



Plan de mantenimiento para las unidades de generación de la central térmica ishpingo tambococha tiputini de la Corporación Eléctrica del Ecuador bajo la metodología de mantenimiento basado en la condición

Maintenance plan for the generation units of the ishpingo tambococha tiputini thermal power plant of the Electric Corporation of Ecuador under the condition-based maintenance methodology

Plano de manutenção das unidades de geração da central térmica ishpingo tambococha tiputini da Corporação Elétrica do Equador sob a metodologia de manutenção baseada em condições

Johana Beatriz Samaniego-Palacios ^I
joy213@hotmail.es
<https://orcid.org/0000-0002-3432-2089>

Edisson Fernando Calderón-Freire ^{II}
edisson.calderon@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3955-8162>

Cristian David Redroban-Dillon ^{III}
cristian.redroban@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3543-9390>

Correspondencia: joy213@hotmail.es

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 29 de diciembre de 2020 ***Aceptado:** 30 de enero de 2021 * **Publicado:** 28 de febrero de 2021

- I. Tecnólogo en Contabilidad de Costos, Ingeniería en Mantenimiento, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería de Mantenimiento, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Ingeniero Mecánico, Master Universitario en Ingeniería, Procesado y Caracterización de Materiales, Grupo de Investigación de Mantenimiento, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Ingeniero Automotriz, Magister en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos y Salud Ocupacional, Grupo de Investigación de Mantenimiento, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

Se desarrolla un plan de mantenimiento para las unidades de generación de la central térmica Ishpingo Tambococha Tiputini de la corporación eléctrica del Ecuador bajo la metodología de mantenimiento basado en la condición, para lo cual en primera instancia se evalúa el mantenimiento aplicado a las unidades HHI Hyundai 9H21/32 instaladas en el bloque 43 ITT, utilizando indicadores de disponibilidad y confiabilidad obtenidos del software de mantenimiento IFS de CELEC EP, posteriormente se elabora un inventario jerárquico con codificación mediante la norma ISO 14224, y se aplica el método de flujograma para establecer la criticidad de los activos que posteriormente se sometieron al análisis de modos de fallas y efectos (AMFE), y en base al resultado de los análisis realizados, con sustento de un estudio de factibilidad y sostenibilidad técnica de implementación, se determinan en función de costes, las tareas de mantenimiento correctivas, preventivas y basadas en la condición necesarias, las constantes de las ecuaciones matemáticas utilizadas se obtuvieron tras aplicar las distribuciones estadísticas Normal y Weibull. La implementación del plan de mantenimiento planteado y socializado con el personal de mantenimiento de CELEC EP fue viable en cuanto a recursos necesarios y frecuencias de mantenimiento, se recomienda realizar una evaluación anual del plan mediante los indicadores aplicados, plantear metas de confiabilidad y disponibilidad, observar el comportamiento de los indicadores, y tomar las decisiones para mejora, además se sugiere el desarrollo de documentación de mantenimiento que registre información específica referente a fallos.

Palabras clave: Ciencias y tecnologías de la ingeniería; plan de mantenimiento; mantenimiento centrado en la confiabilidad; análisis de modos y efecto de fallas; ifs (software); logística de mantenimiento; weibull.

Abstract

A maintenance plan is developed for the generation units of the Ishpingo Tambococha Tiputini thermal power plant of the Electric Corporation of Ecuador under the condition-based maintenance methodology, for which in the first instance the maintenance applied to the HHI Hyundai units is evaluated. 9H21 / 32 installed in ITT block 43, using availability and reliability indicators obtained from CELEC EP's IFS maintenance software, subsequently a hierarchical inventory is drawn up with coding using the ISO 14224 standard, and the flow chart method is

applied to establish the Criticality of the assets that were subsequently subjected to the failure modes and effects analysis (FMEA), and based on the result of the analyzes carried out, based on a feasibility study and technical implementation sustainability, are determined based on costs, necessary corrective, preventive and condition-based maintenance tasks, | The constants of the mathematical equations used were obtained after applying the Normal and Weibull statistical distributions. The implementation of the maintenance plan proposed and shared with the CELEC EP maintenance staff was feasible in terms of necessary resources and maintenance frequencies, it is recommended to carry out an annual evaluation of the plan through the applied indicators, set reliability and availability goals, observe the behavior of the indicators, and make decisions for improvement, it is also suggested to develop maintenance documentation that records specific information regarding failures.

