



S.E.P

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
ORIZABA**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
MAESTRIA EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

“ARTICULO 15:”

“INGENIERIA DE CONFIABILIDAD”

PRESENTA:

Efraín Hernández Morales

MATERIA:

Fundamentos de Ingeniería Administrativa

PROFESOR:

Dr. Fernando Aguirre y Hernandez

23/10/2017

Orizaba Ver.

Fecha

Contenido

- INGENIERIA DE CONFIABILIDAD. 1
 - Introducción. 1
 - Conceptos. 2
- Ingeniería de Confiabilidad..... 3
 - Causas por la cuales hacer uso la ingeniería de confiabilidad. 4
 - Confiabilidad. 5
 - Confiabilidad operacional..... 8
 - Confiabilidad del talento humano..... 9
 - Políticas de confiabilidad. 11
- Fallas..... 12
 - Razón de falla..... 12
 - Tiempo para la falla. 13
 - Tiempo promedio para fallar (TPPF)..... 13
 - Tiempo promedio para reparar (TPPR) 13
 - Tiempo promedio entre fallas 13
- Fases de la ingeniera de confiabilidad. 14
- Tácticas de confiabilidad..... 14
- El mantenimiento en la ingeniería de confiabilidad..... 15

Tipos de mantenimiento.....	15
Conclusión.....	16
Propuesta de tesis.....	17
Objetivos.....	17
Agradecimiento.....	17

INGENIERIA DE CONFIABILIDAD.

Introducción.

Las organizaciones siempre han buscado la forma de mejorar todos y cada uno de sus procesos al grado de que permanezcan lo más actualizados posible con el paso del tiempo y por otro lado, ante los cambios que la organización experimente en su camino hacia el éxito.

Los cambios por los que atraviesan la mayoría de las organizaciones, afectan a los procesos que mantienen estable a la organización. Estos cambios traen desequilibrio en los procedimientos y las empresas tienen que buscar cómo solucionar los posibles errores que hayan provocado en las distintas áreas que las conformen.

Algunos de los cambios ocurren sin previo aviso y pueden ser tanto internos o externos. Cuando los procesos se ven afectados, la confiabilidad en los mismos se ve reducida, por lo que las empresas comienzan a implantar estrategias para incrementar la confiabilidad en sus procedimientos y con esto afrontar los retos que se presenten.

Una de las estrategias para mejorar la confiabilidad de los procesos (es decir, la seguridad con la que se ejecutan) en las organizaciones es la “Ingeniería de Confiabilidad”, la cual abarca múltiples conceptos que hacen referencia a la calidad de los procesos, así como también, de los equipos, componentes, productos y servicios que las empresas manejen.

Conceptos.

Para comprender el concepto de ingeniería de confiabilidad se definirá lo siguiente:

- *Ingeniería:* se refiere a la profesión en la que el conocimiento de las matemáticas y ciencia naturales, las cuales se adquieren a través del estudio, experiencia y práctica, es empleado con buen juicio y conocimiento de causa con la finalidad de desarrollar técnicas en las que se pueden utilizar, de la mejor manera los materiales y naturaleza para beneficiar al ser humano (Alunni, 2004).
- *Confiabilidad:* es el grado de confianza que se tiene de que un sistema, equipo, componente o proceso ejecute sus funciones básicas, durante de un periodo de tiempo establecido, bajo condiciones estándares de operación (Mesa Grajales, Ortiz Sánchez, & Pinzón, 2006)
- *Ingeniería de Confiabilidad:* son el grupo de herramientas y técnicas que se aplican para determinar el grado de seguridad o confianza de que un equipo, dispositivos, producto, sistema o proceso trabaje en condiciones óptimas durante un periodo determinado de tiempo (Cabrera García, 2014)
- *Inteligencia de Confiabilidad:* se refiere al área de la ingeniería que estudia las características físicas y variables de los fenómenos conocidos como fallas (PEMEX, 2008)

Se puede decir que la ingeniería de confiabilidad es la rama de la ingeniería que hace el uso de herramientas y técnicas propias de la ingeniería para definir si un sistema, equipo, proceso, producto o dispositivo cumple con los estándares de seguridad al ser ejecutado en un periodo preestablecido de tiempo, con la finalidad de que los resultados de las actividades sea de calidad.

Ingeniería de Confiabilidad.

