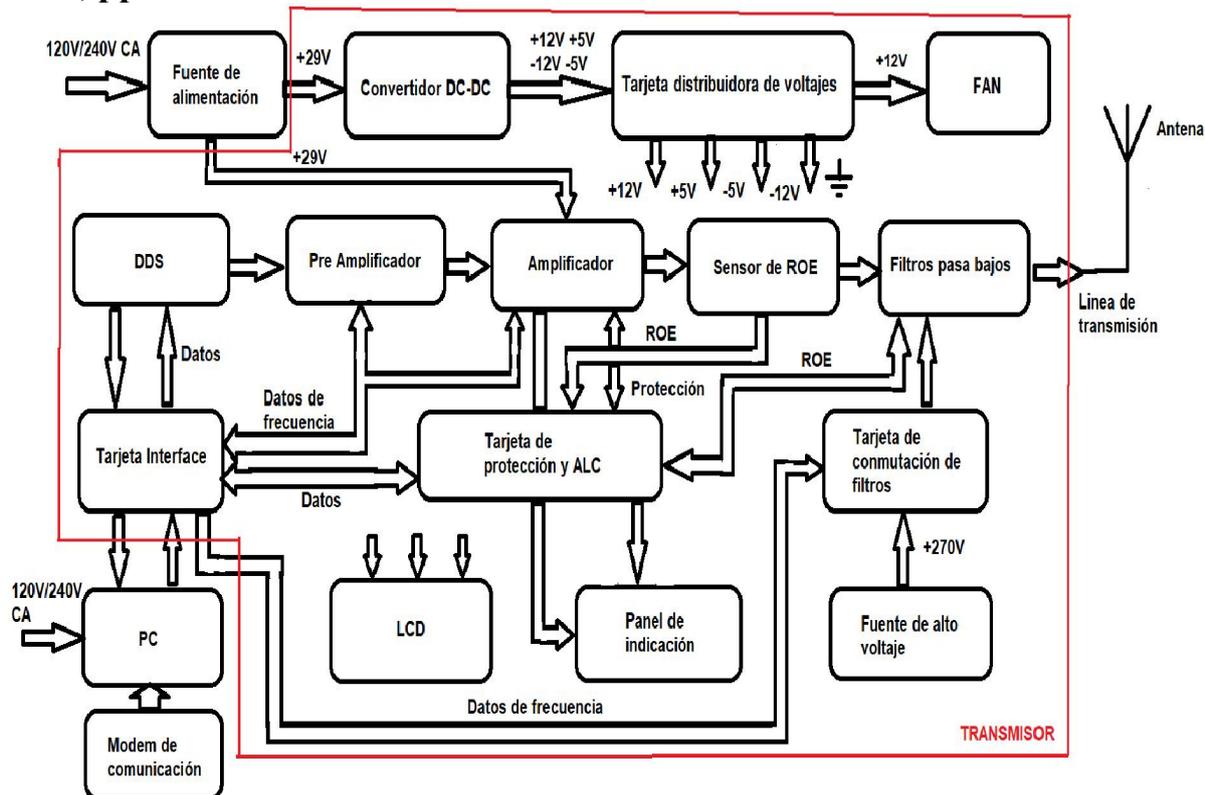


Figura 1. Esquema en bloques del equipo radioelectrónico E1. Fuente: elaboración propia

