



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2432>

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de Investigación

Restricciones frecuentes en los procesos de mantenimientos preventivos en Redes Eléctricas de Distribución

Frequent restrictions in preventive maintenance processes in Electrical Distribution Networks

Restrições frequentes em processos de manutenção preventiva em Redes de Distribuição Elétrica

George Joselo Benítez-Sornoza ^I

gbenitez8814@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1856-2549>

Lucio Alfredo Valarezo-Molina ^{II}

lucio.valarezo@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0490-7542>

Correspondencia: gbenitez8814@utm.edu.ec

***Recibido:** 25 de octubre de 2021 ***Aceptado:** 30 de noviembre de 2021 * **Publicado:** 13 de diciembre de 2021

- I. Ingeniero Eléctrico, Maestría de Investigación en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia en la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- II. Magister en Sistemas Eléctricos de Potencia, Ingeniero Eléctrico, Docente Investigador de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Resumen

El objetivo del mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los eslabones del sistema directa e indirectamente afectados a los servicios, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible, este artículo describe las restricciones frecuentes que se presentan en los procesos de mantenimientos preventivos en Redes Eléctricas de Distribución, para ello se presentó una metodología de tipo descriptiva que recoge el análisis de varios trabajos de investigación relacionados con el mantenimiento, también se aplicó el método inductivo-deductivo para obtener los resultados partiendo del razonamiento lógico mediante el análisis de la información disponible, que permitieron establecer elementos conceptuales a partir de la situación real y conocer el estado actual de los mantenimientos y llegar a conclusiones concretas de acuerdo a su marco regulatorio. Dentro de los resultados se determinó que un buen plan de mantenimiento es aquel que ha analizado todos los escenarios posibles, y que ha sido bosquejado para evitarlos dentro de su planificación y no guarda relación, es decir, no son concordantes los mantenimientos que se plantean realizar en las diferentes etapas en las Redes de Distribución, también dentro del presupuesto asignado al mantenimiento no está distribuido en proporción al requerimiento de mantenibilidad, ya que su mayor peso está en la adquisición de materiales, esto demuestra que el accionar del equipo técnico está enmarcado en el mantenimiento correctivo.

Se concluye que la confiabilidad práctica puede auxiliar al personal de mantenimiento a obtener altos índices de disponibilidad con bajos costos, pero estos resultados sólo serán alcanzados si se adoptan cambios en el entendimiento de la función de mantenimiento y en la postura de todos los involucrados en este proceso, utilizando herramientas informáticas que faciliten la planificación y ejecución del mantenimiento en forma integral, basados en los métodos de cálculos CDM manifestados.

Palabras clave: Mantenimiento; calidad; confiabilidad; mantenibilidad; disponibilidad.

Abstract

The objective of maintenance is to preserve all the goods that make up the links of the system directly and indirectly affected by services, in the best operating conditions, with a very good level of reliability, quality and at the lowest possible cost, This article describes the frequent restrictions

that occur in preventive maintenance processes in Electrical Distribution Networks, for which a descriptive methodology was presented that collects the analysis of several research works related to maintenance, the inductive method was also applied -deductive to obtain the results based on logical reasoning through the analysis of the available information, which allowed establishing conceptual elements from the real situation and knowing the current state of maintenance and reaching concrete conclusions according to its regulatory framework. Among the results, it was determined that a good maintenance plan is one that has analyzed all possible scenarios, and that has been outlined to avoid them within its planning and is not related, that is, the maintenance that is proposed to be carried out is not consistent. In the different stages in the Distribution Networks, also within the budget assigned to maintenance, it is not distributed in proportion to the maintenance requirement, since its greatest weight is in the acquisition of materials, this shows that the actions of the technical team are framed in corrective maintenance. It is concluded that practical reliability can help maintenance personnel to obtain high availability rates with low costs, but these results will only be achieved if changes are adopted in the understanding of the maintenance function and in the position of all those involved in it. process, using computer tools that facilitate the planning and execution of maintenance in a comprehensive manner, based on the CDM calculation methods stated.

Keywords: Maintenance; quality; reliability; maintainability; availability.

Resumo

O objetivo da manutenção é preservar todos os bens que compõem os elos do sistema afetados direta e indiretamente pelos serviços, nas melhores condições de funcionamento, com muito bom nível de fiabilidade, qualidade e ao menor custo possível, Este artigo descreve as frequentes restrições que ocorrem nos processos de manutenção preventiva em Redes Eléctricas de Distribuição, para as quais foi apresentada uma metodologia descritiva que reúne a análise de diversos trabalhos de investigação relacionados com a manutenção, também foi aplicado o método indutivo -dutivo para obter os resultados com base em o raciocínio lógico através da análise da informação disponível, que permitiu estabelecer elementos conceptuais a partir da situação real e conhecer o estado de manutenção actual e chegar a conclusões concretas de acordo com o seu quadro regulamentar. Dentre os resultados, determinou-se que um bom plano de manutenção é

aquele que analisa todos os cenários possíveis, e que foi delineado para evitá-los dentro de seu planejamento e não está relacionado, ou seja, a manutenção que se propõe a ser realizada é não consistente. Nas diferentes etapas das Redes de Distribuição, também dentro do orçamento atribuído à manutenção, não é distribuído na proporção da necessidade de manutenção, visto que o seu maior peso está na aquisição de materiais, isto mostra que as ações dos técnicos equipem são enquadrados na manutenção corretiva. Conclui-se que a confiabilidade prática pode ajudar o pessoal de manutenção a obter altas taxas de disponibilidade com baixo custo, mas esses resultados só serão alcançados se forem adotadas mudanças no entendimento da função de manutenção e na postura de todos os envolvidos no processo. Usando ferramentas de computador que facilitam o planejamento e execução da manutenção de uma maneira abrangente, com base nos métodos de cálculo do MDL indicados.