Como se definió anteriormente, la ingeniería de confiabilidad hace énfasis en que tan probable es que un sistema, maquinaria, equipo, proceso o producto, funcione adecuadamente según las especificaciones dentro de un periodo de tiempo determinado. La confiabilidad como rama de la ingeniería hace uso de los métodos estadísticos para hacer mediciones y evaluaciones de las mejoras de los diferentes sistemas que conforman a la organización.

La confiabilidad usando medios probabilísticos determina los diseños, pronósticos y mantenimiento de las máquinas y equipo, así como también de los procesos y productos/servicios que necesitan mejorar para mantener los niveles de calidad que se requieren en cada uno de los procesos. Por otro lado los elementos anteriores necesitan de control y medición para disminuir sus costos, generar más ganancia y seguir contando con la satisfacción del cliente.

La ingeniería de confiabilidad hace uso de una serie de técnicas y herramientas analíticas que permite a los que la utilizan entender las maneras en las que se presentan las fallas en los sistemas, equipos, procesos o productos.

El campo de acción de la ingeniería de confiabilidad, se enfoca en la fiabilidad de los productos, así como también en su garantía. Las organizaciones que se dedican a la producción implementan técnicas de ingeniería de confiabilidad con la finalidad mantener seguros los proceso de producción; las empresas se aseguran la confianza de sus procesos a través del mantenimiento en dentro de las áreas de trabajo (Vega, 2012)

Los orígenes de la ingeniería de confiabilidad se remontan a la época en la que el ser humano comenzó a hacer uso de máquinas dentro de sus procesos. El uso de la ingeniería de confiabilidad se intensificó en el siglo XX, entre los años 1940 y 1950, esto debido a que se hacían cálculos de confiabilidad para el mantenimiento de los equipos. En esta época se calcula el costo total de las reparaciones de los

equipos electrónicos, instrumentos eléctrico y mecánicos para mantener su tiempo de vida acorde a las especificaciones.

Por otro lado en los años venideros, como es el caso de los 60's, se empleó el uso de la confiabilidad para mantener la seguridad de los viajes espaciales y satélites que en ese momento de requería para el correcto funcionamiento de los mismos.

Causas por la cuales hacer uso la ingeniería de confiabilidad.

Una de las características más importantes de un proceso, sistema, equipo o producto es el desempeño que tenga a través del paso del tiempo, es decir, del correcto funcionamiento en condiciones óptimas que debe tener por un periodo de tiempo determinado.

Un desempeño pobre en los productos, produce pérdidas considerables a las organizaciones por concepto de reclamos de garantía. La confiabilidad de que un producto se mantenga funcionando en buenas condiciones es fundamental para que los clientes estén satisfechos con sus adquisiciones, así como también, es importante para las empresas pues no tendrán pérdidas. Por otro lado la baja confiabilidad en los procesos y equipos que manejan las compañías suponen pérdidas en la calidad de los productos, así como también pérdidas por las constantes reparaciones de los equipos y el detenimiento de los procesos de producción.

Los productos que se ponen en el mercado para que los clientes los adquieran, deben de cumplir de forma adecuada la función para la cual fueron diseñados. Con frecuencia se puede notar como van desapareciendo algunos productos por accidentes o fallas que han tenido consecuencias fatales. La ingeniería de confiabilidad ayuda a mejorar la fiabilidad de que cada producto cumpla adecuadamente con cada uno sus funciones. Ninguna industria es capaz de sobrevivir sin atender los problemas de confiabilidad de sus productos o servicios, así como también de sus equipos y procesos.

La ingeniería de negocios engloba varios términos y definiciones los cuales son los siguientes:

Confiabilidad.

Como se definió anteriormente, la confiabilidad es definida como la confianza que se tiene que una máquina, equipo, sistema o proceso, desempeñe sus funciones básicas, en cierto periodo de tiempo. En otras palabras la confiabilidad hace referencia a la consistencia de buenos resultados que debe entregar un de los elementos anteriormente mencionados, durante el tiempo en estén en funcionamiento.

En los análisis de confiabilidad se buscan que los resultados arrojados por el análisis de los procesos, equipos o productos en cuanto a su desempeño, sea el mismo que los resultados obtenidos de análisis anteriores. Si los resultados son iguales se puede decir que el grado de confiabilidad es alto.