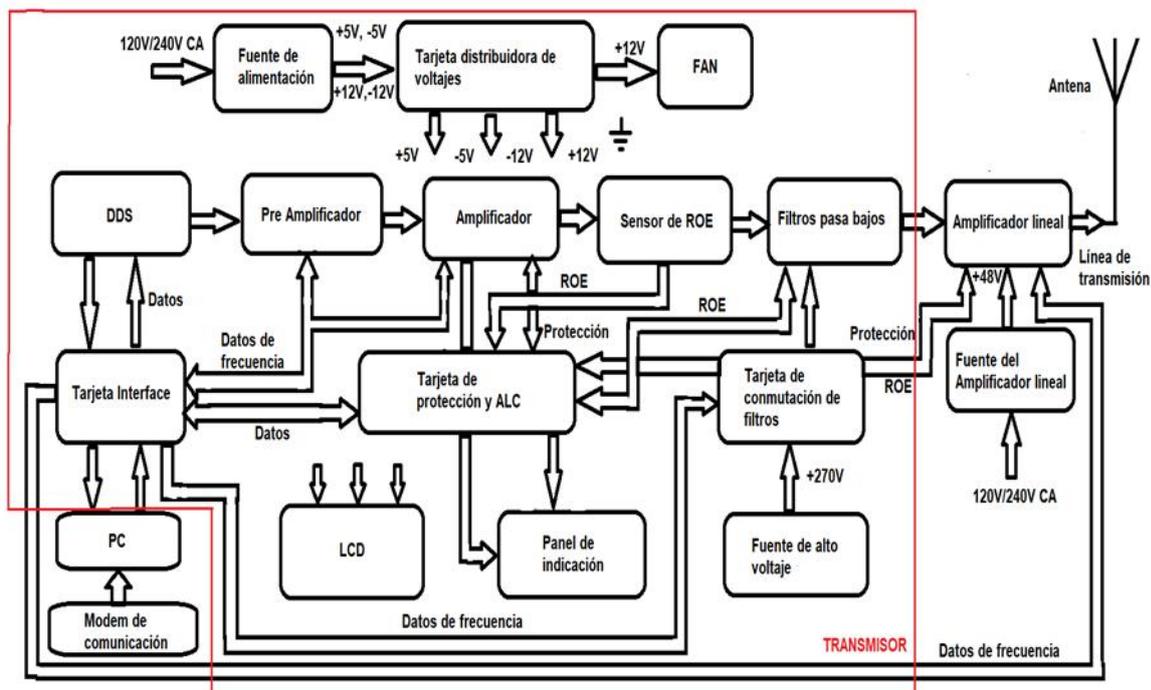


Figura 2. Esquema en bloques del equipo radioelectrónico E2. Fuente: elaboración propia

Existen dos tipos de equipos, E1 y E2, los cuales son similares. Cumplen con la misma función y la diferencia entre ellos es que E2 tiene a su salida un amplificador lineal con su fuente con el objetivo de elevar la potencia de su señal a la salida.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Desarrollo de las principales etapas

Se desarrollan varias etapas que integran el proceso de mejoras al sistema de mantenimiento de los equipos radioelectrónicos de algunas de las empresas en el territorio norte holguinero (ETNH). Mediante el uso de la información obtenida y el empleo de herramientas como el Análisis de Criticidad, y el Análisis de Pareto, se realizan las propuestas de mejora basada en datos estadísticos y análisis de factibilidad de las mismas. Se realiza la argumentación de cada etapa.

Etapas del proceso de mejoras al sistema de mantenimiento de los equipos radioelectrónicos en las ETNH:

1) Diseño conceptual de un sistema informativo y de gestión de la información.

Inicialmente se elabora una base de datos en la hoja de cálculo Microsoft Excel. Una vez, determinados los indicadores a evaluar y los diferentes métodos a desarrollar se escoge la información a registrar en dicha base de datos. Entre esta se destaca: el número de orden, ubicación y fecha de rotura, tipo de equipo afectado, tipo de rotura ocurrida, causas de la rotura, componente afectado, frecuencia de roturas y las observaciones. A continuación, se muestra un ejemplo y en este caso las roturas ocurridas en el año 2022.

Tabla 2. Resumen de desperfectos técnicos año 2022

No	Ubicación	Denominación del medio afectado	Desperfecto o Rotura	Causas	Componente afectado	Frecuencia de Rotura	Observaciones	Tiempo total de reparar
1	U3 (08/01/22)	E2	Falla ROE	Se puso de baja Fuente de alto voltaje, FPBCS, TCF	Diodo PIN	1	Cambio de diodo PIN y Transistor ZTX853 Se dio	2h

							mantenimiento a la Ax	
2	U9 (26/02/22)	E1	No arranca el SO	Cables de datos y alimentación del disco duro con falsos contactos	Cables de datos y alimentación de motherboard	1	Se restablecen las conexiones de los cables de datos y alimentación	30m
3	U2 (26/02/22)	E2	No se reconoce el dardo	SO defectuoso	Disco duro	1	Se reinstala el SO y demás software	2h
4	U3 (17/03/22)	E2	Falla ROE	Antena en MET	Tensores superiores y radiales	2	Debido al clima agresivo ya que está cerca de la costa. Se realiza el MT-3, quedando todo en CDC	6h
5	U1 (01/04/22)	E2	No hay alta potencia a la salida	Cable de banda del Tx al VL100 en MET	Cable de banda	1	Se repara el cable de banda	20m
6	U1 (12/05/22)	E2	Protección por ROE	FPBCS defectuoso	Diodos PIN	2	Se cambian varios diodos PIN	1h
7	U8 (16/06/22)	E2	Falla de comunicación	PC en MET	Motherboard	1	Se sustituye la PC, se reinstala SO.	2h
8	U5 (24/06/22)	E1	Falla de comunicación	Descarga eléctrica	Motherboard y Modem	1	Se cambia el modem con su cable además de la Mother	2h30m

CIYA. Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, vol. 9 n° 2, julio-diciembre de 2025, pp. 111-132

							Board a la cual se le dañó el puerto de comunicación con el modem.	
9	U2 (06/07/22)	E2	Protección por ROE	Antena en MET	Condensador de la antena	2	Se repara la antena	5h
10	U4 (13/07/22)	E2	No inicia la PC	SIST. OP defectuoso	Disco duro	1	Se reinstala el SO	2h
11	U1 (20/07/22)	E2	Protección por ROE	Antena en MET	Condensador de la antena	3	Se repara la antena	5h
12	U7 (13/08/22)	E1	No irradia	Dardo en MET	Optoacopladores	1	Se cambian varios optoacopladores	1h
13	U3 (08/09/22)	E2	Fallo en la comunicación	SO defectuoso	Disco Duro	3	Se reinstala el SO	2h
14	U11 (09/09/22)	E2	Equipo protegido por temperatura	Aire acondicionado en MET	Aire acondicionado	1	Se cambia el aire acondicionado	20m
15	U4 (09/09/22)	E2	No hay señal de video al monitor	Puerto VGA en la Mother Board en MET	Motherboard	2	Se cambia la MotherBoard. Se reinstala el SO	3h
16	U6 (21/09/22)	E1	Fallo de Tx y comunicación	PC en MET	Motherboard	1	Se cambia la MotherBoard. Se reinstala el SO	3h
17	U4 (28/10/22)	E2	No hay enlace de comunicaci	SO defectuoso	Disco duro	3	Se reinstala el SO	2h

