



INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD

FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA  
ADMINISTRATIVA

Alumno: Teresa Román López

---

**Ingeniería de confiabilidad:**  
*Herramienta para la anticipación de fallos de  
operación en la organización*

Teresa Román López  
Alumno maestría en Ingeniería Administrativa  
Instituto Tecnológico de Orizaba

Orizaba, Veracruz 29 de octubre de 2016

---

## Tabla de contenido

|  |    |
|--|----|
| Introducción                                   | 3  |
| ¿Qué es Ingeniería de Confiabilidad?           | 4  |
| Antecedentes de la ingeniería de confiabilidad | 8  |
| Análisis de riesgos                            | 9  |
| Relación calidad – confiabilidad de productos  | 12 |
| Confiabilidad del sistema productivo           | 13 |
| Medidas de fiabilidad                          | 15 |
| Conclusión                                     | 15 |
| Referencias                                    | 17 |
| Agradecimientos                                | 18 |

---

## Introducción

La aplicación de la confiabilidad a la ingeniería de productos y procesos, ha proporcionado una herramienta para la anticipación de fallas de operación; mediante el desarrollo de pruebas de campo, así como el propio análisis de fallas y sus correspondientes probabilidades de ocurrencia, pues éstas ofrecen la posibilidad de desarrollar productos robustos y procesos capaces de fabricarlos. Así, muchos de los problemas de producción pueden ser prevenidos mediante las técnicas de confiabilidad, y con ello, se busca la obtención de productos acorde a las expectativas del cliente, en lo que respecta a su durabilidad y calidad. (Acuña, 2003)

No obstante, normalmente el tema de ingeniería de confiabilidad produce confusión entre los conceptos de fiabilidad, riesgo y seguridad; ya que como se ha mencionado, de manera regular se ha adoptado la noción de análisis de fiabilidad, para referirse a fallos o a la operatividad de procesos y equipos. Sin embargo, el término análisis de riesgos se utiliza de forma más amplia para caracterizar, además de los fallos o la operatividad de procesos y equipos, el estudio de los parámetros de seguridad, traducidos a términos de posibles daños o riesgos en el propio sistema, o bien, a personas, instalaciones y bienes, a la empresa, al medio ambiente, a la comunidad o a terceros. (Cicco, s.f.)

Por consiguiente, en la época actual, tras los esfuerzos por fabricar productos que cumplan con los requisitos establecidos por los clientes, mismos que cada vez son más exigentes; se dirigen acciones para crear y diseñar productos y procesos que cumplan con dichas expectativas, durante todo el desarrollo de su vida útil. Ya que tal como lo expresa (Acuña, 2003): *“El estudio de la probabilidad de falla que permita estimar en mejor forma la vida del producto, es un elemento decisivo para lograr el objetivo de todo sistema de calidad: Lograr una completa satisfacción del cliente”*



---

## ¿Qué es Ingeniería de Confiabilidad?

La ingeniería de confiabilidad se concentra en procesos de eliminación de fallas a través del uso de diversas herramientas analíticas que permitan mejorar procesos, actividades, recursos, diseños y otros, dentro de las tácticas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

