

Medidas de seguridad en el mantenimiento de la red de distribución eléctrica

Safety measures in the maintenance of the electricity distribution network

Maykop – Pérez Martínez*

<maykop1982@gmail.com><maykop@electrica.cujae.edu.cu> <https://orcid.org/0000-0003-3073-1675>

Yandry – Rodríguez Domínguez**

<yandry@electrica.cujae.edu.cu> <https://orcid.org/0000-0002-2990-1596>

Mercedes – Canasi Piñeiro***

<mcanasi@electrica.cujae.edu.cu> <https://orcid.org/0000-0001-5620-3374>

*, ** y *** Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE), La Habana, Cuba.

RESUMEN

El objetivo básico es definir los procedimientos necesarios para el desarrollo óptimo del mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para redes eléctricas subterráneas de baja tensión, como lo es la red de distribución en la ciudad de Namibe, Angola. Se establecieron recomendaciones a la compañía que lleve a cabo el plan de mantenimiento y que realice un monitoreo del número de fallas en el sistema de distribución de baja tensión para de esta forma enriquecer el plan de mantenimiento propuesto.

Palabras clave: plan de mantenimiento, redes de baja tensión, electricidad.

ABSTRACT

The basic objective is to define the necessary procedures for the Optimal development of preventive, predictive and corrective maintenance for underground low voltage power networks, such as the distribution network in the city of Namibe, Angola. The company is recommended to carry out the maintenance plan and to monitor the number of failures in the low voltage distribution system in order to enrich the proposed maintenance plan.

Key words: maintenance plan, low voltage networks, electricity.

INTRODUCCIÓN

La preocupación por la calidad de la electricidad, así como su distribución, ha sido la práctica de las compañías eléctricas de todo el mundo. Los procedimientos, equipos y medidas de seguridad en el mantenimiento de las redes de distribución eléctrica son fundamentales para la ganancia de una empresa en particular. El interés y las razones de este trabajo en relación con los otros temas se deben al alto grado de accidentes laborales en el servicio, ocurridos en la red de distribución en la ciudad de Namibe como se muestra en la figura 1.

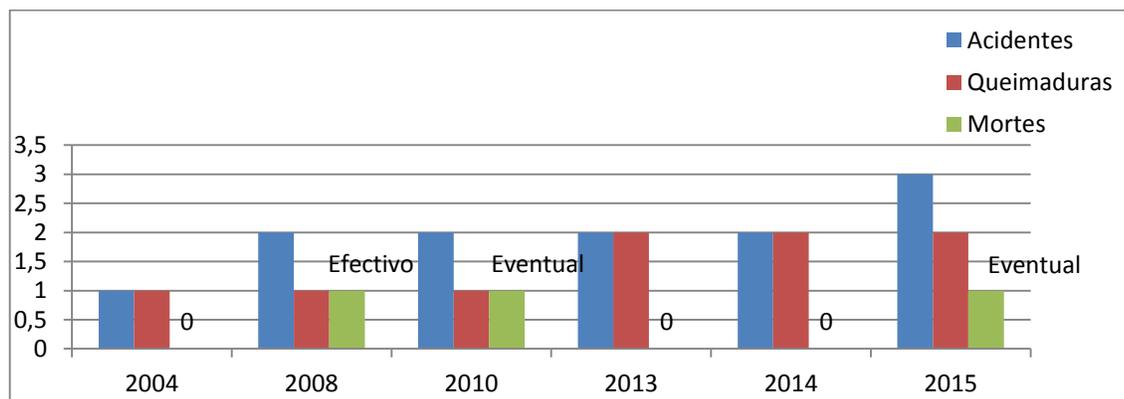


Figura 1. Accidentes de trabajo en la red de distribución de la ciudad de Namibe

Causado por el incumplimiento de los procedimientos, del uso correcto de equipos eléctricos y de las medidas de seguridad, dada la importancia que representa en el sector eléctrico de la ciudad de Namibe el mantenimiento de las redes de distribución eléctrica el tema se considera importante¹.

Los beneficios que brindará este tema se basan en la reducción del número de accidentes en el trabajo. En el caso de la empresa de distribución de energía, las ganancias consisten en la reducción de accidentes, la mejora del trabajo, es decir, la reducción del tiempo y la disponibilidad de energía para atender a un mayor número de consumidores.

