

LA IMPORTANCIA DE LA INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

THE IMPORTANCE OF RELIABILITY ENGINEERING IN PRODUCTION SYSTEMS

Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina¹, Lic. Rosy Cruz Olivo¹, M.C. Luz Elena Terrazas Mata¹,
M.C. Lizette Alvarado Tarango¹ y M.C. Jorge Adolfo Pinto Santos¹

¹ Tecnológico Nacional de México, Campus Cd. Juárez, Departamento de Posgrado e Investigación. Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle, C.P. 32500, Cd. Juárez Chihuahua, México. manuel_rodriguez_itcj@yahoo.com

Resumen -- Este trabajo pretende mostrar la importancia de la relación entre la calidad, la confiabilidad y la ingeniería de confiabilidad en los sistemas dentro de las empresas manufactureras, las empresas de servicios y los centros de educación superior en México. Se incluyen algunos elementos de la Normatividad, específicamente la ISO 9001:2015 y la IATF 16949 y la utilización de los conceptos básicos de la confiabilidad. Se analizan sistemas automotrices clásicos y la confiabilidad de un sistema de educación superior

Palabras Clave: Confiabilidad, Ingeniería de Calidad, ISO 9001:2015, Metodología ágil, Diseño de producto.

Abstract -- This paper aims to show the importance of the relationship between quality, reliability, and reliability engineering in systems within manufacturing companies, service companies and higher education centers in Mexico. Some elements of the Regulations are included, specifically ISO 9001: 2015 and IATF 16949 and the use of the basic concepts of reliability. Classic automotive systems and the reliability of a higher education system are analyzed.

Key words: Reliability, Quality Engineering, ISO 9001: 2015, Agile Methodology, Product Design.

INTRODUCCIÓN

La definición común de un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí para lograr un objetivo común. Bajo esta sencilla definición, resulta de primordial importancia definir el sistema, sus componentes y, por supuesto, sus objetivos. Es también importante definir lo que se puede considerar la o las fallas del sistema.

La calidad es definida de diferentes formas coincidentes como: cumplir con las expectativas del cliente, adecuación al uso de Juran y calidad es la pérdida

impartida a la sociedad desde que el producto se embarca de Taguchi. La calidad de los productos, servicios y sistemas en general será cumplir con las expectativas de funcionalidad y confiabilidad.

La Ingeniería de Confiabilidad se define como la disciplina de aseguramiento de que un producto (o servicio) será confiable cuando opera en la forma especificada [1], es decir la función de la ingeniería de confiabilidad es evitar las fallas, es decir, la probabilidad de que un dispositivo trabaje sin fallas por un período preestablecido de tiempo, bajo las condiciones normales de operación [2].

Confiabilidad es la probabilidad de que un dispositivo trabaje sin fallas por un periodo preestablecido de tiempo bajo condiciones normales de operación [2][15].

[12] define confiabilidad de una manera coloquial como la propiedad de que una cosa trabaje cuando nosotros queremos usarla.

El análisis de la confiabilidad de los productos y los sistemas en general, utilizando técnicas de análisis y medición, además de modelos apropiados ha adquirido cada vez mayor importancia. El objetivo principal de la ingeniería de confiabilidad es reducir las fallas de los productos y los sistemas, incrementando así los tiempos de garantía y mejorando la competitividad de las empresas.

Actualmente las industrias manufactureras y sus departamentos de Aseguranza y control de la calidad enfocan sus esfuerzos hacia el mejoramiento continuo de sus productos y servicios, es decir, mejorando la capacidad para cumplir con los requerimientos de cliente, principalmente desde el punto de vista dimensional. Sin embargo, los criterios utilizados son el que las partes producidas solo cumplan con estar dentro de los límites de especificación, a pesar de que existen

indicadores de calidad como los índices de capacidad de proceso, los cuales deberían ser rigurosamente calculados y monitoreados.

DESARROLLO

Las técnicas de medición de la confiabilidad proveen una disciplina común que pueden ser usadas para hacer proyecciones de sistemas confiables a través de toda la vida del producto [3].

Pacheco [4] menciona que la confiabilidad es la percepción de la capacidad de un producto o servicio de suministrar periodos largos de rendimiento sin fallas durante su uso. Además, agrega que, cualitativamente, la confiabilidad se relaciona con el que, cualitativamente, la confiabilidad se relaciona con el éxito o la falla del rendimiento, y la falta de confiabilidad reduce el valor o la utilidad de un producto o servicio.