La confiabilidad de un producto, equipo o maquina puede ser expresada a través de la siguiente expresión:

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

Dónde:

$R(t)$ = confiabilidad de un equipo en un tiempo determinado.

e = constante neperiana ($e = 2.303\dots$).

λ = tasa de fallas (número total de fallas por periodo de operación).

t = tiempo.

La confiabilidad es la probabilidad de que no ocurra una falla sea del tipo que sea, durante un periodo de ejecución de los equipos, procesos o el de los productos, los cuales tienen una misión establecida y nivel de confianza de funcionamiento asignado.

La confiabilidad cada vez toma más importancia dado que las tecnologías cambian, los productos son cada vez más complejos, los clientes son cada vez más exigentes y la competencia cada día es más alta. Es por esto que el funcionamiento de los procesos, equipos y productos debe ser siempre la adecuada, para mantener la competitividad de las empresas.

La información para llevar a cabo los estudios de confiabilidad viene de diferentes fuentes y datos como los son: datos de tiempo de vida establecido, datos de tiempo de que duren las fallas, datos del nivel de degradación, datos del tiempo que dura la situación de falla, entre otros.

En la confiabilidad es de importancia considerar el ciclo de vida de los productos, servicios, equipos o sistemas, debido a que ayuda a establecer parámetros de confiabilidad satisfagan al cliente.

Según Acuña (2003) el ciclo de vida útil de un producto o servicio, equipo o sistema está conformado por las siguientes cuatro etapas:

1. *Definición y diseño del prototipo:* en esta etapa se estudian las necesidades del cliente y acoplando las características del producto o servicio se desarrolla un diseño conceptual que se puede fabricar.
2. *Desarrollo y diseño a detalle:* cuando el prototipo ha sido aceptado y se demostró que es adecuado, el siguiente paso es continuar desarrollando más a detalle el diseño considerando los recursos de producciones necesarios, así mismo, se hacen mejoras sobre el prototipo con base en las pruebas efectuadas sobre el mismo.
3. *Elaboración y proceso de fabricación:* esta etapa hace referencia al proceso de fabricación en masa, es aquí donde se pueden originar fallas que deben

ser corregidas sobre la marcha. Sin embargo hay que considerar que las fallas presentes en este punto no son iguales a las ocurridas durante los periodos de prueba y mucho menos a la fallas ocurridas cuando el equipo, producto o sistema se encuentra en el campo, es decir, que ya ha sido comercializado y adquirido por un cliente; es en el campo donde se expone verdaderamente la vida útil.

4. *Operación*: en esta etapa el producto que ha sido producido en masa ya se encuentra con el cliente. Es aquí donde se emplean estrategias para recolectar información acerca de posibles quejas de los clientes con respecto a funcionamiento del producto. Esta información puede ser valiosa ya que con base a esta se pueden mejorar las características y funcionalidades del producto.

Si bien se menciona que en la tercera etapa se pueden desarrollar fallas en los productos, realmente se pueden generar en cualquiera de las cuatro fases, así mismo las fallas se pueden presentar en diferentes tiempos y circunstancias, sin embargo, la frecuencia con la que aparecen depende del tipo de producto, sistema, o servicio que se desarrolla y el mantenimiento que se le considera dar durante el proceso de producción y postproducción.

La ingeniería de confiabilidad se expresa mediante del plan de mantenimiento; este plan es el que relaciona las ejecución de la tareas de mantenimiento con los resultados de esta. Otro concepto que abarca la ingeniería de confiabilidad es la siguiente:

Confiabilidad operacional.

La confiabilidad operacional engloba los procesos de mejoramiento continuo, nuevas tecnologías, procedimientos y herramientas y técnicas de diagnóstico, con la finalidad de mejorar la productividad organizacional.

La confiabilidad organizacional se define como una serie de procedimientos de mejora continua, que incluyen en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para mejorar y optimizar la gestión, planeación, ejecución y control, de la producción en la empresas (Garcia, 2011).

Las organizaciones que hacen énfasis en la confiabilidad operacional dentro del mantenimiento, pasan por alto una serie de aspectos que pueden mejorar su productividad. Por otro lado, quienes aceptan el proceso con el foque sistémico y aplican metodologías de mejoramiento continuo, obtienen una serie de ventajas competitivas para encarar los cambios que se presenten.

Para que la confiabilidad operacional se vuelve parte de una cultura en la organización, debe ser adoptada por todos y no solo debe incluir las áreas que manejen activos, sino también incluir los procesos producción y el desarrollo del capital humano.