Palavras-chave: Manutenção; qualidade; confiabilidade; facilidade de manutenção; disponibilidade.

Introducción

El objetivo del mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los eslabones del sistema directa e indirectamente afectados a los servicios, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible (Ordoñez Sanclemente & Nieto Alvarado, 2010). Para aquello la elaboración de un plan de mantenimiento puede hacerse de tres modos:

1. Realizando un plan de mantenimiento basado en las recomendaciones de los fabricantes de los diferentes elementos que componen las Redes de Distribución.
2. Realizando un plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas y en la experiencia de los técnicos que trabajan en las redes de distribución.
3. Realizando un plan de mantenimiento basado en un análisis de fallos que pretenden evitarse.

Generalmente los mantenimientos que realizan en las empresas de distribución eléctrica se establecen en tres tipos descritos como:

Mantenimiento predictivo: Consiste en el análisis de parámetros de funcionamiento cuya evolución permite detectar un fallo antes de que este tenga consecuencias más graves.

Mantenimiento preventivo: Actividad programada de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido.

Mantenimiento correctivo: Agrupa las acciones a realizar en un software o de forma manual, ante un funcionamiento incorrecto, deficiente o incompleto que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo.

Siendo que en la actualidad el servicio de energía eléctrica es indispensable para el desarrollo de los pueblos como su motor principal en las áreas de salud, educación, alimentos, industria, comercios, etc. En general es un derecho, que en el Ecuador está amparado en su Constitución, leyes orgánicas y regulaciones. El objetivo de la presente investigación se realiza sobre la base de un análisis objetivo mediante el método histórico de tipo interno donde se revisará la calidad y veracidad de la información, relacionado con las restricciones frecuentes a la realización de mantenimientos preventivos de la red de distribución eléctrica en CNEL EP UN MAN.

El artículo 314 de la Constitución de la República preceptúa que (...) el Estado será responsable de la provisión de servicios públicos, entre otros, el de energía eléctrica, de acuerdo con los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad (Asamblea Nacional, 2008). Así también, la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica en su artículo 4 de los derechos de los consumidores o usuarios finales, establece el derecho del consumidor a recibir el servicio público de energía eléctrica acorde con los principios constitucionales de eficiencia, responsabilidad, continuidad, calidad y precio equitativo (Asamblea Nacional, 2015).

En este sentido, debido al control y exigencias del marco regulatorio en el sector eléctrico del país basada en la "Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica" (ARCONEL 2018), se hace indispensable revisar las restricciones frecuentes a los procesos de mantenimiento preventivos en las redes de distribución, generando que las redes de distribución (RD) no funcionen al 100% según sus condiciones de diseño.

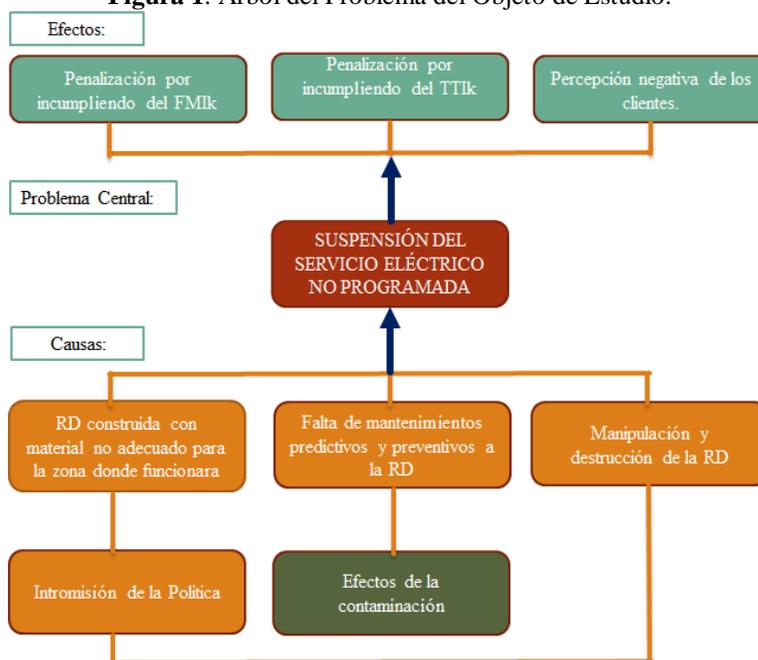
Autores como (Campos Cobián & Obregón Flores, 2014) indican que uno de los aspectos de importancia crítica desde el punto de vista de la continuidad del servicio, para el planeamiento de los Sistemas Eléctricos de Distribución, es el buen funcionamiento del aislamiento en las líneas de alta tensión.