Keywords: Engineering Sciences and Technologies; maintenance plan; maintenance focused on reliability; failure modes and effect analysis; ifs (software); maintenance logistics; weibull.

Resumo

É desenvolvido um plano de manutenção para as unidades geradoras da termelétrica Ishpingo Tambococha Tiputini da Ecuadorian Electric Corporation sob a metodologia de manutenção baseada em condições, para a qual é avaliada em primeira instância a manutenção aplicada às unidades HHI Hyundai. instalado no bloco 43 ITT, utilizando indicadores de disponibilidade e confiabilidade obtidos do software de manutenção IFS da CELEC EP, posteriormente é elaborado um inventário hierárquico com codificação utilizando a norma ISO 14224, e o método do fluxograma é aplicado para estabelecer a Criticidade dos ativos que foram posteriormente submetidas à análise de modos e efeitos de falha (FMEA), e com base no resultado das análises realizadas, suportadas por um estudo de viabilidade e sustentabilidade da implementação técnica, são determinadas com base em custos, tarefas corretivas, preventivas e de manutenção condicionadas necessárias, eu As constantes das equações matemáticas utilizadas foram obtidas após aplicação das distribuições estatísticas Normal e Weibull. A implementação do plano de manutenção proposto e partilhado com o pessoal de manutenção do CELEC EP foi viável em termos de recursos necessários e frequências de manutenção, recomenda-se a realização de uma avaliação anual do plano através dos indicadores aplicados, definir objetivos de fiabilidade e disponibilidade, observar comportamento dos indicadores, e tomada de decisões de melhoria,

sugere-se também desenvolver documentação de manutenção que registre informações específicas sobre falhas.

Palavras chave: Ciências e tecnologias de engenharia; plano de manutenção; manutenção com foco na confiabilidade; modos de falha e análise de efeito; ifs (software); logística de manutenção; weibull.

Introducción

El Mantenimiento Basado en Condición es una estrategia de mantenimiento que fundamenta sus resultados en el diagnóstico previo de los equipos, y obtiene una serie de beneficios tales como optimizar la vida útil, reducir tareas y costes de mantenimiento, y aumentar disponibilidad, fiabilidad y seguridad de los activos y sistemas, razón por la cual se decide aplicar esta metodología para desarrollar un plan de mantenimiento para las unidades de generación de la central térmica Ishpingo Tambococha Tiputini de la corporación eléctrica del Ecuador.

Consideraciones teóricas

Evaluación de la gestión de mantenimiento

Esta evaluación permite observar la efectividad de la gestión de mantenimiento con el propósito de medir las metas alcanzadas, también se define como "una revisión sistemática de una actividad o situación para evaluar el cumplimiento de las reglas o criterios objetivos a que se someten" (Parra y Crespo 2012).

Evaluar la gestión de mantenimiento muestra a la organización el alcance de los objetivos y metas trazados inicialmente, además indica posibles puntos de mejora y trabajos sin culminar.

Existen múltiples metodologías que persiguen este fin, la elección de cual utilizar va a estar ligado a la información existente en la organización a evaluar.

Mantenimiento basado en la condición

La norma UNE EN ISO 13306 Mantenimiento preventivo que incluye una combinación de monitorización de la condición y/o la inspección y/o los ensayos, análisis y las consiguientes acciones de mantenimiento.

Sabugal, 2014 manifiesta que este mantenimiento se apoya en la tecnología moderna para diagnosticar el estado de una máquina o de un proceso, analizar la tendencia de evolución de los parámetros que lo caracterizan y organizar intervenciones correctivas cuando hay riesgo de avería o el deterioro da lugar a pérdidas de eficiencias que justifiquen el coste y la oportunidad de la intervención.

Inventario técnico de activos

El paso inicial para una adecuada planificación de mantenimiento es el levantamiento de datos que ayude a tener un control sobre los activos presentes en una empresa u organización. La norma ISO 14224, explica sobre la taxonomía que “es una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios ítems (ubicación, uso, subdivisión de equipos, etc)”

Criticidad de los equipos

La determinación de la criticidad ayuda al personal de mantenimiento a priorizar los recursos destinados para su manutención, por consiguiente, “es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones” (Mendoza, 2005).

Análisis de Modo de falla y efecto

El análisis de modo de falla y efecto es “una técnica analítica que tiene la finalidad de identificar y evaluar todos los modos potenciales de falla, sus causas y efectos para prevenir o corregir dichas fallas a través del establecimiento de acciones específicas y mecanismos de control” (Martínez, 2004).