			ón					
18	U5 (28/10/22)	E1	Fallo en la comunicación	Modem en MET	Modem	2	Se sustituye el modem	20m
19	U5 (02/11/22)	E1	Fallo de Tx	Fuente del Tx y Bloque de potencia de baja	Caja reguladora, transistor 2SC2510	3	Se reparan la fuente y el bloque de potencia	4h
20	U4 (16/11/22)	E2	No hay enlace en la comunicación	Mother Board de baja	Motherboard	4	Se cambia la MotherBoard. Se reinstala el SO	3h
21	U2 (24/11/22)	E2	Fallo en la comunicación	Mother Board de baja	Motherboard	3	Se cambia la MotherBoard. Se reinstala el SO	3h
22	U1 (12/12/22)	E2	Fallo de ROE	Cable coaxial en MET	Cable coaxial	4	Se sustituye el cable coaxial se sustituye además el aire acondicionado que se encontraba defectuoso	4h
23	U3 (24/12/22)	E2	Fallo en la comunicación	Modem defectuoso	Modem	3	Se sustituye el modem	20m

2) Cálculo de los indicadores de funcionalidad

En la base de datos desarrollada por el maestrante se aprovechan las bondades que brinda la hoja de cálculo Microsoft Excel, se calculan los siguientes indicadores de funcionalidad: tiempo medio entre fallos, tiempo medio de reparación, disponibilidad técnica y la tasa de fallos de forma automática.

Tabla 3. Cálculo de los indicadores de funcionabilidad

Ubicación	Cantidad de fallos	TMEF (días)	TTR (horas)	TMPR (horas)	Disponibilidad técnica (%)	Tasa de fallos (averías/día)
U1	6	182.50	13.20	2.2000	98.81	0.005479
U2	5	219.00	22.00	4.4000	98.03	0.004566
U3	9	121.70	14.40	1.6000	98.7	0.008219
U4	8	136.90	22.00	2.7500	98.03	0.007305
U5	10	109.50	25.40	2.5400	97.73	0.009132
U6	6	182.50	16.05	2.6750	98.55	0.005479
U7	10	109.50	21.00	2.1000	98.11	0.009132
U8	3	365.00	6.00	2.0000	99.45	0.002739
U9	3	365.00	3.30	1.1000	99.69	0.002739
U10	4	273.80	10.30	2.5750	99.06	0.003652
U11	3	365.00	4.20	1.4000	99.61	0.002739
UR	1	1095.00	2.00	2.0000	98.81	0.000913
Total	68	3525.4	159.85	27.34	1184.58	0.062094

3) Determinación de las fallas más comunes. Análisis del método de análisis o diagrama de Pareto en los equipos radioelectrónicos de las ETNH

Se evalúan las fallas ocurridas y se define cuáles son los sistemas, subsistemas y elementos que más fallan y provocan mayor impacto. Para ello, se utilizan métodos de análisis, tales como, Pareto para definir principales sistemas y luego criticidad para cuantificar y definir los elementos que al fallar provocan mayor afectación. El análisis se inicia con la ilustración del comportamiento de los tipos de roturas en el periodo evaluado. Esta información se muestra primero en forma de tabla resumen donde aparecen todos los tipos de roturas posibles, luego se representa en forma de gráfico para dar una mejor visión del comportamiento de las mismas.

Tabla 4. Tabla resumen por tipos de roturas

Desperfecto o rotura	Tipo de rotura	2021	2022	2023	Total	2021	2022	2023	Total	Total general	%
Fallo de ROE	R1	2	0	4	6	4	6	1	11	17	21.5%
No hay voltajes de alimentación	R2	2	0	0	2	0	0	0	0	2	2.5%

CIYA. Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, vol. 9 n° 2, julio-diciembre de 2025, pp. 111-132

en el Tx												
El Tx no irradia	R3	7	1	0	8	3	0	0	3	11	13.9%	
No se inicia el SO	R4	1	1	5	7	1	1	1	3	10	12.7%	
No da video la PC	R5	1	0	0	1	1	1	0	2	3	3.8%	
Fallo en la comunicación	R6	2	3	1	6	2	6	1	9	15	19.0%	
Protección por temperatura	R7	0	0	0	0	1	1	0	2	2	2.5%	
No enciende el monitor	R8	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1.3%	
Fallo del DDS	R9	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1.3%	
No enciende el Tx , fuente en MET	R10	1	0	5	6	0	0	0	0	6	7.6%	
No se reconoce la interface	R11	1	0	1	2	0	1	1	2	4	5.1%	
Ax en MET	R12	1	0	1	2	0	1	0	1	3	3.8%	
No hay potencia a la salida	R13	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2.5%	
Conflicto entre software	R14	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1.3%	
No hay enlace entre el Tx y la PC	R15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%	
PC en MET	R16	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1.3%	
TOTAL DE ROTURAS	TR	18	5	18	41	14	18	6	38	79		