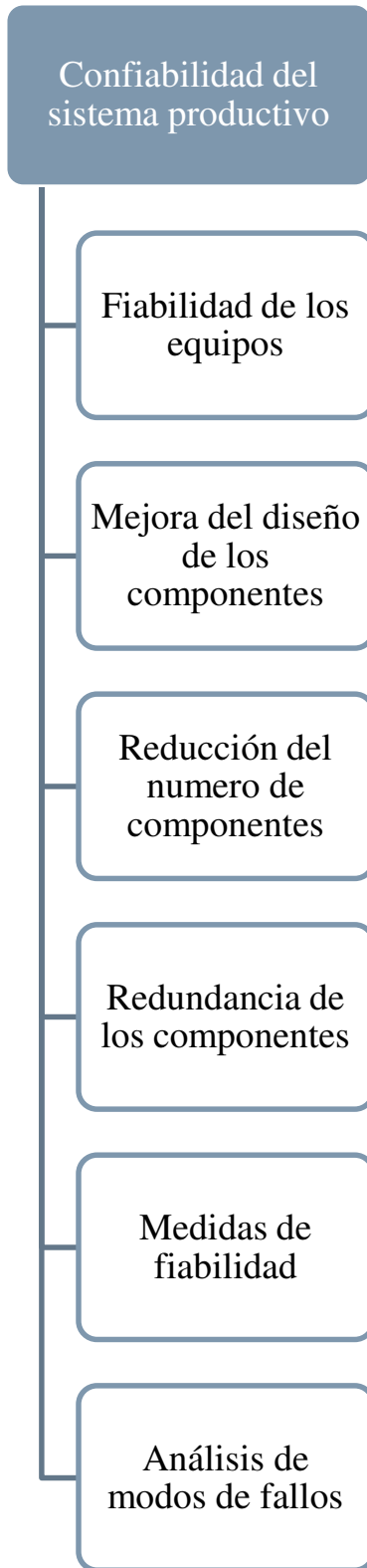
El término fiabilidad es descrita por la (Real Academia Española, 2014) como la probabilidad de buen funcionamiento de algo. Por tanto, extendiendo su significado, la fiabilidad se define como la probabilidad de que un bien o proceso, funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas, por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, fricción, velocidad, tensión o nivel de vibraciones, entre otros.

En la actualidad, la mayor parte de los bienes y servicios se obtienen y se comercializan hasta llegar a sus destinatarios, mediante el llamado sistema productivo<sup>1</sup>, que varía de una organización a otra, tanto por su dimensión, el número de personas que trabajan en ellos como por el valor de las instalaciones y equipos que se utilizan para tal efecto. Y caracterizándose por contener diversas fases a lo largo de su ciclo de vida, donde la primera de ellas es la de construcción y puesta en marcha, hasta que se alcanza el régimen normal de funcionamiento. Durante la segunda fase, llamada de operación, es el periodo auténticamente productivo, en el que el sistema se ve sometido a fallos que entorpecen o, incluso, interrumpen temporal o definitivamente su funcionamiento. Así, el objeto del mantenimiento es, precisamente, reducir la incidencia negativa de dichos fallos, ya sea disminuyendo su número o atenuando sus consecuencias. (Ponce & Campoverde, 2013)

De este modo, se dice que algo falla cuando deja de brindar el servicio para el que estaba destinado o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien o proceso en cuestión.

---

<sup>1</sup> **Sistema productivo:** Sistema que proporciona una estructura que agiliza la descripción, la ejecución y el planteamiento de un proceso industrial. Estos sistemas son los responsables de la producción de bienes y servicios en las organizaciones.



En general, todo lo que existe, especialmente si es móvil, se deteriora, rompe o falla con el correr del tiempo, es decir, sufre depreciación y deterioro, ya sea a corto, mediano o largo plazo. El solo paso del tiempo provoca en algunos bienes, disminuciones evidentes de sus características, cualidades o prestaciones. Por ello, del estudio de fallos en los productos, equipos y sistemas, es de lo que trata la ingeniería de confiabilidad.

En ese sentido, la legitimación de la calidad de los diferentes productos y servicios que se ofrecen en el mercado, ha sido una preocupación universal, pues el proveer al usuario de un producto de calidad, es un asunto de suma importancia para garantizar el éxito de las empresas. Por esta razón, para asegurar el acercamiento al consumidor, las organizaciones suelen recurrir a grandes campañas de marketing que les permita fijar en su público, la buena imagen de su producto. No obstante, se hace imperante cumplir cabalmente con las características comunicadas al consumidor, más aun, cuando del correcto funcionamiento del producto o servicio, dependen las vidas de seres humanos, pues deben cumplir con altos niveles de calidad y garantizar su corrección. De igual manera sucede con diversos proyectos creados, que de alguna forma, tras su consumación, pudieran representar consecuencias sociales, ambientales y económicas negativas; pues desafortunadamente, la incorrecta validación de los criterios de calidad ha conducido a través de la historia a grandes desastres en la sociedad.

**Figura 1.** Confiabilidad del sistema productivo (Campo, 2006)

En relación a lo antes expuesto, se considera que alguien o algo es fiable si se puede confiar en él o ello, pues asociamos la fiabilidad a la capacidad de depender con seguridad de algo o de alguien.