Logística de mantenimiento

La norma EN 13306, define a la logística de mantenimiento como la “Provisión de recursos, servicios y gestión necesarios para realizar el mantenimiento de forma más eficiente”.

Plan de Mantenimiento

La norma ISO 14224, 2006 define el plan de mantenimiento es una “serie de tareas estructuradas y documentadas que incluye las actividades, procedimientos, recursos y la escala de tiempo requerida para llevar a cabo el mantenimiento” Estas actividades tienen como uno de sus objetivos alcanzar la vida útil esperada del activo.

Factibilidad técnica

“Todas las tareas programadas deben ser técnicamente factibles y deben valer la pena hacerlas” (SAE JA 1012, 2002). En contraste, estas actividades deben buscar la reducción de los modos de fallas justificando los costos incurridos en las acciones ejecutadas.

Cuando sucede una falla dentro de cualquier activo dentro de una línea productiva, esta afecta a la producción, calidad del producto o servicio, medio ambiente y personal. Si este tipo de fallas no tiene un adecuado tratamiento mediante la prevención, el personal y duración de la intervención correctiva impactara negativamente sobre los costos de mantenimiento.

Sostenibilidad técnica de las tareas

La sostenibilidad técnica está relacionada con la efectividad del costo de realizar una tarea que está definida en la norma SAE JA 1012, que expresa “si dos o más políticas de manejo de fallas propuestas son técnicamente factibles valen la pena hacerlas, se debe seleccionar la política que sea más costo efectivo” (SAE JA 1012, 2002). Hay que mencionar que, la elección de la política más económica debe realizar antes que la que tenga más tecnología.

Metodología

Este trabajo se realiza en base a las etapas establecidas que comprendan.

Inventario técnico y reconocimiento de equipos.

Las unidades de generación en análisis poseen los equipos que se detallan a continuación:

- Motor de combustión interna
- Panel de control
- Intercambiadores de calor
- Generador
- Tuberías y válvulas

Codificación

La codificación sirve para la identificación rápida de los equipos, a nivel nacional CELEC EP tiene un modelo de codificación basada en la norma ISO 14224, la cual posee diez niveles jerárquicos y que es adoptada por todas las unidades de negocio.

La codificación utilizada por CELEC EP es muy extensa, por lo cual, no resulta beneficioso para el área de mantenimiento, por lo que se propone el uso de una codificación basada en tres niveles de la norma ISO 14224 como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1: Codificación de los equipos

Nivel	Código	Descripción
1	CTITT	Central térmica Ishpingo, Timbococha y Tiputini
2	GEN	Generación
	MOT01	Motor de combustión interna 01
	GEN01	Generador 01
	ICA01	Intercambiador de calor de agua
3	ICD01	Intercambiador de calor de diésel
	PAC01	Panel de control
	VTC01	Válvulas y tuberías complementarias

Fuente: CELEC EP

Definición del contexto operacional

El contexto operacional es definido por el usuario, en el cual se detallan aspectos como: el propósito del activo, donde va a ser utilizado, quién lo va a operar, las medidas de seguridad y ambientales, etc. Definir estos términos ayuda a cumplir objetivos trazados por la empresa.

En la central térmica Ishpingo Tambococha Tiputini las unidades de generación trabajan bajo el mismo contexto operacional.

Análisis de criticidad

El análisis de criticidad sirve para determinar con que prioridad se va a atender a los diferentes activos en una empresa. Para este caso se utiliza el modelo del flujograma.

Tabla 2: Criticidad de los equipos.

Equipos	Factores de la criticidad							Criticidad
	E	S	Q	W	D	F	M	
Motor de combustión interna	A	A	A	A	B	B	A	Crítico
Generador	B	A	A	A	B	B	A	Crítico
Intercambiador de calor de agua	B	A	A	A	B	B	A	Crítico
Intercambiador de calor de diésel	B	A	A	A	B	B	B	Crítico
Panel de control	B	A	A	A	B	B	B	Crítico
Válvulas y tuberías	B	B	B	A	B	C	B	Semi crítico

Análisis de modo de falla y efectos

El análisis de modo de falla y efecto busca la causa raíz de los diferentes problemas que aquejan a los activos de una empresa.