			<i>Para E1</i>				<i>Para E2</i>				
--	--	--	--------------------	--	--	--	--------------------	--	--	--	--

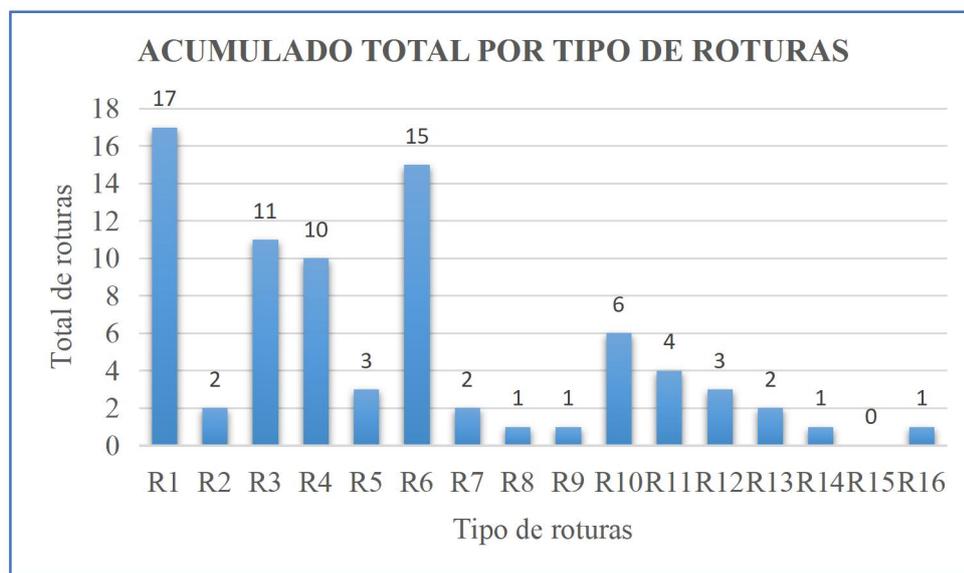


Figura 3. Acumulado total por tipo de roturas

Existen cuatro tipos de roturas que destacan por la cantidad de ocurrencias. En primer lugar, R1 la cual está relacionada al fallo por ROE, que tiene un peso significativo y es de vital importancia, seguido de R6 relacionada con el fallo en la comunicación y por último R3 y R4 relacionadas con el fallo de transmisión y el de inicio del sistema operativo respectivamente. Si se aprecia con detenimiento, R1 y R6 son las que resaltan con mayor peso. Se aplica el método de análisis de Pareto para determinar los tipos de roturas más comunes por los fallos ocurridos.

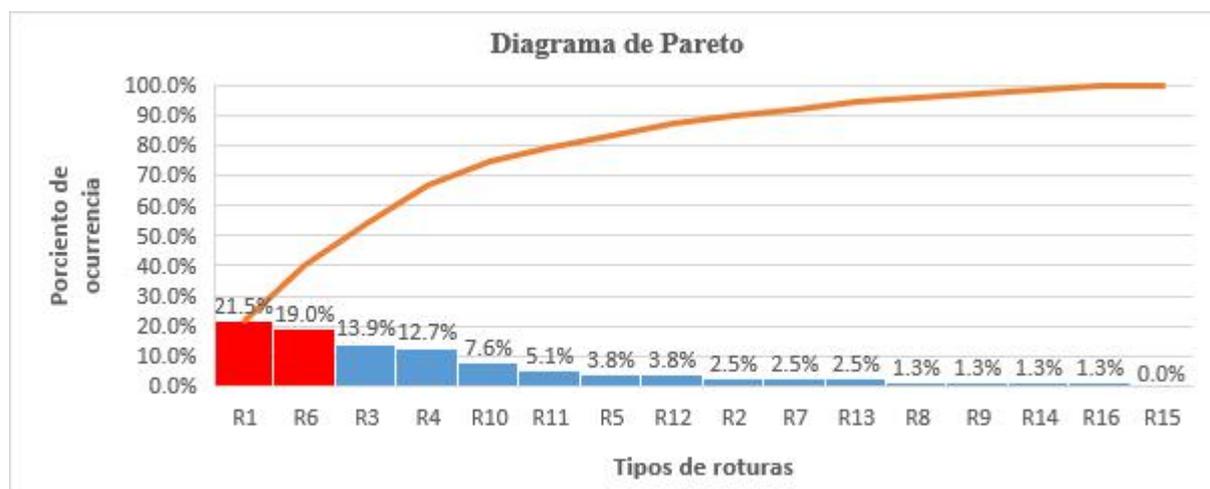


Figura 4. Diagrama de Pareto para los sistemas según el tipo de fallo (rotura). Fuente: elaboración propia

CIYA. Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, vol. 9 n° 2, julio-diciembre de 2025, pp. 111-132

Es importante agregar que el tipo de rotura R6 una vez que ocurra, no detiene el funcionamiento del equipo, el mismo sigue cumpliendo sus funciones. No siendo así el caso de R1 que si detiene el funcionamiento del equipo e incluso una vez que esta rotura ocurre hasta podría dañar algunas partes componentes de este, por lo que el desarrollo del trabajo se concentrará en los subsistemas relacionados a R1 (Fallo de ROE). A continuación, se representan en forma de tabla los subsistemas que están relacionados a este tipo de fallo.