En el caso de los sistemas productivos implementados en cada organización, éstos tienen por objeto satisfacer una determinada necesidad acorde a su giro y actividad; siendo necesario que funcionen de una forma específica en un determinado entorno. No obstante, como ya se ha mencionado, todos los sistemas llegan a un instante en su ciclo, en el que no pueden cumplir satisfactoriamente a aquello para lo que fueron diseñados, pues debe recordarse que todo producto o sistema se deteriora tan solo con el paso del tiempo, provocando fallos que tienen repercusiones en mayor o menor medida, dependiendo de su magnitud y del momento en que se produzcan.

Entonces, si es preciso que los sistemas diseñados sean fiables, pero somos conscientes de que en algún momento se sufrirá un deterioro y posterior fallo, el nivel de fiabilidad o seguridad de operación satisfactoria dependerá de la naturaleza del objetivo del sistema, anticipándose a que el usuario pueda operarlo sin que exista un elevado riesgo.



**Figura 2.** Fases del proceso de diseño industrial  
(Ros, 2015)

Por otra parte, la fiabilidad es claramente un factor esencial en la seguridad de los productos lanzados al mercado, ya que, para lograr los objetivos de un rendimiento funcional adecuado, limitación de costes de su ciclo de vida y seguridad, la fase del diseño es el momento en que puede lograrse una influencia importante sobre los mismos. Por consiguiente, la mayoría de los estudios de fiabilidad y de los métodos desarrollados para su aseguramiento, se centran en la etapa de diseño de productos.

---

(Caro, López, & Miñana, La ingeniería de fiabilidad de sistemas informáticos a través de EMSI, 2013)

Como resultado, la ingeniería de confiabilidad estudia la longevidad y el fallo de los productos, equipos y procesos, con el propósito de hallar sus causas, aplicando principios científicos y matemáticos que proporcionen mayor comprensión al respecto y, posteriormente, permitan identificar mejoras que sean implementadas en los diseños, para aumentar su vida útil o para limitar las consecuencias adversas de los fallos. (Caro & García, La importancia del pensamiento estadístico en la ingeniería de fiabilidad, 2012)

Lo importante es que el cliente, con los productos y sistemas que adquieren, satisfagan sus necesidades, a través de las prestaciones que de ellos se espera y con un elevado nivel de seguridad y confianza en su correcto funcionamiento. Por ello, es necesario considerar la fiabilidad como una disciplina, desde el análisis de la necesidad identificada en el mercado, hasta la retirada de servicio del sistema o producto diseñado, de forma integrada con el resto de disciplinas de apoyo logístico. (Sols, 2000)

Debe observarse que resaltan cuatro atributos específicos e importantes, en la definición mostrada, referente a la ingeniería de fiabilidad:

#### **Definición:**

Fiabilidad es la probabilidad de que un dispositivo realice adecuadamente su función prevista a lo largo del tiempo, cuando opera en el entorno para el que ha sido diseñado.

(García. 2013)

- Probabilidad
- Funcionamiento adecuado
- Calificación con respecto al entorno
- Tiempo



---

## **Antecedentes de la ingeniería de confiabilidad (Cicco, s.f.)**

Uno de los factores que repercuten de forma crucial en la productividad de las empresas, es la fiabilidad de los sistemas, por ejemplo, métodos de trabajo, equipos e instalaciones. Y por ello, la optimización de la productividad requiere la consideración del factor fiabilidad desde la planificación estratégica de la organización, respecto de los riesgos inherentes a la actividad empresarial correspondiente.

Los primeros indicios en la cuantificación de la fiabilidad se presentaron en la industria aeronáutica, consolidándose más adelante en la industria aeroespacial; cuando en Estados Unidos, a finales de la década de los años cuarenta, los esfuerzos para incrementar la fiabilidad se centraron en la calidad de los productos, pues se efectuaron avances importantes en el desarrollo de proyectos, materiales, instrumentos de comprobación, etc., procurando aumentar la vida útil de dichos productos o de los sistemas productivos de donde provenían. Del mismo modo se lograron notables progresos en el área de mantenimiento, sobre todo en los medios y técnicas dedicados al mantenimiento preventivo.