Un estudio en el cual se investigó la percepción de marca país (lo hecho en México está bien hecho); es decir, qué tan confiables y buscados son sus productos por consumidores extranjeros. Alemania tiene el primer lugar y una calificación de 100; en cambio, México tiene 37 [5]. Además, menciona que según el Country Brand Index, México tiene la tercera mejor marca país de América Latina. Hay que tener en cuenta el sesgo de nacionalidad; básicamente, dice que las actitudes, percepciones y hábitos de compra del consumidor cambian de acuerdo con el país de origen de algún bien. Agrega también, que algunos productos mexicanos son más comprados que otros, como cerveza, tequila, tomates, fresas y básicamente bebidas y alimentos si dice hecho en México muy probablemente sea comprado. Se menciona también que México es aún visto como un país de tercer mundo, lo que provoca poca aceptación de productos de mayor complejidad.

La calidad se ha convertido en uno de los factores de decisión más importantes del consumidor es la buena selección de productos y servicios. Así mejorar la calidad comprendida desde los deseos de los clientes, es un factor clave para lograr el éxito empresarial [11].

Es aquí, donde la ingeniería de calidad debe ampliar criterios para el control con una mayor visión hacia la confiabilidad de los productos, de tal manera que todos los involucrados en los procesos enfoquen sus esfuerzos hacia la ingeniería de confiabilidad.

La Confiabilidad en las Empresas Manufactureras

La competitividad de las empresas en el mercado está directamente relacionada con la confiabilidad de sus productos, que, a su vez, está fuertemente relacionada con la calidad de sus procesos. El crecimiento de la empresa en función de área de mercado depende entonces de la calidad y la confiabilidad.

Por lo antes expuesto, las empresas deberán dirigir sus esfuerzos hacia el diseño de productos con mayor confiabilidad, ampliando el conocimiento de los ingenieros de diseño, calidad, producción, mantenimiento, entre otros, hacia la ingeniería de calidad y confiabilidad. Aún las empresas que no son responsables del diseño deberán tener conocimientos amplios de la ingeniería de confiabilidad, y ser capaces de realizar pruebas Burn-In e, inclusive pruebas de vida acelerada para los principales esfuerzos a los que se verán sometidos sus productos en el campo.

La ingeniería de confiabilidad está orientada a la falla de los productos. El problema principal es predecir la falla en el uso de los dispositivos y el tiempo en que ocurrirá. La información obtenida servirá para mejoramiento de los diseños, las políticas de mantenimiento y reemplazo y establecer los plazos de garantía [8].

La gran mayoría de las empresas de manufactura en México, principalmente, como se dijo antes, no son responsables del diseño, por lo cual, no existe una gran preocupación de que el producto cumpla con los requerimientos de cliente, es decir, las metas del diseño.

Lo que regularmente se hace es implementar sistemas de controles de calidad a la salida de los procesos que bien pudieran ser funcionales del tipo pasa-no-pasa.

El análisis de la confiabilidad deberá iniciarse desde el establecimiento de las metas de diseño, esto es, en la etapa de planeación de las funciones del producto de acuerdo con los requerimientos del cliente.

El establecimiento de las metas de diseño determina, de manera clara, lo que es una falla en los dispositivos. Lo siguiente será establecer los métodos para predecir las fallas y su tiempo de ocurrencia.

La norma ISO 9001:2015 y la IATF 16949 (Sistemas de Calidad) incluyen ambas los documentos de la AIAG, creados en la norma QS 9000, siendo estos:

- APQP (Proceso de Planeación Avanzada de la Calidad), FMEA (Análisis del Modo de Falla y Efecto en el Producto y en el Proceso),
- SPC (Control Estadístico de Procesos),
- MSA (Análisis del Sistema de Medición) y
- PPAP (Proceso de aprobación de partes de producción).

El documento del APQP considera las etapas siguientes: I. Aprobación del programa/concepto, II. Diseño y Desarrollo del Producto, III. Diseño y Desarrollo del Proceso, IV. Validación del Producto y el Proceso y V. Retroalimentación, evaluación y acción correctiva.