Tabla 5. Subsistemas con registros de fallos relacionados al fallo R1. Fuente: elaboración propia.

Lugar			Fallos	
	Subsistemas	Elemento	Cantidad	TTR (h)
R1 (Fallo de ROE)	Antena	Tubo radiador 5m	2	10
		Tramo de mástil 1.5m	2	2
		Tensor de sujeción	3	6
		Aislante RF	4	4
		Tubo inferior con conector PL	2	4
	Filtro pasa bajos	Diodo PIN	6	10
		Condensador y bobina del FPBCS	4	12
	Tarjeta de conmutación de filtros (TCF)	Transistor ZTX853 TCF	3	6
	Fuente de alto voltaje	Transistor ZTX853 Fuente	2	4
	Cable Coaxial	Cable coaxial con conector PL	1	1
	Cable Centronics	Cable con ficha de conexión	1	2

1) Análisis de criticidad en los equipos radioelectrónicos en las ETNH

Por su parte [18], [19] y otros, examinan diversos métodos desarrollados para llevar a cabo el análisis de criticidad y los criterios asumidos. Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

Donde:

Consecuencia

$$= (\text{Impacto Operacional} + \text{Flexibilidad Operacional} + \text{Costo de reparación} + \text{Impacto en seguridad ambiental y humana})$$

Los resultados del cálculo se representan en un gráfico de barras, donde se determinan los elementos de alta criticidad. La distribución de barras, en la mayoría de los casos, permitirá establecer de forma fácil tres zonas específicas: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Esta información es la que permite orientar la toma de decisiones, focalizando los esfuerzos en la zona de alta criticidad (Ing. Rosendo Huerta, El Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. Publicado en Internet por Club_mantener@sinectis.com.ar).

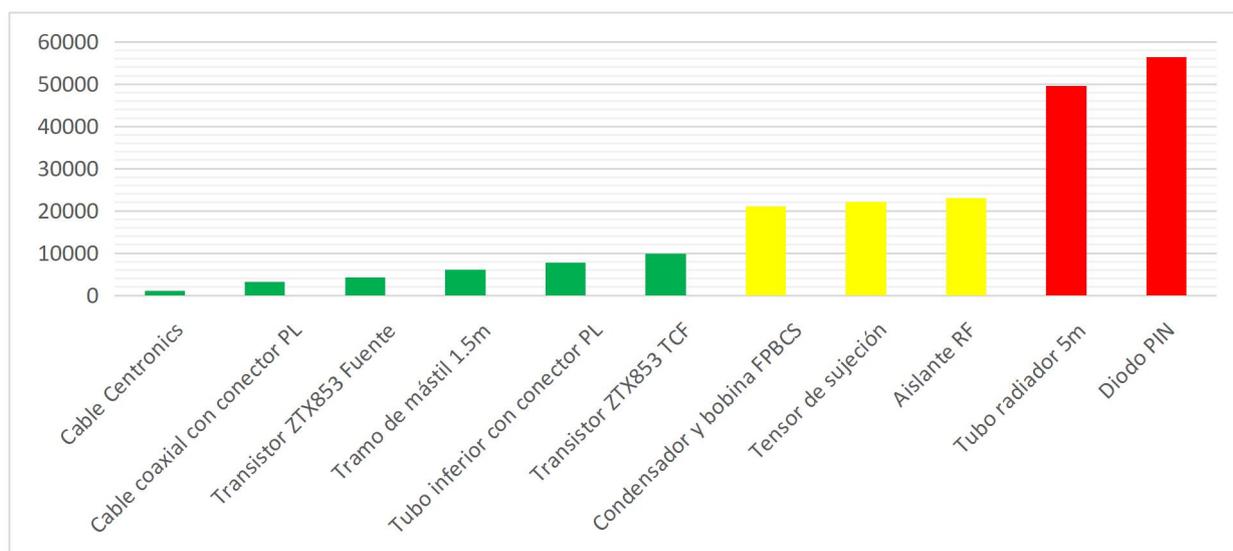


Figura 5. Valores de criticidad de los elementos relacionados al fallo R1. Fuente: elaboración propia

2) Propuesta de cambio en el sistema de mantenimiento

Este trabajo ha logrado aplicar una serie de procesos y actividades mediante la selección de estrategias y herramientas y técnicas (que ayudan a monitorear, diagnosticar y optimizar el rendimiento de los equipos) que permitieron la mejora en el funcionamiento y explotación de los equipos radioelectrónicos de la ETNH y de establecer la frecuencia de falla y el nivel de

CIYA. Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, vol. 9 n° 2, julio-diciembre de 2025, pp. 111-132

criticidad de sus principales elementos: Antena, Filtro pasa bajos, Tarjeta de conmutación, Fuente de alto voltaje y Cable coaxial, y por ende se disminuyeron las fallas relacionadas a la Relación de Onda Estacionaria (ROE).