Desde principios de los años cincuenta, se comenzó a brindar mayor importancia al tema de seguridad, especialmente en el campo aeroespacial y nuclear; requiriéndose el uso de la fiabilidad en el material bélico, a fin de disminuir al máximo la probabilidad de falla de cualquier equipo en la guerra.

Posteriormente, en la década de los sesenta, en los Estados Unidos de América, se llevaron a cabo diversos test funcionales de componentes y sistemas; obteniendo diversos registros que fueron analizados en cada modalidad de fallo y sus correspondientes efectos; para con ello, definir las acciones preventivas que debían ser adoptadas, en el tema de seguridad.

Así, en el complejo trabajo de valoración de riesgos en centrales de energía nuclear, se analizó un amplio espectro de accidentes, clasificándolos en función de sus posibilidades de ocurrencia y valorando sus consecuencias potenciales para la población y para el medio ambiente. (Cicco, s.f.)

---

## **Análisis de riesgos**

Inicialmente, cabe destacar que el término riesgo es definido por la (Real Academia Española, 2014) como la posibilidad de que se produzcan daños a personas, propiedades y medio ambiente, en un determinado espacio de tiempo.

Ahora bien, tras la probabilidad del advenimiento de un acontecimiento adverso, problema o daño y las consecuencias del mismo, se deben evaluar los riesgos y determinar la mejor manera de gestionarlos, lo que constituye un gran desafío; ya que es complicado apreciar todos sus orígenes y prever todos sus efectos con una medida de control, pues siempre existirá un cierto grado de incertidumbre. No obstante, gracias a su evaluación y logro en la claridad de su complejidad, se facilita la toma de decisiones en torno a la nulidad o reducción de sus efectos. Un análisis de riesgos está compuesto de tres etapas (Cicco, s.f.):

### ***Fase I: Evaluación de riesgos***

Etapa en la cual se define el sistema a analizar y se identifican los riesgos potenciales, es decir, se implementa una revisión general mediante técnicas como:

What-If Checklistn: Es un procedimiento de revisión de riesgos de procesos que, adecuadamente conducido, permite la identificación de un amplio espectro de riesgos. El consenso entre áreas de actuación (producción, proceso, seguridad, etc.), sobre la forma de encaminarse hacia operaciones seguras; y un informe de fácil comprensión, sirve como material de entrenamiento. Es un método básico para el desarrollo de otras técnicas de análisis.

Análisis Preliminar de Riesgos (APR): Se trata de una técnica que permite una revisión general de los riesgos que se van a presentar en las fases operativas, clasificándolos a fin de fijar una prelación de las acciones preventivas y correctivas. Genera una gama de medidas de control y es imprescindible en sistemas de alta innovación.

---

## ***Fase II: Gestión de riesgos***

Estudio cualitativo y cuantitativo de la secuencialidad de los accidentes y fallos, mediante la aplicación de técnicas como:

### Estudio de Operatividad y Riesgos:

Es una técnica que tiene por objetivo analizar riesgos específicos de una planta de proceso, así como problemas operativos que puedan comprometer su capacidad en la obtención de la productividad

proyectada. Genera una gama de medidas que permiten la reducción y eliminación de los riesgos identificados y la disminución de los errores operacionales. Es imprescindible en nuevos proyectos, ampliaciones y en los estudios de unidades ya existentes.

Análisis de Modos de Fallo y Efectos: Es una técnica concebida para la detección y control de riesgos originados en los equipos, pues identifica componentes críticos y genera una relación de contramedidas. Propicia un aumento de fiabilidad del sistema a través del tratamiento de componentes causantes de fallos de efecto crítico, ya que una vez efectuado el diseño del producto, y antes de proceder a su fabricación, se revisan sus diferentes componentes, comprobando si reúnen las características necesarias para su correcto funcionamiento. De este modo, para facilitar esta revisión, se muestran los posibles errores que pueden producirse en la operación del producto y se generan soluciones por orden de importancia, antes de que el producto se ingrese al mercado y entre en funcionamiento.



**Figura 3.** Gestión del riesgo  
(Asegurándome, 2014)

---

Análisis de Arboles de Fallos: Técnica de análisis cuantitativo-cualitativo, que permite abordar de manera lógica y sistemática una eventualidad altamente indeseada o evento catastrófico. Puede proporcionar probabilidades de ocurrencia del evento e identifica los fallos simultáneos desencadenantes de catástrofes. Produce resultados excelentes en sistemas complejos, donde otros métodos resultan inoperantes.