En la etapa de diseño del producto se deberán elaborar prototipos y someterlos a pruebas de acuerdo con las fallas definidas y a los esfuerzos a los que estará sometido. En el diseño de las pruebas se deberá tener en cuenta que, cada diferente tipo de esfuerzo provocará diferente modo de falla. En esta etapa se deberán establecer las condiciones de operación de los dispositivos.

La siguiente etapa, el diseño del proceso, es de gran importancia para la confiabilidad de los dispositivos. El buen funcionamiento de los equipos, sus programas de mantenimiento preventivo garantizan la calidad de salida, y, por lo tanto, la confiabilidad de los dispositivos en el campo.

Calidad es la cantidad mediante la cual satisface los requerimientos de los usuarios. Calidad del producto es en parte una función del diseño y conformancia a las especificaciones del diseño durante la manufactura. La confiabilidad está relacionada con que tanto tiempo el producto continuo la función de acuerdo con las metas de diseño. Por lo tanto, confiabilidad puede ser vista como la calidad de desempeño operacional del producto sobre el tiempo, y como tal extiende la calidad dentro del dominio del tiempo [2][7].

En estos conceptos, los elementos normativos (ISO 9001:2015 e IATF 16949, deberían llevarnos a pensar en realizar las cosas de manera diferente; el seguir, primeramente, los lineamientos dados en los documentos, por ejemplo, DFMEA, analizando los modos de falla de los componentes del diseño y agregarlos como de primera importancia al diseño del proceso, esto para no provocarles la falla en el momento de manufacturarlos.

El PFMEA es un documento para analizar los diferentes modos de falla que potencialmente podrían ocurrir en el proceso y los efectos sobre un cliente predefinido, las causas y los controles para evitar la ocurrencia de la causa.

Todos los controles establecidos en el PFMEA deberán aparecer en el plan de control, tal como fueron definidos, sin hacer ningún cambio y realizar las mediciones y pruebas establecidas.

El elemento 9 de la ISO 9001:2015 [6], Evaluación del Desempeño, establece en el punto 9.1 que:

La organización debe determinar:

- a) Qué elementos necesitan seguimiento y medición.
- b) Los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación, según corresponda, para asegurar resultados válidos.
- c) En qué momento deben ser ejecutados el seguimiento y la medición.
- d) En qué momento deben ser analizados y evaluados los resultados del seguimiento y la medición.

Sin embargo, la mayoría de las organizaciones no establece en sus indicadores de desempeño y en sus planes de control, la forma de relacionar la calidad en el proceso y su relación con la falla del sistema en el campo de aplicación.

La calidad y la confiabilidad van de la mano. Un artículo podría aprobar una medición o prueba de calidad en el proceso, pero si el ensamble o procesado fue en el límite, es muy posible que el producto no sobreviva el tiempo garantizado.

Determinar las características de diseño del producto y las características de procesado debería siempre hacerse de manera sistemática, lo cual puede lograrse usando experimentos adecuadamente diseñados [9][10].

La Ingeniería de Confiabilidad nos proporciona las herramientas teóricas y prácticas mediante las cuales se podrán determinar las probabilidades de fallas de los sistemas y sus componentes, de tal manera que se establezcan las mejoras, logrando así las expectativas de los clientes [13].

Después de realizar las pruebas de calidad, en muchos productos manufacturados debería realizarse pruebas de confiabilidad, pruebas de degradación o pruebas Burn.in, con tres objetivos principales: primero, evitar

que el producto defectuoso llegue al usuario final; segundo, corregir las fallas y mejorar cuestiones de diseño en la planta y tercero, evitar la pérdida de prestigio y ganar en competitividad.

*Figura 1. Diagrama P.
Fuente: Elaboración propia.*

La Figura 1. (Diagrama P) muestra un enfoque de sistemas para el análisis de las variables independientes o controlables (Xi) y las variables no controlables (Zj) que influyen sobre las variables de respuesta o dependientes (Yk). Estas variables deberán ser sujetas de análisis, tanto en la etapa de Diseño y Desarrollo del Producto (Punto 8.3 de la ISO 9001:2015), como en la etapa del Diseño del Proceso y el control de ellos (Punto 8.1, ISO 9001:2015).