En un sistema de confiabilidad operacional es adecuado analizar sus cuatro factores operativos: confiabilidad humana, de procesos, mantenibilidad y confiabilidad de los equipos, en los cuales se tiene que actuar para mantener un mejoramiento continuo y de largo plazo. Los cuatro factores se muestran dentro de la figura 1:



Figura 1: Factores de la confiabilidad operacional. Fuente: (Cabrera García, 2014).

Confiabilidad del talento humano.

La confiabilidad del talento humano hace referencia a la probabilidad del desempeño eficiente y eficaz de las personas de no cometer errores o fallas derivados de su conocimiento, en todos los procesos donde estas estén presentes.

El sistema de confiabilidad humana incluye varios factores de proyección personal, los cuales permiten mejorar las habilidades, conocimientos y destrezas de los miembros de una empresa con el objetivo de generar capital humano.

El capitán intelectual dentro de las organizaciones representa el incremento de la producción alcanzado mediante el desarrollo de las competencias de los colaboradores de la compañía. Dicho capital está conformado por el conocimiento e ingenio de las personas, así mismo, se conforma de la salud mental y de los hábitos de trabajos.

El mejoramiento de la confiabilidad humana se puede lograr a través de estrategias que incluyan una correcta gestión del conocimiento, concretar los equipos de trabajo, implementación de modelos de competencia y el desarrollo de comunidades del conocimiento para desarrollar el mantenimiento.

Una estrategia para mejorar la confiabilidad humana es el Análisis de Confiabilidad Humana (HRA), la cual analiza, identifica, cuantifica y documentar las posibles maneras de falla humana dentro de una actividad, así mismo, se documentan los efectos de las fallas sobre la confiabilidad general de los activos.

Otra estrategia para pronosticar la frecuencia de los errores humanos es la llamada THERP, la cual es una metodología que además de pronosticar la frecuencia de errores valora la degradación que puede existir entre el sistema humano – maquina. Los pasos de la metodología THERP son los siguientes:

- Determinar las fallas del equipo.
- Definir las probabilidades de los errores humanos.
- Recomendar los cambios por muy básicos que sean para optimizar el sistema humano – maquina.
- Calcular los efectos del error humano sobre la confiabilidad de los equipos.
- Identificar las operaciones humanas y las actividades ligadas a cada falla del equipo.

Al hablar de confiabilidad se deben tener presente las fallas que pueden ocurrir en cualquier momento, por lo que es conveniente saber acerca de ellas y por qué pueden ocurrir.

Políticas de confiabilidad.

La mayoría de los directores y gerentes de las organizaciones, en los últimos años ha ido reconociendo que mantener los equipos funcionando en condiciones óptimas, es decir, que esta no presente interrupción alguna en su funcionamiento, es pieza clave de cualquier estrategia operativa exitosa.

Es necesario que las organizaciones dispongan de políticas de confiabilidad. Las políticas comprometen a los directivos a nivel filosófico con las actividades de mejora continua.

Para lograr que el ambiente en donde se aplicaran las políticas de confiabilidad sea el adecuado, los gerentes y directivos tienen que promover y reforzar el enfoque y la proacción. Antes que nada se deben que acortar las brechas que existan entre colaboradores y proporcionar una mínima capacitación para acortarlas. Después, se deben determinar las responsabilidades que se asignaran, sin embargo, también se deben desarrollar los medios para darle vigencia. Por último se definen las recompensas para aquellos individuos que demuestren nuevos comportamientos.

Para lograr avances en la confiabilidad, es necesario aplicar varios tipos de capacitación. Si los colaboradores desconocen cómo hacer sus actividades, no las podrá desempeñar. Algunos tipo de capacitación que con frecuencia se requieren son los siguientes:

- TMP – RCM – PMO.
- Monitoreo de equipos.
- Análisis de incertidumbre.
- Análisis de nivel de criticidad.
- Costo del ciclo de vida.
- Optimización costo - riesgo – beneficio.

Fallas.

Se le denomina falla a la situación que un equipo, componente o sistema deja de cumplir en su totalidad o en forma parcial su función. También se le considera como falla la diferencia inaceptable entre el desempeño que se tiene estimado y el que realmente se observa (Zapata, 2011).