El propósito de este documento es dar a conocer a la Administración de la Compañía Nacional de Distribución de Electricidad de Namibe (ENDE) la importancia conceptual del mantenimiento, los tipos de mantenimiento, el plan de mantenimiento y sus enfoques, teniendo en cuenta la elaboración y la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y la propuesta de crear un departamento de mantenimiento de baja tensión en la ENDE, con el fin de responder resolver la falta de planificación de mantenimiento, capaz de predecir fallas de equipos en el ENDE y así reducir los accidentes laborales. En tal sentido, el objetivo básico es definir los procedimientos necesarios para el desarrollo óptimo del mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para redes eléctricas subterráneas de baja tensión, como lo es la red de distribución en la ciudad de Namibe. Angola.

DESARROLLO

Las redes de distribución subterráneas se utilizan en áreas donde, por razones de urbanismo, estética, congestión o condiciones de seguridad, el sistema de aire no es aconsejable. Actualmente el sistema subterráneo es competitivo contra el sistema aéreo en áreas urbanas centrales.

El mantenimiento no es una función miscelánea, produce un bien real, que puede resumirse como: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad².

Mantenimiento

El mantenimiento puede definirse como: acción efectiva para mejorar los aspectos operativos relevantes de un sistema o instalación, tales como funcionalidad, productividad, imagen corporativa, salud e higiene. Otorga la posibilidad de racionalizar los costos operativos. El mantenimiento debe ser tanto periódico como permanente y correctivo.

Las instalaciones eléctricas deben ser inspeccionadas constantemente por un trabajador calificado, que debe mantenerlas en buenas condiciones de trabajo.

El mantenimiento adecuado es una de las medidas clave para evitar el riesgo de accidentes y debe realizarse con el interruptor principal apagado.

La elaboración del plan de mantenimiento se puede realizar de tres maneras:

- Modo 1: Hacer un plan basado en las instrucciones de los fabricantes de los diferentes equipos que componen los Sistemas de Distribución Eléctrica.
- Modo 2: Realización de un plan de mantenimiento con instrucciones genéricas y basado en la experiencia de los técnicos que trabajan en los sistemas.
- Modo 3: Hacer un plan basado en un análisis de las fallas que desean evitar.
- Existen tres tipos de mantenimiento que generalmente se aplican en la mayoría de las empresas que trabajan con maquinarias y equipamientos ya sean mecánicos, eléctricos, hidráulicos, etc.^{2, 3}.

a) Mantenimiento predictivo:

Consiste en el análisis de los parámetros de funcionamiento cuya evolución permite detectar una falla antes de que tenga consecuencias más graves. Esto se utiliza para estudiar la evolución temporal de los parámetros y asociarlos con la evolución de las fallas, a fin de determinar en qué período de tiempo esta falla se convertirá en una relevancia importante, de modo que todas las intervenciones puedan planificarse con tiempo suficiente para que este fracaso nunca tenga consecuencias serias.

Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe cambiar el funcionamiento normal de la empresa durante la aplicación.

La inspección de parámetros se puede realizar de forma periódica o continua, dependiendo de varios factores, tales como: el tipo de sistema, los tipos de fallas para diagnosticar y la inversión que se pretende hacer con la inversión.

Existen algunas ventajas al realizar este tipo de mantenimiento:

- Reduce el tiempo de inactividad cuando se sabe exactamente qué órgano produce el defecto.
- Le permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Requiere un modelo de menor mantenimiento.
- Verificar el estado de la maquinaria, ya sea que se realice periódicamente o accidentalmente, permite que se realice un archivo histórico de comportamiento.
- Tomar decisiones sobre detener una línea en momentos críticos.
- Preparación de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permite el conocimiento del historial de rendimiento, que se utilizará para el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de fallas.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

b) Mantenimiento preventivo:

Es una actividad programada de inspecciones, tanto operativas como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración que deben realizarse periódicamente en función de un plan establecido. El propósito es predecir el mal funcionamiento o los defectos en su estado inicial y corregirlos para mantener la instalación en operación completa a niveles óptimos y eficiencia.

El mantenimiento preventivo "le permite detectar fallas repetitivas", disminuir los puntos muertos debido al tiempo de inactividad, aumentar la vida útil del equipo, disminuir los costos de reparación, detectar debilidades en la instalación entre una amplia lista de ventajas.