Materiales y métodos

La investigación es de tipo descriptiva que recoge el análisis de varios trabajos de investigación relacionados con el mantenimiento en las redes de distribución. Para ello se empleó el método *Desk research*, que consiste en una técnica que utiliza datos existentes y disponibles públicamente, incluye material publicado en documentos de investigación y otros materiales de este tipo, tomando como base la planificación de mantenimiento de la Empresa Publica Estratégica Corporación Nacional de Electricidad, Unidad de Negocios Manabí (CNEL EP U.N. MAN). También se aplicó el método inductivo-deductivo para obtener los resultados partiendo del razonamiento lógico mediante el análisis de la información disponible, para establecer los elementos conceptuales a partir de la situación real y conocer el estado actual de los mantenimientos y llegar a conclusiones concretas sobre el tema estudiado.

Considerando que las redes de distribución deben construirse teniendo en cuenta los criterios de; Calidad del servicio y del producto y Económicos, ya que estas redes en condiciones climáticas deben ser aptas para soportar las condiciones más desfavorables de las zonas que atraviesan (Campos Cobián & Obregón Flores, 2014), en este sentido se parte de lo planteado en el árbol del problema descrito en la Figura 1, debido a las restricciones del mantenimiento preventivo.

Figura 1. Árbol del Problema del Objeto de Estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Revisión de mantenimiento en CNEL EP UN MAN

Presupuesto

En el proceso de gerenciamiento y administración de los procesos en cada empresa uno de los puntos claves a revisar es el presupuesto asignado para el mantenimiento. En este caso se observó que CNEL EP UN MAN destina anualmente un presupuesto aproximado de \$8.000.000,00 (ocho millones de dólares americanos) para el mantenimiento de las redes de distribución, que se distribuyen en diferentes partidas presupuestarias de la siguiente manera:

Tabla 1. Presupuesto CNEL EP UN MAN 2018.

Partida Presupuestaria	USD
Alquiler de maquinaria	\$ 80.527,14
Mantenimiento de líneas y desbroce	\$ 900.000,00
Mantenimiento de líneas aéreas y subterráneas	\$ 369.250,00
Mantenimiento de Subestaciones	\$ 598.539,17
Mantenimiento de transformadores	\$ 390.281,87
Materiales eléctricos	\$5.661.401,82
Total	\$8.000.000,00

Fuente: Elaboración propia.

Con cargo a cada partida presupuestaria se van realizando las contrataciones de bienes o servicios a través del sistema nacional de contratación pública, es decir realizan la adquisición de materiales para la reposición o cambio, y contratación se servicios de mano de obra para el desbroce de vegetación y reposición de elementos. La adquisición de la mayoría de los materiales para el mantenimiento de las redes de distribución se realiza siguiendo las especificaciones técnicas que fueron homologadas en el 2010 por el ministerio rector de materia energética en el Ecuador, denominándolas “Unidades de propiedad”, estas especificaciones técnicas se pueden visualizar en el siguiente link; <https://www.unidadespropiedad.com>.

Adquisición de materiales

Cada unidad de propiedad está conformada por un número de elementos que conforman una estructura, con aquello es muy fácil determinar los elementos que se deben adquirir para mantener un stock de bodega óptimo pudiendo agruparlos en elementos principales y elementos alternos de una estructura. Varios de estos elementos constructivos como postes, transformadores, conductores de Aluminio, crucetas y abrazaderas están incluidos dentro de un catálogo electrónico, en donde la compra de cualquier cantidad de material está sometida al mismo costo y el proceso de adquisición, es más simple con la elaboración de una orden de compra, ya que otros materiales se pueden comprar en volumen para aplicar ahorros de economía en escala como el caso de seccionadores portafusibles y conductores de cobre, otros como herrajes, conectores y demás elementos necesarios para el mantenimiento se adquieren localmente a través de los procesos dinámicos de contratación pública. Estas compras se realizan según su prioridad en 3 cuatrimestres anualmente, exceptuando el desbroce de vegetación que se lo realiza de forma bienal.