Análisis de Consecuencias y Vulnerabilidad: Se trata de una técnica que permite la valoración cuantitativa y cualitativa de las consecuencias de los eventos catastróficos de amplia repercusión, así como la vulnerabilidad del medio ambiente, la comunidad y terceros en general.

### ***Fase II: Comunicación de riesgos***

En el análisis de riesgos, los aspectos técnicos se debaten entre gestores, evaluadores y partes interesadas del sector privado; por lo que, en el momento de decidir la mejor manera de controlar un riesgo y de ejecutar las medidas de prevención o contención, es de suma importancia la comunicación entre los gestores de riesgos y los sectores público y privado, pues se tiene en cuenta puntos de vista éticos, sociales, ambientales y económicos.

Conviene destacar que, con la aplicación de estas técnicas a partir de la Fase 1, es posible definir las estrategias a adoptar para la gestión de riesgos detectados. Por otra parte, derivado de crecientes exigencias de la opinión pública y de la legislación, hoy, las organizaciones deben cuantificar sus riesgos, establecer la base de su gravedad y frecuencia de manera formal y no de forma empírica y subjetiva.

En resumen, la gestión fundamentada en análisis de fiabilidad y riesgos, permite definir las estrategias a seguir para una eficaz administración de los riesgos, estableciéndose así, aquellos que son aceptables, que gravedad tendría un posible accidente, cuanto deberá invertirse en prevención y protección, como podrán reducirse los riesgos inaceptables, que soluciones

---

optimizarían la relación costo-beneficio, cuales riesgos deben ser transferidos al mercado de seguros y cuales deben ser absorbidos por la propia empresa.

Atendiendo estas consideraciones, los requisitos de calidad, fiabilidad, seguridad, mantenimiento y disponibilidad de sistemas y productos, se traducen en productividad. Y para optimizarla, desde la planificación estratégica de la organización, deben ser considerados los riesgos inherentes a su actividad empresarial y las maneras de administrarlos científicamente. (Cicco, s.f.)



**Figura 4.** Control de riesgos  
(Vásquez, 2016)

### **Relación calidad – confiabilidad de productos**

La confiabilidad es aplicable no sólo a máquinas, equipos o productos, sino a la totalidad de los procesos que constituyen la cadena de valor de las organizaciones, y por ello, impacta directamente sobre los resultados de la empresa, pues afecta a aspectos de seguridad, integridad del medio ambiente, calidad del producto y servicio al cliente, etc., coadyuvando a la relación costo-beneficio.

Asimismo, el comprador por su parte, adicional al deseo de un buen precio, está interesado en la confiabilidad de aquello que adquirió, pues el cliente espera una disponibilidad del funcionamiento del producto a lo largo de un período prolongado. No obstante, recordando que la confiabilidad es aquella parte de la calidad que incluye el comportamiento de las unidades durante cierto período de tiempo y bajo condiciones de usos dados, éstas deben ser acatadas para el correcto funcionamiento de la unidad. Por lo cual, cuando se diseñan los productos se utilizan dos sistemas para mejorar la confiabilidad y reducir la probabilidad de falla:

---

Mejora de los componentes individuales: A menudo un producto terminado no funciona en forma adecuada, a menos que todos sus subcomponentes los hagan correctamente. En estos casos la confiabilidad de los distintos subcomponentes deben ser mayores que la confiabilidad deseada del producto terminado.

Incluir redundancia: La redundancia se obtiene si uno de los componentes falla y el sistema puede recurrir a otro en sustitución, por lo que, para incrementar la confiabilidad de los sistemas, se añade la redundancia, es decir, se respaldan componentes. (Padilla, s.f.)

Finalmente, para el logro de un alto nivel de confiabilidad en los productos, la etapa de planeación o diseño es decisiva, pues en ella se efectúa la elección adecuada de los componentes para su fabricación y se construyen los parámetros requeridos de confiabilidad del producto planeado.