Análisis de factibilidad técnica

Para determinar si la tarea es técnicamente factible mediante el intervalo P-F se analizó si es posible definir claramente una condición de fallo potencial el intervalo se desarrolla y si, no es posible definir una condición de fallo potencial el intervalo no se desarrolla. Una tarea es técnicamente factible si al aplicarla es físicamente posible reducir las consecuencias del modo de fallo asociado a una magnitud tal que sea aceptable para el usuario activo.

Tabla 3: Tareas basadas en la condición

<i>Modo de fallo</i>	<i>Señal Monitoreada</i>	<i>Actividad basada en la condición</i>
Agarrotamiento entre los engranajes del arranque automático	TEMPERATURA, VIBRACIÓN	Análisis de vibraciones
Engranajes rotos del motor de arranque neumático	TEMPERATURA, VIBRACIÓN	Análisis de vibraciones
Conductor deteriorado del motor de DC del governor	TEMPERATURA, VOLTAJE	Termografía
Obstrucción del filtro de combustible	FLUJO DEL COMBUSTIBLE	Inspecciones auditivas
Tobera del inyector desgastada	TEMPERATURA	Inspecciones visuales
Cremalleras agarrotadas	TEMPERATURA	Análisis de vibraciones
Bujes Desgastados	TEMPERATURA	Inspecciones visuales
Aros de la tobera carbonizados	TEMPERATURA	Análisis de presión

Tabla 4: Tareas predeterminadas que desarrolla el intervalo P-F

Modo de fallo	Actividad predeterminada
Agarrotamiento entre los engranajes del arranque automático	Lubricación de engranajes
Engranajes rotos del motor de arranque neumático	Lubricación de engranajes
Conductor deteriorado del motor de DC del governor	Resistencia o capacidad del aislamiento de proteger al conductor
Obstrucción del filtro de combustible	Limpieza y lavado de filtros
Tobera del inyector desgastada	Prueba de presión en el inyector
Cremalleras agarrotadas	Limpieza y lubricación
Bujes Desgastados	Cambio de bujes
Aros de la tobera carbonizados	Limpieza y des carbonizado de aros de la tobera

Análisis de sostenibilidad

Se realizó un análisis de costos de acuerdo al tipo de tareas de mantenimiento basado en la condición, predeterminadas y correctivas.

Las tareas de mantenimiento preventivo y basadas en la condición son sostenibles si se reduce la probabilidad de fallo a niveles despreciables, y si en un periodo de tiempo, el costo de ejecutarla es menor que el costo de permitir que ocurra el fallo. Además de la búsqueda de disminución de los costos de mantenimiento correctivo como se observa en el caso aplicativo de la tarea de calibración de inyectores.

Para el cálculo del valor de la tasa de fallos y del tiempo se utiliza la distribución de Weibull y distribución normal a causa de la falta de muestras.

Resultados

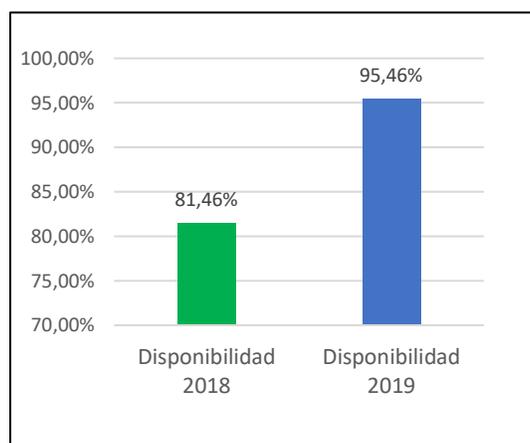
Realizado e implantado el plan en la nueva Central térmica ITT se procedió a comparar los resultados con los que trabajaban las unidades de generación en el periodo de enero a diciembre 2018 y lo que se encuentra operando en el periodo enero a octubre 2019, con los valores de la disponibilidad para cada unidad de generación, se tiene un resultado positivo en la unidad de generación 47 que tuvo un incremento de la disponibilidad del 17%, como se muestra en el gráfico 1, y el peor resultado obtenido es para la unidad de generación 56 debido al incremento de fallas por la falta de repuestos, como se muestra en el grafico 2, y el grafico 3 muestra la variación de la disponibilidad de todas las unidades estudiadas.

Tabla 5: Comparación mejor y peor resultado de disponibilidad.