El seguimiento correcto y congruente de los lineamientos establecidos en el Proceso de Planeación Avanzada de la Calidad (APQP por sus siglas en inglés) deberá garantizar el cumplimiento de las metas de diseño, las metas de calidad y las metas de confiabilidad.

La congruencia de los documentos deberá establecerse de acuerdo con la siguiente secuencia:

1. Plano de la parte
2. Análisis del Modo de Falla y Efecto del Diseño (DFMEA)
3. Matriz de características
4. Diagrama de Flujo de Proceso
5. Análisis del Modo de Falla y Efecto del Proceso (PFMEA)
6. Plan de Control

La utilización de herramientas de análisis de los requerimientos de los clientes como el QFD y el método Kano serían de gran utilidad para el establecimiento de metas de diseño y planes de Aseguramiento de los productos y los procesos.

La evaluación de los sistemas de medición, tanto desde el aspecto de adecuación para la medición, la resolución y la calidad del dispositivo deberá llevarse a cabo con la regularidad requerida, es decir su calibración (MSA).

La confiabilidad en los sistemas generales

Como mencionamos antes, la definición más conocida de un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados entre sí para lograr un objetivo. En un automóvil existen varios sistemas, como, por ejemplo, el sistema de frenos, el sistema de enfriamiento, el sistema de ignición, sistema de lubricación, etc. Todos y cada uno de los sistemas mencionados están constituidos por elementos que se interrelacionan para cumplir funciones específicas como frenado, enfriado, encendido y lubricación.

El diseño del sistema de acuerdo con requerimientos de cliente, considerando la manufacturabilidad y ensamble y mantenibilidad son las actividades de inicio que deberán ser analizadas exhaustivamente.

La industria automotriz manufactura por completo los sistemas de frenos de diferentes tipos tales como de disco y tambor.

El sistema de freno es el que permite reducir la velocidad o detener por completo el auto cuando está en marcha.

Implica un proceso de transformación, donde la energía mecánica del movimiento se convierte en energía calorífica generada por la fricción al accionar el pedal de frenos.

La calidad y la confiabilidad del sistema dependerán de la calidad y la confiabilidad de cada uno de sus componentes. La calidad en cada una de las operaciones del proceso garantizará el cumplimiento del requerimiento del cliente: frenado eficaz por un periodo preestablecido de tiempo, y el mantenimiento preestablecido dentro de las instrucciones de uso del sistema.

La mantenibilidad es definida como la probabilidad de que un sistema o componente que fallen puedan ser reparados o restaurados a una condición específica dentro de un periodo específico de tiempo cuando el mantenimiento es llevado a cabo de acuerdo con los procedimientos prescritos [2]. El mantenimiento se define como el conjunto de acciones orientadas a

conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables [14].

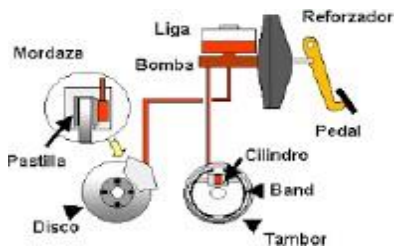


Figura 2. Sistema convencional de frenos (Fuente: Multiservicio Automotriz 3H).
Fuente: Elaboración propia.

El Sistema de Lubricación es manufacturado en plantas de la industria automotriz. La función del sistema de lubricación es evitar que las piezas se desgasten mediante el roce en el motor.

Los elementos del sistema son:

1. El recipiente del aceite, comúnmente conocido como cárter, que es donde se almacena el aceite,
2. la bomba de aceite, que se encarga de mover el aceite desde el cigüeñal,
3. la válvula de regulación de presión que se encarga de abrir y cerrar para que la presión se mantenga en niveles estables y
4. el filtro de aceite que separa y retiene los elementos sólidos que pueda contener el aceite. (ver Figura 3).

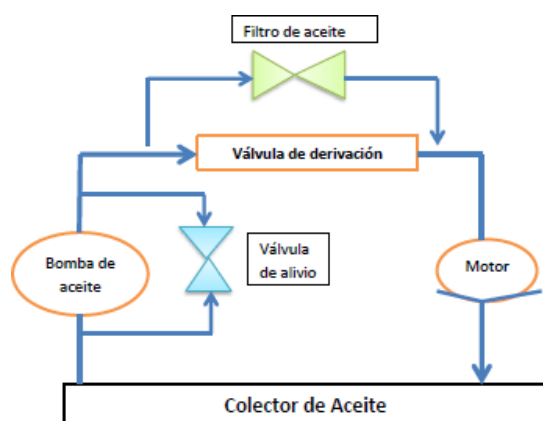


Figura 3. Sistema de lubricación.
Fuente: Elaboración propia.