## **Confiabilidad del sistema productivo**

La confiabilidad del sistema productivo de una organización se fundamenta en una efectiva gestión de los diversos elementos involucrados. A continuación, se describen algunos aspectos que adecuadamente gestionados, contribuyen a crear confiabilidad en los sistemas productivos de las empresas.

Se entiende por fiabilidad de un equipo la probabilidad de que el mismo se averíe, presente problemas de funcionamiento o necesite reparaciones en un periodo determinado. Asimismo, se puede hacer referencia a la fiabilidad de un servicio, proceso, equipo de trabajo o colaborador, como la probabilidad de que opere bajo las condiciones establecidas para su labor. En este contexto, existen tres formas de mejorar la confiabilidad de un equipo:

Mejora del diseño de los componentes: Para calcular la fiabilidad de un sistema en el que cada componente individual presenta su propio índice de fiabilidad, basta con multiplicar los

---

índices de fiabilidad de cada componente independiente. Por tanto, para mejorar la fiabilidad global del sistema, es preciso renovar el diseño de sus diferentes componentes.

Pokayoke es una de las técnicas empleadas para prevenir posibles errores en el sistema productivo, y busca diseñar productos, procesos y sistemas a prueba de errores, tratando de hacer más difíciles las acciones equivocadas, haciendo posible que las acciones erróneas sean fácilmente corregidas, evitando las acciones que no puedan ser rectificadas y permitiendo una fácil detección de errores. Todo ello, empleando métodos de control que, por ejemplo, apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación, previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto; o implementando métodos de advertencia de anomalías ocurridas, alertando al trabajador mediante la activación de una luz o sonido específicos.

Reducción del número de componentes del equipo: Los equipos y sistemas productivos están compuestos por distintos componentes individuales relacionados entre sí. Cada componente realiza una función determinada, por lo que un fallo en el mismo puede provocar un fallo global del sistema. Así, por ejemplo, una avería en el disco duro de un ordenador hará que el equipo completo deje de funcionar, pese a que el resto de sus componentes funcionen correctamente. Por tanto, una forma de incrementar la fiabilidad global del sistema sería lograr reducir el número de componentes que lo integran.

Redundancia de componentes: Busca incrementar la fiabilidad de un equipo, tras utilizar componentes redundantes en paralelo, de forma que, si un componente falla, el elemento de reserva entre inmediatamente en funcionamiento. En este caso, la existencia de equipos redundantes suele ser habitual en aquellas situaciones en las que el fallo del sistema puede ocasionar pérdidas importantes para la organización e incluso provocar la pérdida de vidas humanas. Así, por ejemplo, los hospitales cuentan con generadores de energía redundantes para permitir continuar una operación cuando falle el sistema generador principal. (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, s.f.)

---

## Medidas de fiabilidad

La medida de fiabilidad más empleada es conocida como índice de fallos de producto, mismo que calcula el porcentaje de fallos en relación con el número total de productos inspeccionados,  $IF(\%)$ , o bien, el número de fallos durante un período de tiempo determinado,  $IF(n)$ .

$$IF(\%) = (\text{Número de fallos} / \text{Número de unidades probadas}) \times 100$$

$$IF = \text{Número de fallos} / \text{Número de unidades producidas por unidad de tiempo de operación}$$

Cabe destacar que en muchas ocasiones se producen fallos en los equipos durante los primeros momentos de su vida útil, siendo este fenómeno denominado mortalidad temprana. Sin embargo, estos fallos habitualmente se deben a la mala utilización de los equipos. Por lo que, para evitar un elevado índice de este indicador, muchas empresas fabricantes someten a sus productos a pruebas prolongadas para detectar inconvenientes antes de su comercialización. Además, proporcionan períodos iniciales de garantía y se incluyen instrucciones claras de uso u ofrecen cursos de formación; todo ello, con el propósito de no deteriorar la imagen de la marca, si se presentara una reclamación o devolución por falla de productos o incluso, evitar un problema social o ambiental que pudiera causar graves afectaciones. (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, s.f.)

## Conclusión

Como se ha expuesto, es claro el propósito de la ingeniería de confiabilidad, sin embargo, su aplicación requiere modelos analíticos y probabilísticos complejos, puesto que regularmente, las organizaciones poseen una gran cantidad de procesos, equipos y productos que se encuentran en diferentes fases de su ciclo de vida y, por tanto, los costos asociados son de distinta índole. Por ello, dada su complejidad, es primordial contar con herramientas informáticas que permitan una simulación que manifieste los posibles resultados de las estrategias a implementar, para reducir o eliminar fallos.