UNIDAD	Disponibilidad 2018	Disponibilidad 2019
UNIDAD 47	81,46%	95,46%
UNIDAD 56	98,97%	97,97%

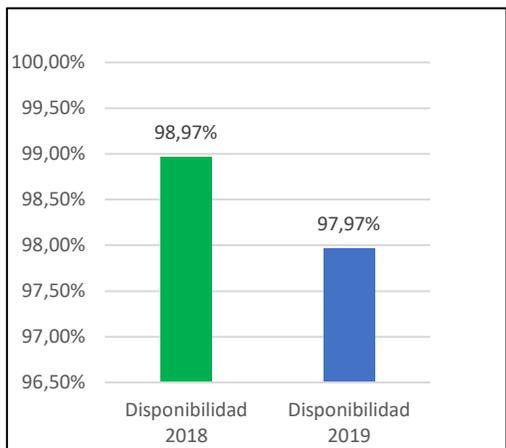
Fuente: CELEC EP

Gráfico 1: Variación de la disponibilidad unidad 47



Fuente: CELEC EP

Gráfico 2: Variación disponibilidad unidad 56

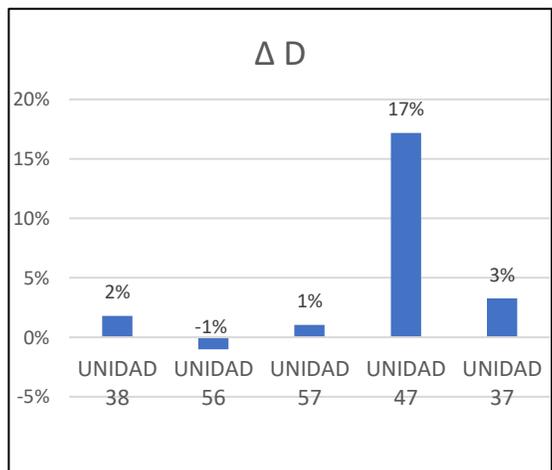


Fuente: Autor

Tabla 6: Porcentaje de variación de la disponibilidad

UNIDADES	ΔD
UNIDAD 38	2%
UNIDAD 56	-1%
UNIDAD 57	1%
UNIDAD 47	17%
UNIDAD 37	3%

Gráfico 3: Variación de la disponibilidad de las unidades



Fuente: CELEC EP

Conclusiones

- La evaluación aplicada al plan de mantenimiento de las unidades HHI-Hyundai 9H21/32 de la central Quevedo durante el periodo enero a diciembre, mediante indicadores de mantenimiento se evidencia índices aceptables, por lo cual, surge la necesidad de conservar y mejorar estos valores a través del diseño del plan de mantenimiento.
- La central térmica Quevedo cuenta con una codificación, deficiente en el área de mantenimiento, por lo tanto, se diseña una nueva codificación que contiene tres niveles bajo los lineamientos de la norma ISO 14224.
- El análisis de criticidad aplicado mediante el método del flujograma, en el cual se analizan aspectos como: medio ambiente, seguridad, calidad, tiempo de trabajo de un activo, entrega, fiabilidad y mantenibilidad; analizan equipos críticos: los motores de combustión interna, generadores, los intercambiadores de calor y equipos semicríticos: válvulas y tuberías.
- El análisis de modos de falla y efectos es realizado con la ayuda de la información obtenida del historial de falla, el cual se aplica a los motores de combustión interna; obteniéndose 22 modos de falla. Además, se analiza el desarrollo del intervalo P-F, del cual, 8 modos de fallo cumplen con este criterio y los restantes no desarrollan el intervalo.
- El estudio de factibilidad y sostenibilidad técnica se realiza mediante un análisis de costos de mantenimiento correctivo, preventivo y basado en la condición. Los costos de mantenimiento Preventivo son los más altos, los costos de mantenimiento correctivo están en segundo lugar y los costos de mantenimiento basado en la condición figuran en tercer lugar como los menos importantes de los tres analizados, la implicación del costo y la importancia es directa, por lo tanto, es válida la implementación de las tareas de mantenimiento basado en la condición recomendadas.
- La implementación del plan de mantenimiento basado en la condición es viable de acuerdo al análisis de sostenibilidad y factibilidad técnica, para lo cual, se define los recursos necesarios y la frecuencia de mantenimiento, en consenso con el personal de mantenimiento de CELEC EP.