Aunque el mantenimiento preventivo se considera valioso para las organizaciones, existen varios riesgos, como fallas en la maquinaria o errores humanos al llevar a cabo estos procesos de mantenimiento. El mantenimiento preventivo planificado y el reemplazo planificado son las políticas más importantes disponibles para los ingenieros de mantenimiento.

Los métodos más comunes para determinar qué procesos de mantenimiento preventivo deben llevarse a cabo son las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones tomadas en activos similares.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de fallas en los equipos, lo que lleva a prevenir incidentes antes de que ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambiar piezas desgastadas, cambiar aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar fallas en los equipos antes de que sucedan.

c) Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo en general es la reparación que se realiza en el servicio o instalación adecuados una vez que se ha producido una falla con el objetivo de restaurar la operación y eliminar la causa que causó la falla.

El mantenimiento correctivo tiene el propósito de intercambiar los elementos o equipos dañados que no pueden operar operativamente en el sistema, también ocurre cuando el equipo ha realizado las horas de trabajo para aquellos que fueron fabricados.

El mantenimiento correctivo o el mantenimiento de roturas fue el esquema que hoy es mantenimiento. Este paso de mantenimiento está precedido por el mantenimiento planificado.

Hasta hace unos años, en el pleno desarrollo de la producción en cadena y la sociedad de consumo, lo importante era producir a muy bajo costo. En esta etapa, el mantenimiento fue visto como un servicio necesario que debería costar poco y pasar desapercibido como una señal de que las cosas van bien.

En esta etapa, el mantenimiento era sinónimo de reparación y el servicio de mantenimiento funcionaba con una organización y planificación (limpieza) mínimas, ya que las compañías de electricidad no estaban muy mecanizadas. Las políticas de la compañía eran minimizar el costo de mantenimiento.

Este mantenimiento agrupa las acciones a realizar en el software (programas, bases de datos, documentación, etc.) debido a una operación incorrecta, deficiente o incompleta que por su naturaleza no puede planificarse a tiempo.

Estas acciones, que no implican cambios funcionales, corrigen los defectos técnicos de las aplicaciones. Por defecto, se entiende una diferencia entre las especificaciones del sistema y su funcionamiento cuando se produce esta diferencia debido a errores en la configuración del sistema o en el desarrollo del programa. Se establecerá un marco de colaboración que incluya las actividades que corresponden a la garantía del proveedor actual y las actividades que son objeto de este contrato. La corrección de defectos funcionales y técnicos en aplicaciones cubiertas por el servicio de mantenimiento incluye:

- Análisis del error o problema.
- Análisis de la solución.
- Desarrollo de modificaciones a los sistemas, incluidas las pruebas unitarias.
- Evidencia documentada del sistema.
- Mantenimiento de documentación técnica y funcional del sistema^{4, 5}.

Objetivos del mantenimiento

El mantenimiento tiene los siguientes objetivos:

- Evite, reduzca y, en su caso, repare fallas en los productos antes mencionados.
- Reduzca las detenciones innecesarias o el tiempo de inactividad de la máquina.
- Evitar accidentes y aumentar la seguridad de las personas.
- Preservar los activos productivos en condiciones de operación seguras y preestablecidas.
- Balancear el costo de mantenimiento.
- El mantenimiento adecuado tiende a prolongar la vida útil de los productos, al obtener un rendimiento aceptable de ellos por más tiempo y a reducir el número de fallas^{2,6}.

Recursos necesarios para llevar a cabo todas las tareas de mantenimiento

- Suministro o aprovisionamiento.
- Suministros de reparación, consumibles, suministros especiales y artículos de inventario.
- Equipo de prueba y soporte. Herramientas, equipos especiales de vigilancia, equipos de prueba y calibración, bancos de prueba.
- Personal capacitado.
- Instalaciones de mantenimiento y cubertería, laboratorios de pruebas.
- Datos técnicos. Manuales de mantenimiento, procedimientos de verificación, instrucciones de mantenimiento, procedimientos de inspección y calibración, planes, recursos de TI. Hardware, software, base de datos.

En muchos casos en los procesos de mantenimiento, se ve afectado por una serie de restricciones entre las más frecuentes:

- Suposiciones.
- Horario, tiempo disponible, hombre disponible.
- Normas de seguridad.
- Medio ambiente o clima.
- Documentación técnica.
- Cultura y costumbres tradicionales.