Las fallas pueden ocurrir por alguna de las siguientes razones:

- *Defectos técnicos o físicos:* abarca el diseño, material, construcción, manufactura, ensamblaje y mantenimiento.
- *Errores operativos:* administración y control de calidad, los cuales están relacionados con factores humanos.

Las fallas de los equipos o sistemas, pueden causar efectos que van desde inconveniente y molestias para alguno de los usuarios hasta un gran impacto en la sociedad. Así mismo las fallas pueden producir situaciones de riesgo las cuales pueden ser potencialmente peligrosas para los usuarios o medio ambiente. Por lo tanto se requiere que todo componente, sistema, equipo o producto siempre ofrezca seguridad, calidad y confiabilidad

Existe una fuerte relación entre los aspectos de confiabilidad, calidad y seguridad, ya que las mejoras que se aplican a las dos últimas mejoraran la confiabilidad. Se tiene que garantizar un nivel dado de calidad, confiabilidad y seguridad en todas las etapas que conformen a un sistema o equipo.

Razón de falla.

La razón de falla se mide con el cambio de unidades dañadas, las cuales han fallado en un periodo de tiempo, la función que la describe se denota por $I(t)$. Así mismo es la razón de cambio del total de unidades que fallaron en las pruebas de

laboratorio, entre el total de unidades que no han fallado y que han pasado las pruebas. Se requiere la razón de falla o cambio se cercana a cero.

Tiempo para la falla.

Es el periodo que transcurre desde el momento en el que el equipo o sistema inicia su operación hasta que deja de funcionar. El tiempo para que la falle ocurra es una variable aleatoria.

Tiempo promedio para fallar (TPPF)

Parámetro que define el tiempo de falla esperado de un sistema, equipo o componente.

Tiempo promedio para reparar (TPPR)

Parámetro que corresponde al tiempo de reparación esperado para un componente, sistema o equipo.

Tiempo promedio entre fallas

Es el tiempo promedio de falla y la consecuente reparación del sistema o equipo. Está definida por la siguiente ecuación:

$$TPEF = TPPF + TPPR$$

El TPEF incluye el mismo promedio de falla de equipo (TPPF), así como también el promedio de reparación de dicho equipo una vez que este ha fallado (TPPR). El parámetro TPEF se aplica a los equipos o sistemas que se pueden reparar, mientras que el parámetro TPPF se aplica a equipos no reparables y reparables (PEMEX, 2008).

Fases de la ingeniería de confiabilidad.

Las fases o etapas de la ingeniería de confiabilidad están determinadas por los siguientes aspectos:

- *Planeación*: se refiere a la planeación encausada al mantenimiento, así mismo, hace referencia al proceso mediante el cual se definen y preparan los elementos necesarios para realizar una actividad. Esta etapa engloba las funciones relacionadas con los preparativos de las herramientas para identificar las fallas presentes durante el proceso.
- *Programación*: permite organizar y definir que herramientas, métodos o técnicas serán aplicados para estructurar el trabajo que se planteó en la etapa de planeación.
- *Ejecución*: dentro de esta etapa se va a realizar la aplicación de metodologías, herramientas, técnicas o procedimientos para llevar a cabo el trabajo planeado y permitir con esto la reparación, reducción o eliminación de las fallas dentro de los procesos de la organización.

Tácticas de confiabilidad.

Algunas de las técnicas, métodos o tácticas de confiabilidad son las siguientes:

1. *Pruebas aceleradas*: evaluación realizada en ciclos de vida más rápidos, donde se puede aplicar, y con altos esfuerzo de operación y ambientales.
2. *Diseño de manufactura y ensamble (DFMA)*: metodología interdisciplinaria que proporciona un método para analizar un diseño propuesto desde el punto de vista del armado y producción.
3. *Revisiones de diseño*: evolución disciplinario e interdisciplinaria realizada por un grupo de expertos para encontrar y resolver deficiencias que puedan afectar el lanzamiento del proyecto.

4. *Diseño de experimento (DOE)*: proporciona un método estadístico organizado para la planeación y ejecución de pruebas.
5. *A prueba de error*: practica para el diseño de productos o procesos de manera que se reduzca o prevenga la probabilidad de errores humanos o mecánicos.

El mantenimiento en la ingeniería de confiabilidad.

Para asegurarse que los sistemas, equipos o componentes continúen funcionando en las mejores condiciones y sin sufrir interrupciones, la ingeniería de confiabilidad debe hacer uso del mantenimiento para corregir los posibles desperfectos que se puedan presentar.