Para lograr tal objetivo se propone un grupo de medidas técnicas de carácter preventivas que apuntan a resolver o mitigar las causas de los fallos antes identificadas que deben incorporarse a las revisiones periódicas del Mantenimiento Preventivo Planificado vigente.

Tabla 6. Medidas técnicas propuestas para el mantenimiento preventivo planificado por sistemas y subsistemas. Fuente: elaboración propia

Sistemas	Subsistemas	Medidas técnicas
Antena	Tubo radiador 5m	Sustituir preventivamente el tubo en caso de presentar daños apreciables.
		Realizar el mantenimiento periódicamente.
	Tramo de mástil 1.5m	Sustituir preventivamente el mástil en caso de presentar daños apreciables.
		Realizar el mantenimiento periódicamente.
	Tensor de sujeción	Sustituir preventivamente el cable en caso de presentar daños apreciables.
	Aislante RF	Comprobar el aislamiento de la parte activa de la antena con el plano tierra.
	Tubo inferior con conector PL	Medir la continuidad entre el conector PL y la parte activa de la antena.
Comprobar el ajuste en la conexión de la antena al cable coaxial.		
Filtro pasa bajos	Diodo PIN	Comprobar los valores de voltaje en el filtro.
		Sustituir preventivamente el diodo en caso de presentar fugas o rotura después de realizar su comprobación.
	Condensador y bobina del filtro pasa bajos	Comprobar ajuste de las respuestas de frecuencia en los filtros.

		Comprobar el ajuste del sensor de ROE.
	Conector PL	Comprobar el ajuste en la conexión del filtro con el cable coaxial.
Tarjeta de conmutación de filtros (TCF)	Transistor ZTX853	Comprobar los valores de voltaje en la tarjeta de conmutación de los filtros.
		Comprobar el ajuste de los pulsos de conmutación.
Fuente de alto voltaje	Transistor ZTX853	Comprobar los valores de voltaje en la fuente de alto voltaje.
Cable Coaxial	Cable coaxial con conector PL	Sustituir preventivamente el cable en caso de presentar daños apreciables.
Cable Centronics	Cable con ficha de conexión	Sustituir preventivamente el cable en caso de presentar daños apreciables.

3.2. Evaluación de los resultados de las medidas aplicadas

La evaluación de los resultados se realiza mediante la comparación de los indicadores del periodo que se estudia, de 2021 al 2023, con el periodo del año 2024.

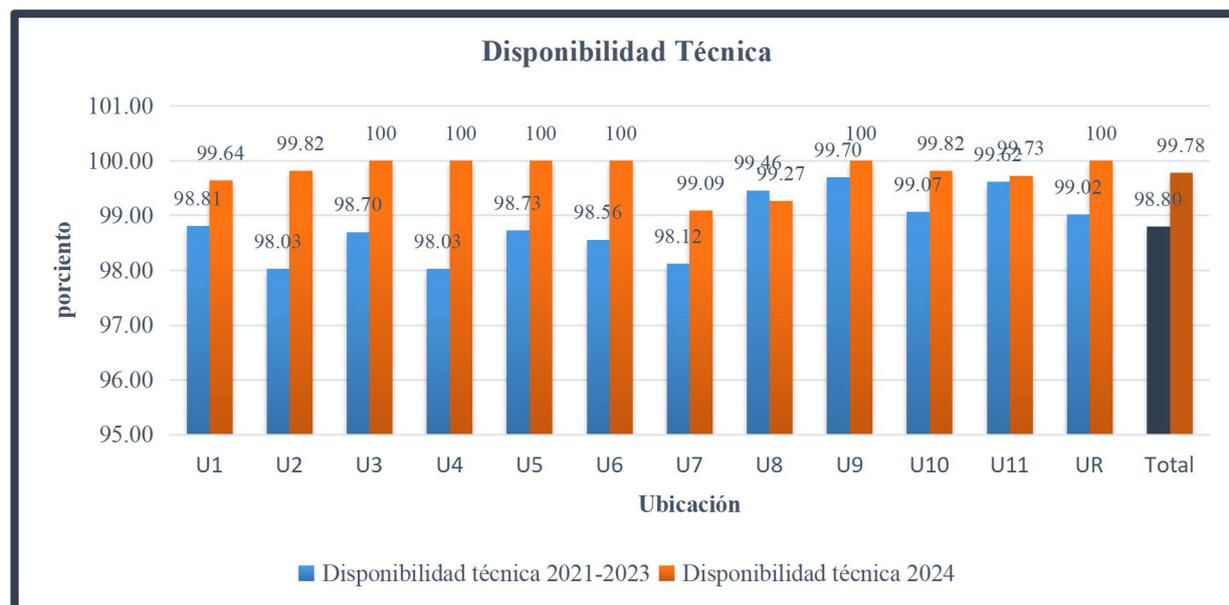


Figura 6. Comparación de la disponibilidad técnica en los periodos por ubicaciones de los equipos. Fuente: elaboración propia

En la figura se ilustra cómo se incrementa la disponibilidad técnica en todos los equipos excepto el que se encuentra en la ubicación número 8, pero, que apenas decrece. De forma general la disponibilidad muestra un incremento hasta el 99.78% de un 98.80% que se calcula para el periodo del 2024. Otro indicador que se beneficia es de la tasa de fallo, que se reduce a 0.00 averías/día de una inicial de 0.062 averías/día; presumiblemente como resultado de la aplicación de las medidas técnicas puestas en práctica.