Estructura de mantenimiento

Para proceder o llevar a cabo el mantenimiento en una red de distribución o en cualquier línea donde exista equipo o maquinaria, se puede haber formado la siguiente estructura:

- Política de mantenimiento:

Establece la estrategia, lineales y lineamientos a seguir en la organización funcional del mantenimiento, conformando las etapas de planificación, programación, preparación, ejecución y evaluación de resultados.

- Plan de mantenimiento:

Define programas de mantenimiento cuando se ejecuta durante un período de tiempo específico.

- Programas de mantenimiento:

Se definen tareas y fechas de ejecución.

- Metodología para el mantenimiento:

Para el mantenimiento de los sistemas de distribución de electricidad, se han seleccionado comúnmente las siguientes metodologías: Análisis de modos y efectos de falla y Mantenimiento centrado en la confiabilidad, basado en: reducir el número de ocurrencias de falla al costo mínimo, manteniendo así que el sistema cumple su función con tareas basadas en lo que se debe hacer, siguiendo las siguientes líneas y pautas de procedimientos:

1. Análisis y diagnóstico centrados en la fiabilidad.
2. Análisis de los modos de falla y sus efectos.
3. Investigación de la causa raíz utilizando la técnica de los "por qué" ⁷.

Objetivos de las tareas para llevar a cabo el mantenimiento

Dentro de los objetivos más importantes para llevar a cabo un mantenimiento próspero están:

- Cambiar el estado de la superficie (limpieza, pintura, etc.) de un elemento.
- Mayor confiabilidad y seguridad. Reduce la probabilidad de fallas funcionales.
- Tareas comunes: inspeccionar, controlar, verificar, verificar, realizar pruebas funcionales.
- Recuperación de la funcionalidad del activo. Tareas comunes: revisión, reparación, restauración⁴.

Documentos requeridos para el mantenimiento

Los documentos necesarios que debe mantener la gerencia del concesionario para llevar a cabo y continuar con el mantenimiento son:

- Manual de mantenimiento de la empresa.
- Manual de mantenimiento del fabricante de los diferentes equipos.
- Formato para diagnóstico e inspección de equipos.
- Hoja de vida del equipo.

- Normas de prueba de equipos.
- Procedimientos para realizar las pruebas.
- Procedimientos para realizar las pruebas.

Funciones del personal de mantenimiento

El departamento para realizar tareas de mantenimiento en redes de baja tensión, generalmente debe comprender el siguiente personal:

a) Un ingeniero de mantenimiento. Profesional a tiempo completo.

Profesión: Ingeniero Eléctrico o Ingeniero Electromecánico

Experiencia: Tener experiencia en el campo de la electricidad, mínimo 5 años en trabajos de mantenimiento o construcción de redes eléctricas de media y baja tensión.

Función:

Realizar un control detallado del trabajo y responder a los recursos y herramientas requeridos.

- Mantenerse atento al desarrollo del trabajo diario y realice los ajustes necesarios para su desarrollo normal, de acuerdo con el progreso establecido en el cronograma de actividades.
- Acordar y controlar como superior inmediato superior el desarrollo del trabajo diario y futuro.
- Asegurar en cada frente de trabajo, que el procedimiento de trabajo se divulgue al aplicar en cada actividad.
- Liderar el diseño y mejorar los procedimientos de trabajo.
- Responder en el lugar de trabajo por la calidad del trabajo realizado.
- Garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad que requiere cada trabajo y el uso de implementos de seguridad para el personal.
- Ser responsable del desarrollo general del trabajo.
- Mantener un medio de comunicación permanente que garantice el contacto continuo con el superior inmediato.
- Garantizar el cumplimiento del cronograma de actividades semanal.

a) Un ingeniero de planificación de mantenimiento.

Profesión: Ingeniero Eléctrico o Ingeniero Electromecánico.

Experiencia: Tener experiencia en el campo de la electricidad, mínimo 5 años en trabajos de mantenimiento de redes eléctricas como planificador o supervisor, tener conocimiento en el mantenimiento de redes de distribución.

Función:

- Planificar actividades de mantenimiento diario.