Referencias

1. AZOY, A. “Método para el cálculo de indicadores de mantenimiento” Revista INGENIERÍA AGRÍCOLA, ISSN-2326-1545, RNPS-0622, Vol. 4, No. 4 (octubre-noviembre-diciembre), pp. 45-49, 201. 2014. Disponible en: <https://www.rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/666/667>
2. CAPOTEL, ANDY; et al. “Evaluación de la gestión del mantenimiento y la reparación de los tractores mediante indicadores” [en línea]. Vol. 6. No. 2 (abril-mayo-junio), pp. 40-44, 2016. ISSN-2306-1545. REVISTA INGENIERÍA AGRÍCOLA. Disponible en: <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/817/0>
3. CASTRO, ELICER. Proceso de codificación de equipos y aplicación del sistema sap en la gestión del mantenimiento en ampliación de la planta arauco remanufactura tres pinos. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Austral de Chile. Escuela Ingeniería Mecánica. Valdivia, Chile 2006.
4. FERNÁNDEZ, LUZ. Desarrollo de un plan de mantenimiento para la central hidroeléctrica de alcalá del río, aplicando criterios de confiabilidad (rcm) [en línea]. S.l.: Universidad de Sevilla. 2015. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90479/fichero/TFG+LUZ+MARIA+FERNANDEZ+BRAVO+2015%25FDESARROLLO+DEL+PROYECTO.pdf>
5. GARCÍA, SANTIAGO; et al. Operación y Mantenimiento de Centrales de Ciclo Combinado. [en línea]. S.l.: Ediciones Díaz de Santos, 2008. ISBN 9788479788421. Disponible en: <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479788421.pdf>
6. GONZALEZ, J. Centrales Térmicas. [en línea]. FACET.UNT.2014 Disponible en: <https://catedras.facet.unt.edu.ar/centraleselectricas/wp-content/uploads/sites/19/2014/10/Apunte-Central-TV-1.pdf>
7. HUERTOS, DANIEL. MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE TURBINAS DE GAS [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR. 2011. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/13295>
8. ISO 14224:2016. Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.
9. ISO 17359:2011 , Monitoreo de condición y diagnóstico de máquinas.

10. MARTINEZ, CESAR. IMPLEMENTACIÓN DE UNA ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA EN UNA LINEA DE MANUFACTURA PARA JUGUETES. [en línea]. (Trabajo de titulación). (Postgrado). UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. División de Estudios de Postgrado. 2004. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/76584398.pdf>
11. NTP 331. Fiabilidad: la distribución de Weibull
12. MENDOZA, R. “El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional”. PDVSA, 2005. Petróleos de Venezuela. SA. Disponible en: <https://docplayer.es/14621533-El-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-operacional-1-definiciones-importantes-regresar.html>
13. MOUBRAY, J. RCM II. 2004. Fisltri. S.l.: s.n. ISBN 09539603-2-3.
14. PARRA, CARLOS ; & CRESPO, ADOLFO “Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en gestión de activos : desarrollo y aplicación práctica de un modelo de gestión del mantenimiento (MGM)” 2012.S.l.: Ingeman. ISBN 9788495499677.
15. UNE EN 61703:2016. Expresiones matemáticas para los términos de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y de logística de mantenimiento.
16. UNE EN 15341:2008. Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento de mantenimiento
17. UNE EN 16646: 2015. Mantenimiento. Mantenimiento en la gestión de los activos físicos.
18. SABUGAL, SANTIAGO; & GÓMEZ FLORENTINO “Centrales Térmicas de Ciclo Combinado. Teoría y Proyecto.” S.l.: Ediciones Díaz de Santos. 2006. ISBN: 847978735X.
Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=bDKQqFM9tEYC&printsec=frontcover&dq=centrales+termicas+de+ciclo+combinado&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEWjaqLCXuejkAhUH2qwKHcSjD4YQ6AEIKDAA#v=onepage&q=centrales%20termicas%20de%20ciclo%20combinado&f=false>
19. SAE JA 1012:2002. Una guía para la norma de mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Conceptos básicos.

20. SAE JA 1011: 1999. Criterios de Evaluación para procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)
21. UNE EN 60300-3-11, 2013. Gestión de la confiabilidad. Parte 3-11: Guía de aplicación. Mantenimiento centrado en la confiabilidad.
22. UNE-EN 13306:2011. Mantenimiento. Terminología del mantenimiento.
23. UNE-EN 16646:2015. Mantenimiento. Mantenimiento en la gestión de activos físicos.

© 2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).