Por otra parte, para evaluar la efectividad de las medidas técnicas aplicadas en los equipos, se ilustra en la figura 3.5 el comportamiento de la cantidad de fallas por trimestre desde el año 2021 hasta el 2024 y se compara la frecuencia de los fallos antes y después de aplicadas las medidas.

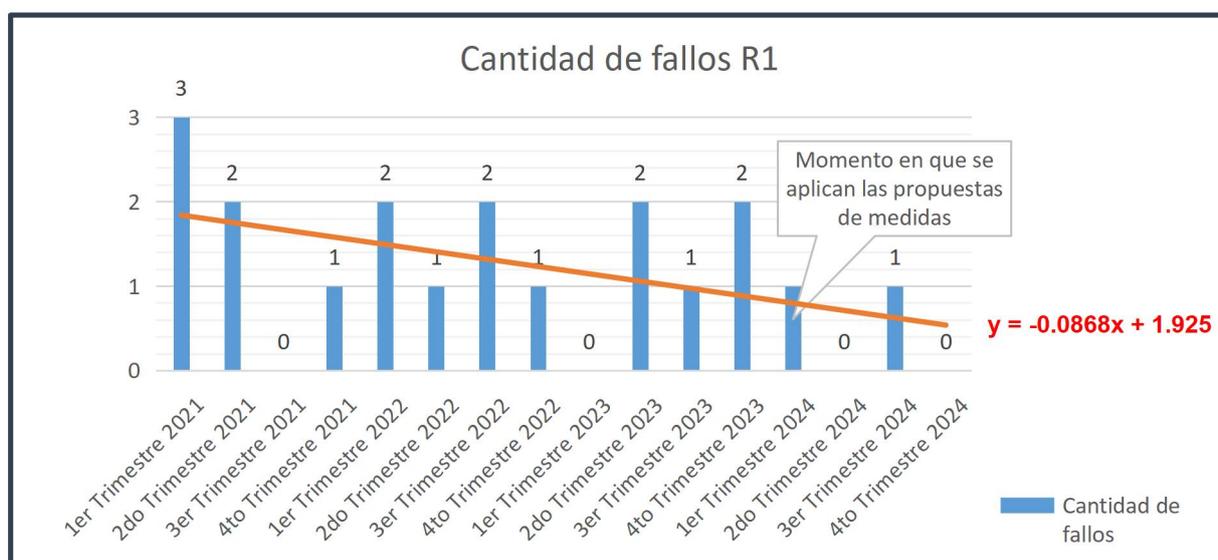


Figura 7. Comportamiento de las fallas relacionados a la falla R1 del 2021 al 2024. Fuente: elaboración propia.

Se observa además que la ecuación que obedece a línea de tendencia la cual es una ecuación lineal; la misma tiene pendiente negativa por lo que decrece lo que evidencia la disminución de la frecuencia de fallas.

4 CONCLUSIONES

La implementación evalúa los sistemas críticos y prioriza el perfeccionamiento del Sistema Mantenimiento Preventivo Planificado; incidiendo en el funcionamiento de los elementos más críticos; Antena, Filtro pasa bajos, Tarjeta de conmutación, Fuente de alto voltaje y Cable coaxial, que permite disminuir las fallas de la Relación de Onda Estacionaria (ROE).

- Se determinó a través de indicadores de mantenimiento que el sistema propuesto por el fabricante es insuficiente.

CIYA. Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, vol. 9 n° 2, julio-diciembre de 2025, pp. 111-132