- Asegurar la mano de obra y los recursos materiales de las órdenes de trabajo solicitadas.
 - Solicitar, con suficiente anticipación y teniendo en cuenta el tipo de material, el gerente técnico, la entrega oportuna de materiales para mantenimiento.
 - Creación de órdenes de trabajo.
 - Entregue la orden de trabajo al albacea de acuerdo con la solicitud. En esta orden de trabajo, se debe registrar el procedimiento o patrón de trabajo de la actividad a realizar.
 - Interactuar como gerente técnico para la entrega de materiales según el mantenimiento a realizar.
 - Realizar encuestas de información de campo de acuerdo con las consideraciones del gerente técnico.
 - Analizar la información y establecer el plan de trabajo.
- a) Un profesional con experiencia en Salud Ocupacional, Seguridad Industrial y de Procesos y Medio Ambiente.

Profesión: Puede ser un profesional de cualquier especialidad con experiencia en Salud Ocupacional, Seguridad Industrial y de Procesos y Medio Ambiente, preferiblemente asociado con el mantenimiento de redes eléctricas medias y bajas.

Función:

- Difundir entre los trabajadores las políticas, objetivos y metas de Salud Ocupacional, Seguridad Industrial y de Procesos y Medio Ambiente de la empresa.
 - Asegurar el cumplimiento legal en Salud Ocupacional, Seguridad Industrial y Medio Ambiente, aplicable.
 - Garantizar el cumplimiento y la correcta ejecución de las normas, reglamentos, procedimientos e instrucciones de la empresa, incluidos los permisos de trabajo, la gestión y gestión de residuos sólidos, el sistema de aislamiento seguro y otras normas establecidas; así como su divulgación en caso de que se modifiquen o emitan nuevos documentos.
 - Diseñar el plan de salud ocupacional, seguridad industrial y de procesos y medio ambiente de la empresa.
 - Participar en la investigación de incidentes y haga un seguimiento de la implementación de las acciones que resultan de la investigación de fallas e incidentes.
 - Coordinar programas y estrategias preventivas de salud e higiene para la promoción y protección de la salud ocupacional, en temas como diagnósticos de salud, programas de vigilancia epidemiológica, estilos de vida saludables, autocuidado de salud, monitoreo y control de riesgos para la salud.
- a) Un técnico electricista y 4 o 5 asistentes.

Profesión: Electricista o técnico electromecánico. Debe tener experiencia en trabajos de mantenimiento o construcción de redes eléctricas de media y baja tensión. Tener conocimiento en la interpretación de planos unifilares, maniobras en circuitos eléctricos de media y baja tensión.

Función:

- Realice el trabajo diario y brinde soporte técnico a los electricistas.
- Asegurarse de que el trabajo realizado con sus dependientes cumpla con los requisitos de calidad correspondientes para garantizar el mantenimiento correcto.
- Asistir al ingeniero a cargo para llevar a cabo evaluaciones periódicas del personal que realiza el trabajo de mantenimiento diario^{8, 9, 10}.

Propuesta de plan de mantenimiento general para redes de distribución subterráneas de baja tensión

Después de ver todos los aspectos que deben tenerse en cuenta para formar un buen plan de mantenimiento y con el objetivo de hacer una propuesta a la ENDE de la ciudad de Namibe se propone el siguiente plan de mantenimiento preventivo, visto en la Tabla 1.

Tabla 1. Mantenimiento de sistemas eléctricos

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE BT – Cuadros Generales de Distribución									
Verifique y corrija cuando sea necesario									
Item	ESPECIFICACIÓN	D	S	Q	M	B	T	ST	A
01	Operación de disyuntores				X				
02	Ocurrencias de sobrecalentamiento				X				
03	Lámparas de señalización				X				
04	Ajuste cero de los medidores				X				
05	Ruidos y vibraciones anormales.				X				
06	Transformadores de medida de panel				X				
07	Conexiones de los cables				X				
08	Aperturas y cierres de gabinetes.				X				
09	Medir y registrar las corrientes de fase de los circuitos de suministro general y derivados.				X				
10	Controlar los desbalances de corriente entre fases				X				

Observaciones: a) Todas las bombillas reemplazadas deben incluirse en el informe mensual, incluido el área y la fecha de reemplazo.

b) Al limpiar las luminarias cada seis meses, se debe medir el nivel de iluminación antes y después de la operación.