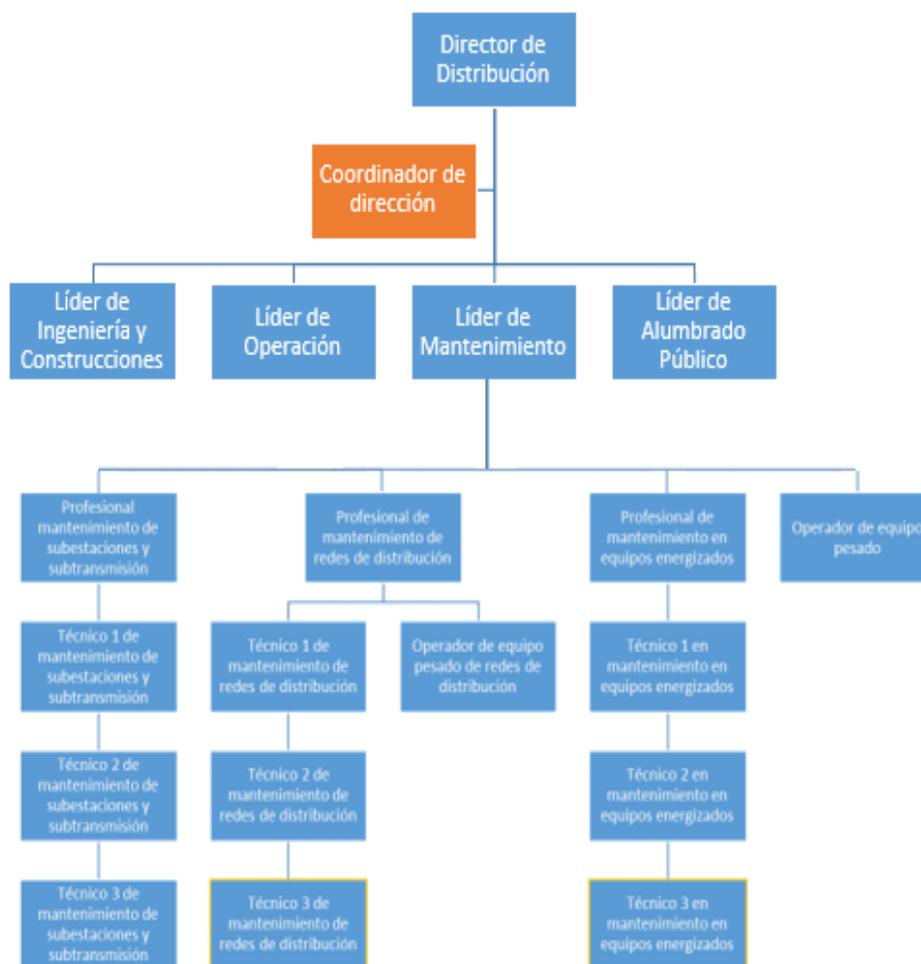
Stock de materiales en bodega

Una de las problemáticas en la aplicación temprana de mantenimientos preventivos y la atención oportuna en los mantenimientos correctivos en las Redes de Distribución, siempre termina siendo la falta de materiales en el stock de bodega. En CNEL EP para el control de activos utilizan un software llamado CGweb, esta herramienta no da alertas de stock máximo y mínimos provocado el desabastecimiento en unos casos y sobrecompras en otros, ha esto también se debe, la inobservancia en el ingreso de materiales luego de las compras, ya que se visualiza en el listado de ítems materiales con las mismas características técnicas, pero con diferentes nombres. Estas falencias generan confusión en el requerimiento de materiales por parte del personal técnico, duplicidad en las compras, así como la depreciación de materiales sin movimiento.

Distribución del recurso humano:

El recurso humano es el elemento principal y clave en la ejecución del mantenimiento, el perfil de cada cargo, esta descrito dentro de un manual de funciones y está distribuido de la siguiente forma:

Figura 2. Estructura del departamento de mantenimiento en CNEL EP.



Fuente: CNEL EP UN MAN.

Plan de mantenimiento

En función del crecimiento vegetativo, reporte de novedades y perturbaciones que ocasionaron la salida de servicio, se debe programar el mantenimiento en la red de distribución. En primera instancia se debe elaborar una planificación global, que permitirá dar paso a la elaboración de una proforma presupuestaria que si es aprobada dará paso a la elaboración del plan anual de contratación, ya en una segunda etapa se realiza una planificación detallada de trabajo quincenal que permite dar cumplimiento a la planificación global anual.

Elaboración de órdenes de trabajo

CNEL EP desde el 2018 implementa un software denominado (SISTOT), para la gestión y control de órdenes de trabajo, esta herramienta informática inicialmente fue implementada para la elaboración de prepuestos para construcción de Redes de Distribución nuevas, y fue amoldada a los requerimientos de registro de activos fijos, y también para la gestión del mantenimiento, de forma que permita fluir la liquidación técnica y contable de cada orden de trabajo generada, interactuando con el CGweb para el registro contable en cada acción.

Procedimientos e instructivos de mantenimientos

CNEL EP desde el 2013 por mandato del ejecutivo paso a ser una empresa pública y desde entonces ajusto su accionar a la gestión por procesos. En este caso para la gestión técnica del mantenimiento, además de ello cuenta con 7 procedimientos y 15 instructivos que se encuentran publicados en la página web de la institución y sobre ello se debe desarrollar la mantenibilidad de sus activos, en cada uno de estos documentos se detallan las condiciones y acciones que deben realizarse un trabajo, en donde cada técnico al momento de presentarse algún mantenimiento debe partir sobre esta información, estos se detallan a continuación:

Tabla 2. Procedimientos e instructivos para el mantenimiento de las redes de distribución en CNEL EP.