Los Sistemas Educativos

Un sistema educativo es una estructura de desarrollo de la relación enseñanza-aprendizaje integrada por un conjunto de instituciones y organismos que financian, regulan y proporcionan servicios para el logro de una educación básica y formal de acuerdo con las políticas establecidas por el estado.

Abordando únicamente el Sistema de Educación Tecnológica, consideremos la MISION establecida la cual dice: “Formar profesionales en educación superior tecnológica de calidad, capaces de contribuir a la ciencia, tecnología e investigación con un enfoque creativo e innovador, mediante una educación integra basada en competencias para el desarrollo sustentable de una sociedad incluyente, globalizada, equitativa y humana”.

Al Sistema de Educación Tecnológica se le ha exigido la certificación a la ISO: 9001:2015 buscando de esa manera demostrar la calidad de esta. Revisemos los 7 principios de la Gestión de la Calidad de la Norma ISO 9001:2015:

1. Enfoque al Cliente. ¿Quién es el cliente?
2. Liderazgo. ¿Quién lo ejerce? ¿Qué tipo de liderazgo ejerce?
3. Compromiso de las personas. ¿Cuál es el ambiente de la organización?
4. Enfoque de procesos. ¿Es verdaderamente la relación enseñanza-aprendizaje, el proceso clave en el sistema?
5. Toma de decisiones basada en evidencias. ¿Se analizan adecuadamente los indicadores de desempeño? ¿Se toman las decisiones correctamente basándose en los resultados de los indicadores de desempeño?
6. La mejora continua. ¿Se tiene un programa de desarrollo en los programas de cada carrera? ¿Se verifican los requerimientos de los clientes y las partes interesadas pertinentes para establecer las actividades de mejora?
7. Gestión de las relaciones. ¿Se establecen adecuadamente las actividades de vinculación? ¿Se contempla en estas relaciones todas las partes interesadas pertinentes?

RESULTADOS ESPERADOS

• **Concientización:** Cualquier intención de ofrecer servicios y/o productos, en primer término, deberá hacerse de manera sistemática y analítica. Los resultados de este análisis deberán generar la

conciencia de los elementos del sistema a incluir, además de los objetivos a lograr. Los siguientes puntos serán el resultado de esta concientización.

- **Mejora del enfoque al cliente:** Se espera que el principal objetivo establecido al implementar un Sistema de Calidad deberá ser cumplir con todas los requerimientos del cliente. Todos y cada uno de los elementos del sistema deberán estar involucrados y comprometidos en lograr la calidad cualquiera que sea la naturaleza del sistema.

- **Incremento del alcance del mercado:** el cumplimiento verdadero de los estándares establecidos proporciona seguridad ante clientes potenciales. El crecimiento del área de mercado se genera debido a la imagen que proyecta el hecho de que una organización ofrezca bienes y servicios de calidad, esto evidenciado con datos reales y convincentes, de acuerdo con los indicadores de desempeño establecidos en el sistema.

- **Mejora los procesos de la organización:** Tradicionalmente, el enfoque para la auditoría del funcionamiento del sistema era hacia revisión de documentos que “comprobaban” su funcionalidad. Las empresas de producción de bienes y servicios enfocaron sus esfuerzos hacia la revisión del funcionamiento de todos y cada uno de los procesos, analizando sus resultados esperados, y, posteriormente elaborar documentos. Esto llevará necesariamente hacia la mejora en general.

- **Competitividad:** Cualquier sistema, sea un producto o sea un servicio, será competitivo si se es realista y se analizan las fortalezas y debilidades de nuestro sistema, así como sus fortalezas y debilidades, estableciendo de esta manera, nuevos objetivos en busca de la mejora.

CONCLUSIONES

Dentro de los sistemas de calidad documentados (ISO 9001:2015, IATF 16949, ISO 14001, ISO 50001, etc.) existen múltiples subsistemas como: sistema de producción, sistema de mantenimiento, sistema de medición, sistema de contratación, etc.