---

Asimismo, como es sabido, en el entorno globalizado actual, donde han habido cambios radicales en la tecnología, teorías administrativas y de comercialización. La calidad de los productos y servicios que se ofrecen al consumidor, es indispensable para la permanencia en el mercado, y por ello, mediante el uso de métodos estadísticos para mejorar se manifiesta un cambio de enfoque hacia la mejora de la confiabilidad, pues se convierte en una característica primordial para contar con la oportunidad de competir en los mercados complejos y sofisticados actuales.

---

## Referencias

1. Acuña, J. (2003). *Ingeniería de confiabilidad*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
2. *Asegurándome*. (14 de Noviembre de 2014). Obtenido de <http://asegurandome.com.ve/sistema-de-gestion-de-riesgos-en-el-sector-asegurador/>
3. Campo, J. (20 de Agosto de 2006). *Ingeniería de sistemas. Virtual Learning System*. Obtenido de <http://renacersantaclara.org/academico/mod/forum/discuss.php?d=145>
4. Caro, R., & García, F. (2012). La importancia del pensamiento estadístico en la ingeniería de fiabilidad. *Pensamiento Matemático*, 25 - 34.
5. Caro, R., López, V., & Miñana, G. (2013). *La ingeniería de fiabilidad de sistemas informáticos a través de EMSI*. Madrid, España: Universidad Pontificia Comillas, Universidad Complutense de Madrid.
6. Cicco, F. (s.f.). *Ingeniería de fiabilidad y análisis de riesgos*. Fundación Mapfre.
7. García, F. (2013). *Dirección y Gestión de la Producción: Una aproximación mediante la simulación*. Barcelona, España: Marcombo, S.A.
8. Padilla, L. (s.f.). *Calidad TotalTQM*. Obtenido de <https://calidadtotaltqm.wikispaces.com/Confiabilidad>
9. Ponce, Í., & Campoverde, J. (2013). *Estudio para un programa de mantenimiento preventivo para reducir el elevado nivel de paras imprevistas en los motores eléctricos del departamento de Tostión en la empresa Gusnobe S.A.* . Milagro: Universidad Estatal de Milagro.
10. Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua Española*. Madrid, España: Espasa. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=Hpsj999>
11. Ros, J. L. (24 de Septiembre de 2015). *Tecnología Industrial I, en el IES Ramón Arcas de Lorca*. Obtenido de <http://tecnoarcas1bachiller.blogspot.mx/2015/09/fases-de-diseno-de-un-producto.html>
12. Sols, A. (2000). *Fiabilidad, Mantenibilidad, Efectividad: Un enfoque sistémico*. Madrid, España: Universidad Pontificia Comillas.

- 
13. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. (s.f.). Obtenido de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102508/Administracion%20de%20procesos%20productivos/leccin\\_45\\_confiabilidad\\_del\\_sistema\\_productivo.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102508/Administracion%20de%20procesos%20productivos/leccin_45_confiabilidad_del_sistema_productivo.html)
  14. Vásquez, A. (28 de Marzo de 2016). *Auditoría de sistemas de información*. Obtenido de <http://asipuj.blogspot.mx/2016/03/coso-committee-of-sponsoring.html>

## **Tabla de figuras**

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Confiabilidad del sistema productivo.....    | 5  |
| Figura 2. Fases del proceso de diseño industrial ..... | 6  |
| Figura 3. Gestión del riesgo.....                      | 10 |
| Figura 4. Control de riesgos .....                     | 12 |

## **Agradecimientos**

Especial agradecimiento al profesor investigador Fernando Aguirre y Hernández, catedrático de la maestría en ingeniería administrativa adjunta al Instituto Tecnológico de Orizaba, por el aporte técnico para la construcción del presente artículo y su dirección en el proceso de aprendizaje del pensamiento sistémico. De igual manera, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) dedicado a promover y estimular el desarrollo de la ciencia y la tecnología en México, por el apoyo financiero para la realización de estudios de posgrado.