	Ítems	Código	Nombre	Versión	Fecha Implementación
PROCEDIMIENTOS	1	PR-TEC-CTR-001	Verificación de calidad de equipos y materiales.	2	13/2/2017
	2	PR-TEC-CTR-002	Aprobación de proyectos eléctricos, recepción y energización de infraestructura eléctrica.	2	4/1/2020
	3	PR-TEC-CTR-003	Calificación del estado de los materiales y equipos retirados del sistema de distribución de electricidad.	2	22/6/2018
	4	PR-TEC-MNT-001	Coordinar el apoyo de personal técnico y equipos en los trabajos de mantenimientos urgentes del sistema eléctrico de CNEL EP.	1	25/2/2019
	5	PR-TEC-MNT-002	Trabajos de mantenimiento en subestaciones eléctricas desenergizadas.	1	6/7/2018
	6	PR-TEC-MNT-002	Ejecución de órdenes de trabajo en el sistema eléctrico.	2	12/5/2020
	7	PR-TEC-OPE-004	Aprobaciones de solicitud de consignaciones.	3	22/1/2020

Restricciones frecuentes en los procesos de mantenimientos preventivos en Redes Eléctricas de Distribución.

INSTRUCTIVOS	1	IT-TEC-MNT-001	Ingreso de personal a subestaciones de distribución.	2	20/5/2019
	2	IT-TEC-MNT-002	Intervención correctiva de Transformadores de distribución con fugas de aceite.	2	22/6/2018
	3	IT-TEC-MNT-003	Instructivo de líneas picadas.	2	22/6/2021
	4	IT-TEC-MNT-004	Montaje y desmontaje de transformador en líneas sin tensión.	3	17/7/2020
	5	IT-TEC-MNT-005	Intervención en líneas arrancadas en medio y bajo voltaje.	2	26/7/2017
	6	IT-TEC-MNT-006	Cambio de estructura S-1-G a SLPE-1-G a nivel de 69 kV.	1	17/7/2021
	7	IT-TEC-MNT-007	Inspección termográfica en líneas de subtransmisión, subestaciones eléctricas y redes de distribución.	2	11/6/2019
	8	IT-TEC-MNT-008	Lavado de aisladores en Líneas Energizadas desde 13.8 kV hasta 69 kV.	1	28/11/2017
	9	IT-TEC-MNT-009	Montaje de tensores y anclajes para bajo y medio voltaje.	1	2/3/2018
	10	IT-TEC-MNT-010	Cambio de aisladores tipo espiga PIN.	1	2/3/2018
	11	IT-TEC-MNT-012	Ejecución de tomas de pruebas de carga y voltaje en transformadores de distribución.	1	17/9/2018
	12	IT-TEC-MNT-014	Pruebas de protocolos de transformadores retirados del sistema de distribución.	1	10/10/2018
	13	IT-TEC-MNT-015	División de circuito en bajo voltaje.	1	9/4/2019
	14	IT-TEC-CTR-001	Transporte y aplomado de postes.	1	15/3/2018
	15	IT-TEC-CTR-009	Mantenimiento de cajas de paso con conductores energizados.	1	18/12/2018

Fuente: CNEL EP UN MAN.

Es preciso anotar que la gestión por procesos puede definirse como una forma de enfocar el trabajo, donde se persigue el mejoramiento continuo de las actividades de una organización mediante la identificación, selección, descripción, documentación y mejora continua de los procesos. Toda actividad o secuencia de actividades que se llevan a cabo en las diferentes unidades constituye un proceso y como tal hay que gestionarlo.

Mantenimiento en las redes de distribución

La principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo, bajo esta premisa se define que; el mantenimiento aplicado a las redes de distribución se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en funcionamiento, o se restablece luego de un estado de alerta o de emergencia para continuar trabajando en la forma que fue diseñada (Ordoñez Sanclemente & Nieto Alvarado, 2010). El proceso de cambio en la industria y la aparición creciente de tecnología, forzaron al desarrollo de nuevas técnicas y filosofías de mantenimiento, como estrategias para reducir costos aumentar la productividad, calidad y disminuir los tiempos muertos, entre ellas están:

- TPM mantenimiento productivo total.
- RCM mantenimiento centrado en confiabilidad.
- Mantenimiento combinado (TPM – RCM).
- Mantenimiento reactivo.
- Mantenimiento orientado en resultados.

Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad

La confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD), son prácticamente las únicas medidas técnicas y científicas, fundamentadas en cálculos matemáticos estadísticos y probabilísticos, que tiene el mantenimiento para su análisis (Mora Gutiérrez, 2009).

Confiabilidad

Autores como (Mesa Grajales, Ortiz Sánchez, & Pinzón, 2006), mencionan que; la confiabilidad es la probabilidad de que no ocurra una falla de determinado tipo, para una misión definida y con un nivel de confianza dado.

Entonces la confiabilidad de un equipo o producto puede ser expresada a través de la expresión:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Donde:

R(t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo t dado

e: constante Neperiana (e = 2. 7183..)

λ : Tasa de fallas (número total de fallas por período de operación)

t: tiempo

Mantenibilidad

Es la probabilidad de reestablecer las condiciones específicas de funcionamiento de un sistema, en límites de tiempo deseados, cuando el mantenimiento es realizado en las condiciones y medios predefinidos. O simplemente la probabilidad de que un equipo que presenta una falla sea reparado en un determinado tiempo t .