- Se implementó un registro que compila la información necesaria para determinar los índices de funcionalidad de los sistemas que integran los equipos radio electrónico en las ETNH.
- A través de la integración de métodos de análisis tales como: Pareto y Criticidad se determinaron como elementos más críticos el tubo radiador de 5m y los diodos PIN.
- Se establecieron 18 medidas técnicas preventivas que corrigen o mitigan defectos que provocan fallas en los equipos radio electrónico.
- Se mejoran los indicadores de fiabilidad de los equipos radio electrónico en las ETNH. Se incrementa la disponibilidad de 97.86% hasta el 99.78 y la tasa de falla se reduce a cero averías/día de una inicial de 0.062 averías/día.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Manual de Aseguramiento Técnico de los Equipos Radio-electrónicos del 2015.
- [2] García González Adrián. Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento de los equipos radioelectrónicos en las empresas en el territorio norte holguinero (ETNH). Tutor Dr. C. Roberto Johan Sierra Pérez; P. Titular. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Mantenimiento y Reacondicionamiento de Máquina. Facultad de Ingeniería. Universidad de Holguín. Febrero 2025.
- [3] Trujillo Gómez Oscar. Gestión de mantenimiento e implementación del sistema cerrado en la contabilidad (RCM) en las grúas de pórtico de la terminal portuaria de contenedores Lázaro Cárdenas (LCTPC). Maestría en administración con especialidad en alta dirección. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Contaduría y Administración. 2014. <https://ri-ng.uaq.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/5705/RI001186.pdf>
- [4] Forero Rodríguez Andrés Felipe. La gestión del mantenimiento productivo total como herramienta de mejoramiento en empresas del sector manufactura. Fundación Universidad de América. Bogotá D.C. Monografía para optar el título de especialista en gerencia de la calidad. 2020. <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/46960248-ad95-4423-8a8f-d7af02a9434e/content>
- [6] Tomás Alex. Mantenimiento industrial: estrategias, herramientas y mejores prácticas. 2023. <https://www.fracttal.com/es/blog/guia-completa-del-mantenimiento-industrial-estrategias-herramientas-y-mejores-practicas>.
- [5] Quiroz Chamorro L. C. Diseño del plan de mantenimiento de equipos de la emisora RCN Rumba Estéreo y cableado estructurado para el área de comunicaciones de la Diócesis de Ipiales. Trabajo de grado modalidad pasantía presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico. Asesor: Wagner Suero Pérez. Ingeniero Eléctrico. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería. Departamento de Electrónica. Pasto – Nariño. 2015
- [7] Gómez Alejandra, Rodríguez Losada A, Aguirre C. Informe de laboratorio medición de Onda Estacionaria (ROE). Universidad Surcolombiana. Programa de Ingeniería. Asignatura de líneas de transmisión. Neiva, 2015. <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-mayor-de-san-andres/ingenieria-de-software-inf/informe-de-laboratorio-roe-ejemplo-de-medicion-de-roe/24962688>

[8] Torres, L. D.: Mantenimiento, Su implementación y gestión, ISBN: 987-9406-81-8. © 2005, Segunda Edición, UNIVERSITAS, 2005.

[9] Shkiliova Liudmila y Fernández Sánchez Manuel. Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 20, No. 1, 2011. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v20n1/rcta13111.pdf>

[10] Fernández Álvarez Edgar. Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM. Máster Universitario en TECNOLOGÍAS MARINAS Y MANTENIMIENTO. Tutor Rubén González Rodríguez. Universidad de Oviedo. Escuela Superior de la Marina Civil de Gijón. 2018.

[11] Corrales Becerra Juan Camilo. Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para las Estaciones de Combustibles Terrestre y Radares de la Fuerza Aérea Colombiana. Director Héctor Enrique Jaramillo Suárez PHD. Ingeniero Mecánico. Universidad Autónoma de Occidente. Colombia. 2022. <file:///C:/Users/Sierra/Downloads/Gestindemantenimientoenflotasdetransporte.pdf>

[12] MoubrAY, J.: RCM 2: Estrategias del mantenimiento, un nuevo paradigma [en línea] Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/notas/RcmIntro.asp>, 2005.

[13] Navarrete, P.E.: Gestión Integral del mantenimiento, La Habana, Cuba, 2000.

[14] Moreno-Vázquez Pedro y Calvillo-Caldez, Oscar Daniel. El Mantenimiento Productivo Total “TPM” como factor para el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado. Revista de Ingeniería Industrial. Marzo 2018, Vol.2 No.3 1-9

[15] Cabrera Piñeiro A, Viego Ariet N, Rodríguez Ramos P. A. Gestión de Mantenimiento en flotas de transporte como soporte al servicio de catering de aerolíneas en Cuba. <https://www.researchgate.net/publication/321170933>

[16] Xicotécatl Valencia C. Arturo. La importancia del mantenimiento en las radiodifusoras como elemento de prevención. Tesis para obtener el título de ingeniero en comunicaciones y electronica. Tutores Dr. Leobardo Hernández González e Ing. Sergio Núñez Pérez. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Unidad Culhuacan Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica México D.F. 2012. <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14902/1/ice%2011%2012.pdf>

CIYA. Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, vol. 9 n° 2, julio-diciembre de 2025, pp. 111-132

[17] Moreno Muñoz Alberto. Implementación del mantenimiento TPM, Técnicas Lean y 4.0 en una fábrica de automoción. Trabajo Final de Máster. Director: Alejandro Domínguez Fernández. Máster en Ingeniería de la Automoción (MUEA). Trabajo Final de Máster. Escola Técnica Superior Enginyeria. Industrial de Barcelona. 2022. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/368427/memoria-tfm-alberto-moreno-mu-oz-mayo-2022.pdf?sequence=1>

[18] J. M. Moreno, R. Egea, y F. Navarro, «AGUA, ENERGÍA Y MEDIOAMBIENTE», pp. 499-510, 2022. C. L. Andrade y M. Herrera, «Análisis de la situación actual del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM», Rev. Científica INGENIAR Ing. Technol. E Investig. ISSN 2737-6249, vol. 4, n.o 8, Art. n.o 8, 2021.