El mantenimiento es una operación a través de la cual los sistemas o equipos son sometidos a rutinas de revisión, reparación y reemplazo con la finalidad de repararlos o sustituirlos cuando estos fallan, o por el contrario, prevenir fallas cambiando partes que estén desgastadas o lubricándolas (Acuña , 2008).

Tipos de mantenimiento.

Hay varios tipos de mantenimiento, los más comunes son los siguientes:

- *Mantenimiento correctivo*: acción por medio de la cual se devuelve un sistema a su estado anterior a cuando la falla ocurriera, es decir, cuando este funcionaba de manera adecuada. Este tipo de mantenimiento se suele usar cuando la falla una vez que se presenta, daña el equipo o sistema y es necesario repararlo.
- *Mantenimiento preventivo*: este tipo de mantenimiento tiene como finalidad mantener el sistema en continuo funcionamiento, a través de acciones que

prevengan las fallas. Algunas de las actividades que se realizan son la limpieza, lubricación e inspección de partes críticas y su reposición si es necesario.

- *Mantenimiento predictivo*: es un programa periódico, en donde se monitorea el sistema con la finalidad de definir sus condiciones de operación adecuada y predecir problemas.
- *Mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC)*: proceso sistemático que se usa para determinar lo que debe de hacerse para asegurar que un elemento físico sigue desempeñando las funciones que se requieren en su contexto operacional, siempre tomando en cuenta el estudio científico de las fallas.

Conclusión.

La ingeniería de confiabilidad propicia a que las organizaciones continúen mejorando la confiabilidad de sus procesos, con la finalidad de que estos no se vean interrumpidos y se mantengan funcionando sin contratiempos.

Así mismo el tener funcionando los procesos de las organizaciones permite que la producción se mantenga estable y, por otro lado, que los productos que se elaboren sean desarrollados con la calidad que se suponen que deben, cumpliendo de esta manera con las exigencias del cliente.

El proporcionar un buen mantenimiento en los procesos de las empresas, puede mejorar la productividad de la misma y evitar pérdidas por paros imprevistos en la producción. Un buen mantenimiento puede mantener el nivel de competitividad de las organizaciones o incluso incrementarlo

Propuesta de tesis.

Mejorar los procesos de producción de las empresas en la región, aplicando estrategias de ingeniería de confiabilidad.

Objetivos.

- Incrementar el nivel de competitividad de las organizaciones.
- Reducir el número de fallas en los sistemas, aplicando planes de mantenimiento de forma periódica.
- Incrementar los niveles de calidad en los productos, realizando pruebas que permitan detectar fallas de forma temprana.

Agradecimiento.

Agradezco profundamente al Instituto Tecnológico de Orizaba por contribuir a mi formación profesional hasta el día de hoy, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico que me brinda para seguir con mis estudios de maestría, a los profesores de la Maestría en Ingeniería Administrativa por darme la oportunidad de ingresar al programa y por último al Dr. Fernando Aguirre y Hernandez por fomentarme la cultura de escritura y lectura de artículos.

Referencias

- Acuña , J. (2008). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. *Universidad Latina: Laureate International Universities*, 2-35.
- Acuña Acuña, J. (2003). *Ingeniería de Confiabilidad*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Cabrera García, L. G. (12 de Noviembre de 2014). *Ingeniería de Confiabilidad*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/ingenieria-de-confiabilidad-1/>
- Garcia, P. O. (23 de Mayo de 2011). *ReliabilityWeb*. Obtenido de <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/la-cultura-de-la-confiabilidad-operacional>
- Mesa Grajales, D. H., Ortiz Sánchez, Y., & Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia Et Technica*, 155-160.
- PEMEX. (2008). Sistema de Confiabilidad Operacional: Ingeniería de Confiabilidad. *Pemex: Aprendizaje Virtual*, 5-46.
- Valdes, R. (04 de Mayo de 2016). *Prezzi*. Obtenido de <https://prezi.com/2rf0l387wklr/solucion-de-problemas-y-toma-de-decisiones/>
- Vega, G. (2016 de Mayo de 2012). Principios de ingeniería de confiabilidad para ingenieros. Mexico, Mexico.
- Zapata, C. J. (2011). *Confiabilidad en ingeniería*. Pereira, Colombia: Publiprint Ltda.