De manera análoga a la confiabilidad, la mantenibilidad puede ser estimada con ayuda de la expresión:

$$M(t) = e^{-\mu \cdot t} \quad (2)$$

Donde:

$M(t)$: es la función mantenibilidad, que representa la probabilidad de que la reparación comience en el tiempo $t=0$ y sea concluida satisfactoriamente en el tiempo t (probabilidad de duración de la reparación).

e : constante Neperiana ($e = 2.7183..$)

μ : Tasa de reparaciones o número total de reparaciones efectuadas con relación al total de horas de reparación del equipo.

t : tiempo previsto de reparación $TMPR$

Disponibilidad

El objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. Matemáticamente la disponibilidad $D(t)$, se puede definir como la relación entre el tiempo en que el equipo o instalación quedó disponible para producir $TMEF$ y el tiempo total de reparación $TMPR$, es decir:

$$D(t) = \frac{\Sigma \text{Tiempos disponibles para la producción}}{\Sigma \text{Tiempos disponibles para la producción} + \Sigma \text{Tiempos de Mantenimiento}} \quad (3)$$

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \quad (4)$$

El $TMPR$ o tiempo medio de reparación, depende en general de:

- La facilidad del equipo o sistema para realizarle mantenimiento.
- La capacitación profesional de quien hace la intervención.

- De las características de la organización y la planificación del mantenimiento.

En síntesis, lo importante en la metodología CMD, se resume en que, la confiabilidad se asocia a fallas, la mantenibilidad a reparaciones y la disponibilidad a la posibilidad de generar servicios o productos.

Niveles de mantenimiento

Es necesario que en una empresa se distinga los niveles de mantenimiento, donde intervendrán diferentes actores en cada etapa. El autor (Lora Moreno & Peres Calderon, 2010) establece los siguientes niveles detallándolos a continuación:

Nivel Instrumental: El nivel instrumental comprende todos los elementos necesarios para que exista un sistema de gestión y operación de mantenimiento, que incluye; la información, máquinas, herramientas, repuestos, utensilios, materias primas e insumos propios de mantenimiento, técnicas registros históricos de fallas y reparaciones, inversiones, inventarios, refacciones, modificaciones, trabajadores, personas, entrenamiento y la capacitación de los funcionarios, entre otros.

Nivel Operacional: El nivel operacional comprende todas las posibles acciones a realizar en el mantenimiento de equipos por parte del oferente, a partir de las necesidades y deseos de los demandantes. Acciones correctivas, preventivas, predictivas y modificativas.

Nivel Táctico: El nivel táctico contempla el conjunto de acciones de mantenimiento que se aplican a un caso específico (un equipo o conjunto de ellos), es el grupo de tareas de mantenimiento que realizan con el objetivo de alcanzar un fin; al seguir las normas y reglas para lo establecido. Aparecen en este nivel el TPM, RCM, TPM & RCM combinadas, PMO, reactiva, proactiva, clase mundial, RCM Scorecard, entre otros.

Nivel Estratégico: El campo estratégico está compuesto por las metodologías que se desarrollan con el fin de evaluar el grado de éxito alcanzado con las tácticas desarrolladas; esto implica el establecimiento de índices, rendimientos e indicadores que permitan medir el caso particular con otros de diferentes industrias locales, nacionales o internacionales. Es la guía que permite alcanzar el estado de éxito propuesto deseado y se alcanza mediante el LCC, CMD, costos y Terotecnología o Ingeniería de Mantenimiento, etc.

Marco Regulatorio

Las actividades de distribución y comercialización de energía eléctrica en el Ecuador están regidas por un marco regulatorio que más allá de permitir su accionar, indica el accionar en materia de mantenimiento y estas se detallan a continuación:

La Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE), cuyo objeto es garantizar que el servicio público de energía eléctrica cumpla los principios constitucionales de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad, calidad, sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia, para lo cual, corresponde a través del presente instrumento, normar el ejercicio de la responsabilidad del Estado de planificar, ejecutar, regular, controlar y administrar el servicio público de energía eléctrica, ley que es aplicada a través de su reglamento general donde se establecen las disposiciones necesarias para la aplicación de la LOSPEE (Asamblea Nacional, 2015).

La Regulación Nro. ARCONEL 001/20 “Distribución y comercialización de energía eléctrica”, tiene como objetivo Regular los aspectos técnicos, comerciales y operativos entre: la distribuidora y el consumidor; y, la distribuidora, el transmisor y el consumidor, cuando corresponda; en la prestación del servicio público de energía eléctrica (ARCONEL 2020).

La Regulación Nro. ARCONEL 005/18 “Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica”, que tiene por objeto establecer los indicadores, índices y límites de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica; y, definir los procedimientos de medición, registro y evaluación a ser cumplidos por las empresas eléctricas de distribución y consumidores según corresponda (ARCONEL 2018).