La industria manufacturera de Ciudad Juárez, Chihuahua, produce una gran diversidad de productos, desde línea blanca, sensores automotrices, vestiduras automotrices, cinturones de seguridad y bolsas de aire, balatas, discos, productos aeronáuticos, motocicletas y carros recreativos, etc.

La gran mayoría de los productos anteriormente mencionados, son, a su vez, componentes de otros subsistemas, como el de frenos, el sistema de inyección

de combustible, etc., con metas de calidad y confiabilidad estrictamente establecidas.

El lograr las metas de diseño, de calidad y de confiabilidad, depende totalmente de la implementación y el mantenimiento de los sistemas de gestión anteriormente mencionados. Los encargados de la implementación del sistema de gestión deberán tener un cuidado exhaustivo en la secuencia (y congruencia) de cada una de las etapas. Estas etapas podrían ser:

- Diseño del producto o servicio (cumplir con los requerimientos de cliente)
- Diseño de metas de calidad y confiabilidad
- Listado de materiales (Selección de proveedores)
- Administración del sistema de inventarios,
- Diseño del proceso (Distribución de los equipos para la producción)
- Selección de los equipos de acuerdo con requerimientos de los clientes con relación a calidad y volúmenes de entrega.
- Mantenimiento y liberación de los equipos de producción.
- Selección y mantenimiento de los sistemas de medición.
- Selección y contratación de personal.
- Selección de transporte y distribución.
- Administración aduanal.
- Control de los indicadores claves.
- Administración de Riesgos.

En cada una de las actividades mencionadas (etapas), el personal debe tener el conocimiento requerido para llevar a cabo las diferentes actividades requeridas para desarrollar adecuadamente su función y cumplir con la responsabilidad asignada,

El Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina es egresado del programa de Doctorado en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez y actualmente es profesor investigador del departamento de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, Campus Cd. Juárez. Es consultor de Sistemas de Calidad desde 1997. Sus trabajos de Investigación son relacionados a la mejora de los productos y los procesos, principalmente en la Industria de exportación /Maquiladora de Ciudad Juárez, Chihuahua.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Yang, Guangbin (2007), Life Cycle Reliability Engineering, John Wiley & Sons.
- [2] Ebeling, C. (2010), Introduction to Reliability & Maintainability Engineering, 2a. Ed., Waveland
- [3] Evans Ralph A. (1976) Engineering Design Handbook, Development Guide for Reliability, Part Four, Reliability Measurement, Headquarters, US Army Materiel Command
- [4] Pacheco Ortiz, José (2016) Importancia e impacto de la Ingeniería de Confiabilidad. <https://www.gestiopolis.com/importancia-e-impacto-la-ingenieria-confiabilidad/>
- [5] Coto, Diego (2018), Que tu producto diga “Hecho en México”, ¿es bien visto o no? Negocios Inteligentes
- [6] Norma Internacional ISO 9001:2015. Traducción Oficial (2017).
- [7] Nelson, Waine B. (1990), Accelerated Testing Statistical Models, Test Plans, and Data Analysis, Wiley Series in Probability and Statistics,
- [8] Griful, Ponsati E. (2001), Fiabilidad Industrial, Ediciones UPC.
- [9] Montgomery, D.C.(2001), Design and Analysis of Experiments, Fifth ed., John Wiley & Sons, Inc.
- [10] Roy, R..(2001), Design of Experiments Using the Taguchi Approach, John Wiley & Sons, Inc.
- [11] Poblano-Ojinaga, E. R., Sánchez-Leal, J., Rodríguez-Medina, M.A., Valles-Chávez, A., González-Torres, A.,(2020), Uso de la ingeniería de calidad como estrategia de mejoramiento de la calidad de productos. Dyna ingeniería e industria, No. 4.
- [12] Hamada, M.S., Wilson, A., Reese, C.S., Martz, H.F., (2008), Bayesian Reliability, Springer Science+Business Media.
- [13] Kececiloglu, D.,(1991), Reliability Engineering Handbook, Prentice-Hall Inc., Vol. 1
- [14] Hung, A.J. (2008), Mantenimiento Centrado en Confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC, Ingeniería energética.
- [15] Meeker, W. and Escobar, L. (1998), Statistical Methods for Reliability Data, Wiley Series and probability and Statistics, New York.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.