D = Diario S = Semanal Q = Quincenal M = Mensual B = Bimestral T = Trimestral ST= Semestral

CONCLUSIONES

Primero, es conveniente mostrar la importancia de este trabajo, tanto para el área académica como para las organizaciones en general. En este trabajo, se abordaron cuestiones relacionadas con la ingeniería de producción de energía, proporcionando una comprensión clara de los temas estudiados. Es evidente que, a través de una planificación de mantenimiento eficiente, se pueden obtener importantes ganancias en la disponibilidad del equipo. El desarrollo de este trabajo a través de una investigación de acción dirigida a la realización de un proyecto para mejorar la planificación del mantenimiento en sus actividades en la empresa. Como propósito de este trabajo, el proyecto se desarrolló teniendo en cuenta las necesidades de crear un departamento de mantenimiento en la ENDE que constará de los siguientes elementos:

- Un ingeniero de mantenimiento.
- Un ingeniero de planificación de mantenimiento.
- Un profesional con experiencia en Salud Ocupacional, Seguridad Industrial y de Procesos y Medio Ambiente.
- Un técnico electricista y (4 o 5) asistentes.

Para aprobar el proyecto, se consideraron los objetivos establecidos al comienzo de este trabajo, cuyos objetivos específicos son basar conceptualmente el mantenimiento, los tipos de mantenimiento y el plan de mantenimiento. Dado que estos estudios crearon alternativas y seleccionaron los mejores enfoques para trabajar en el objetivo principal, que es el desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento preventivo y la creación de un departamento de mantenimiento de baja tensión en la ENDE que garantiza mejoras organizativas y técnicas, traduciéndolas así en mejor calidad de la empresa. Además, la planificación de llevar a cabo el trabajo ya planificado garantizará un aumento en la disponibilidad del equipo, lo que implica una reducción de fallas, accidentes y garantizará un aumento en la calidad de la distribución de electricidad a los consumidores y la buena continuación del servicio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 Angola, Centro de Estudos e Investigação Científica da Universidade Católica de. Relatório Energia em Angola 2011. Outubro de 2011.

2 Filho AR. Engenharia de segurança do trabalho na indústria da construção. São Paulo; 2001.

3 Ministério do Trabalho e Emprego, Brasil. Segurança em instalações e serviços em electricidade. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. NR 10. Brasília. <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_10.pdf>., 2004.

4 Ordoñez Sanclemente PJ y Leonardo Nieto AG. Mantenimiento de sistemas eléctricos de distribución. Proyecto de pregado para la obtención del título de ingeniero eléctrico, Guayaquil; 2010.

5 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Instalações eléctricas de baixa tensão. NBR 5410. 2004.

6 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Instalações eléctricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. NBR 14039. 2005.

7 Viana MJ. Instalações eléctricas temporárias em canteiros de obras. São Paulo; 2007.

8 Cunha DG. Modelo de Manutenção Integrada para Equipamentos de Sistemas Elétricos e Ferramentas Computacionais de Suporte. Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica. [En línea] 2007.

9 Dispac. Manual de mantenimiento para redes de alta, media y baja tensión empresa distribuidora del pacífico. Empresa Distribuidora del Pacífico S.A. E.S.P; 2015.

10 Horta GL. Confiabilidade em redes de distribuição de energia elétrica: metodologia e modelagem matemática. Belo horizonte : Dissertação apresentada ao Curso de Mest Centro Federal de EducaçãoTecnológica de Minas Gerais. Programa de pós-graduação em modelagem matemática e computacional; 2014

BIBLIOGRAFÍA

González CU. Aplicaciones residenciales y comerciales de la energía fotovoltaica. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica. Costa Rica : s.n., 2010. p. 97, Diplomado como requisito parcial para optar por el grado de: Bachiller en Ingeniería Eléctrica.

Maykop Pérez Martínez M, Martínez García A, Acosta Noda Y. Utilización del paquete de programas PSAT para el análisis de avería en el sistema electroenergético. Pedagogía Profesional (En Internet). 2014; 12(1) Disponible: <http://rpprofesional.ucpejv.edu.cu>

Prabha K. Power System Stability and Control, Editors Neals J. Balu and MarkG.Lauby, TK 1005.K86. 1933.

Saadat H. Power System Analysis, Editor Betsy Jones, TK1011.S23. 1999

Aparicio MP. Energía Solar Fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada.

www.marcombo.com. [Online] Segunda edición, 2010. [Citação: 10 de octubre de 2016.]

www.marcombo.com.

Recibido: 13 de enero de 2020

Aceptado: 23 de marzo de 2020