Acuerdo 039 de la Contraloría General del Estado, donde establecen las “Normas de control interno para las entidades, organismos del sector público y de las personas jurídicas de derecho privado que dispongan de recursos públicos”, que en su numeral 408-32 describe las acciones que se deben tomar en materia de mantenimiento, luego de construir una obra (Contraloría General del Estado, 2009).

Análisis y discusión de los resultados

Luego del análisis de CNEL EP UN MAN respecto a las matrices de mantenimientos, su presupuesto, plan de compras, estructura del personal, herramientas computacionales, procedimientos e instructivos se define que:

Un buen plan de mantenimiento es aquel que ha analizado todos los escenarios posibles, y que ha sido bosquejado para evitarlos. Eso quiere decir que para elaborar un buen plan de mantenimiento es absolutamente necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen la red de distribución. En este caso la elaboración de los planes de mantenimientos global (anual) y específico (quincenal) en CNEL EP UN MAN, se observó que su planificación no guarda relación, es decir, no son concordantes los mantenimientos que se plantean realizar en las diferentes etapas de las Redes de Distribución, así también se verificó que la elaboración de la proforma presupuestaria no corresponde a las necesidades en territorio y el PAC es repetitivo cada año y no considera todos los elementos que conforman las unidades de propiedad.

La ocasión perfecta para diseñar un buen mantenimiento programado que haga que la disponibilidad y la fiabilidad de una red de distribución eléctrica sea muy alta, es durante la construcción de ésta. Cuando la construcción ha finalizado y la red es entregada a la empresa distribuidora para su explotación comercial, el plan de mantenimiento debe estar ya diseñado, y debe ponerse en marcha desde el primer día que la red eléctrica entra en operación (Ordoñez Sanclemente & Nieto Alvarado, 2010). Perder esa oportunidad significa renunciar a que la mayor parte del mantenimiento sea programado, y caer en el error (un grave error de consecuencias económicas nefastas) de que sean las averías las que dirijan la actividad del departamento de mantenimiento. Esta actividad es marcada por la debilidad en los procesos de fiscalización, ya que en la mayor parte de las nuevas redes construidas sus estructuras no cuentan con todos los elementos que deben conformar una unidad de propiedad, entonces se reduce considerablemente el tiempo de durabilidad y se acelera el crecimiento vegetativo de las Redes de Distribución.

El presupuesto asignado al mantenimiento no está distribuido en proporción al requerimiento de mantenibilidad, ya que su mayor peso está en la adquisición de materiales, esto demuestra que el accionar del equipo técnico está enmarcado en el mantenimiento correctivo, además se concluye que la alta rotación de materiales se debe a que estos elementos son direccionados a la expansión

del sistema eléctrico, descuidando el mantenimiento preventivo y dando paso a la disminución del CDM.

Si las políticas de contratación pública están determinadas según el modelo de adquisición, no tiene ningún sentido concentrar compras, que no reflejan ningún ahorro y ponen en riesgo la operatividad de las Redes de Distribución; en el presente caso de estudio se tomó como ejemplo el proceso *Nro. SIE-CNELCORP-006-21*, cuyo objeto es la "Adquisición de aisladores de varias capacidades GD 2021" para las Redes de Distribución se adquieren aisladores del tipo *PIN ANSI 56-1* para cualquier área geográfica, gastando recursos por el sobredimensionamiento del aislamiento en algunos casos.

Por otra parte, la utilización de herramientas informáticas, ayuda a agilizar los procesos; sin embargo, la adaptación del SISTOT para la elaboración de ordenes de trabajo no es beneficiosa, ya que este software asocia cada elemento a una estructura para la elaboración del presupuesto y liquidación contable, siendo esto aplicable al cambiar una estructura, pero en el caso del mantenimiento solo se cambia un elemento puntualmente, dificultando su liquidación y generando presupuestos irreales.

La gestión por proceso viabiliza resultados efectivos, sin embargo, en CNEL EP UN MAN en varios de estos procedimientos e instructivos son desconocidos por el personal técnico y otros son ignorados porque no son aplicables, esto debido a que las actividades descritas generan condiciones inseguras de trabajo y transgreden otras normativas de mayor jerarquía, lo que generan que se vuelvan inaplicables.

En este sentido cuando se analizan los planes de mantenimiento preventivo, procedimientos e instructivos, procesos de contratación pública, capacitación y participación en el ingreso de nuevas instalaciones, se describe que las limitaciones para realizar los mantenimientos preventivos están dadas por:

- Distribución del Presupuesto.
- Programación, tiempo disponible, horas hombre disponibles.
- Gestión por proceso, reglamentaciones de seguridad impropias.
- Softwares no adecuados, debilidad en control del stock de materiales.
- Documentación técnica, supervisión y control de los bienes.
- Cultura y costumbres tradicionales.

Conclusiones

Las conclusiones que se enuncian a continuación, pueden ser a la vez tomadas como recomendaciones, para que un buen plan de mantenimiento sea desarrollado en la empresa de distribución, basados en los conceptos de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

La confiabilidad siempre cuesta dinero y sólo debe ser buscada cuando realmente sea efectiva, a veces lo más barato cuesta más a lo largo del tiempo.

El objetivo del mantenimiento preventivo y predictivo es garantizar la función requerida de los equipos y sistemas, no eliminar todas las fallas.

En las empresas de distribución de energía no siempre realizar más mantenimiento preventivo es mejor, no siempre más mantenimiento correctivo es peor.

Se debe actuar prioritariamente sobre la mantenibilidad para aumentar la disponibilidad.

Es preciso capacitar permanentemente a los técnicos de mantenimiento, para romper costumbres sobre el organizar su trabajo en base al mantenimiento correctivo.

La visión que pueden tener del mantenimiento programado es de 'pérdida de tiempo', o al menos, de estar dedicando esfuerzos a tareas de importancia menor que lo realmente importante, esto es, la reparación de averías.

Se deben utilizar herramientas informáticas que articulen los procesos técnicos y contables, a fin que esa misma herramienta permita a los administradores y el personal técnico tomar decisiones acertadas optimizando su presupuesto.

Es primordial la implementación de softwares para el control del stock de bodega, que pueda interactuar con la planificación del plan de mantenimiento, relacionada además a los stocks máximos y mínimos, admita la visualización gráfica y descriptiva del material que se está seleccionando para la ejecución de un trabajo.

El concepto de CNEL EP UN MAN es; "mantener" es sinónimo de "reparar" y el servicio de mantenimiento opera con una organización y planificación mínima, debe cambiar con la mejora de los procedimientos e instructivos, que también aportaran a la realización de trabajos en condiciones seguras.

Como conclusión final se puede decir, que la confiabilidad práctica puede auxiliar el personal de mantenimiento a obtener altos índices de disponibilidad con bajos costos, pero estos resultados sólo serán alcanzados si se adoptan cambios en el entendimiento de la función de mantenimiento

y en la postura de todos los involucrados en este proceso, utilizando herramientas informáticas que faciliten la planificación y ejecución del mantenimiento en forma integral, basados en los métodos de cálculos CDM manifestados.

Referencias

1. Moubray, J. (1997). *RCM 2: Reliability Centered Maintenance Second Edition 2 Revised*. Estados Unidos, Estados Unidos: Industrial Press Inc. Recuperado el 23 de 09 de 2021
2. ARCONEL 2018. (s.f.). Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica. *Regulación No. ARCONEL 005/18*. Quito, Ecuador: Registro Oficial. Recuperado el 22 de 09 de 2021, de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/regulaciones/>
3. ARCONEL 2020. (s.f.). Distribución y comercialización de energía eléctrica. *Regulación Nro. ARCONEL 001/2020*, 58. Quito, Ecuador: Registro Oficial Ecuador. Recuperado el 1 de 10 de 2021, de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/regulaciones/>
4. Asamblea Nacional. (2008). *Constitución de la Republica del Ecuador*. Montecristi. Recuperado el 2021 de 09 de 27, de <https://n9.cl/6yz79>
5. Asamblea Nacional. (2015). Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica. Quito, Ecuador. Recuperado el 2021 de 09 de 22, de <https://n9.cl/zqv98>
6. Campos Cobián, E. M., & Obregón Flores, J. A. (Enero de 2014). Análisis y diseño de aisladores en líneas aéreas de alta tensión. 116. (E. A. Facultad de Ingeniería, Ed.) Nuevo Chimbote, Peru: Universidad Nacional del Santa. Recuperado el 23 de 09 de 2021
7. Contraloría General del Estado. (1 de 12 de 2009). Normas de Control Interno para las entidades, organismos del sector público y personas jurídicas de derecho privado que dispongan de recursos públicos. 56. Quito, Ecuador: Registro Oficial Ecuador. Recuperado el 1 de 10 de 2021, de <https://www.contraloria.gob.ec/Normatividad/BaseLegal>
8. Lora Moreno, M. A., & Peres Calderon, H. A. (2010). Plan de implementación de un programa de mantenimiento con Enfoque CMD en la empresa Gravillera Sbania S.A. y su Influencia en los costos de mantenimiento y producción. 158. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. Recuperado el 1 de 10 de 2021
9. Mesa Grajales, D., Ortiz Sánchez, Y., & Pinzón, M. (30 de mayo de 2006). La Confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al

- mantenimiento. *Scientia Et Technica*, XII(30), 7. Recuperado el 1 de 10 de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920491036.pdf>
10. Mora Gutiérrez, M. (2009). *Mantenimiento, planeación, ejecución y control*. (L. J. D., Ed.) Mexico, Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. Recuperado el 23 de 09 de 2021
11. Ordoñez Sanclemente, J. P., & Nieto Alvarado, L. G. (Febrero de 2010). Mantenimiento de Sistsemas Electricos de Distribución. 102. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politecnica Saleciana. Recuperado el 22 de 09 de 2021
12. Vázquez, A., Loor, G., Cuenca, L., & Hernández, J. (2016). The regulatory framework for renewable energy sources. *Research Journal of Management, IT and Social Sciences*, 3(11), 8-21. Obtenido de <https://sloap.org/journals/index.php/irjmis/article/view/421>