

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO



**“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN DE
LA VIDA ÚTIL DEL MONOBLOCK DE COMBUSTIÓN INTERNA
DIESEL AREQUIPA 2014”**

Tesis presentada por el Bachiller
VALENCIA SALAS, Mario José
para optar el Grado Académico de
**MAGISTER EN INGENIERÍA DE
MANTENIMIENTO**

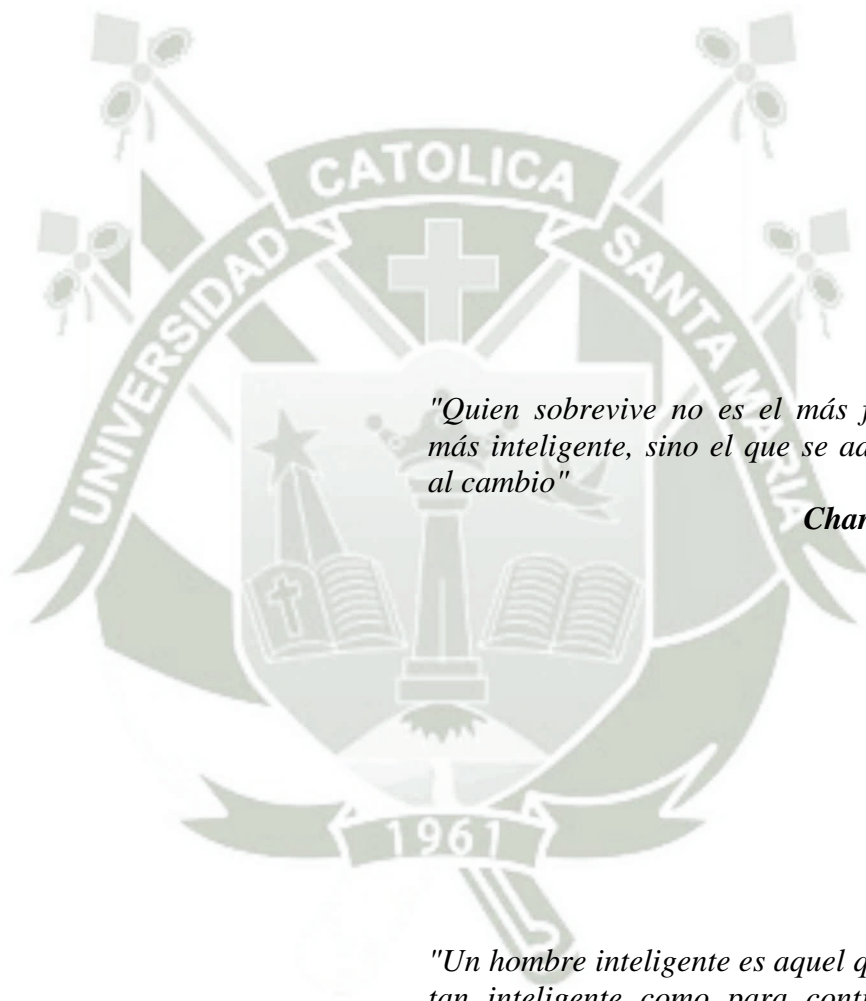
AREQUIPA – PERÚ
2015



*A mí querida esposa Sara y mis
adorados hijos Freddy y Chavely por su
apoyo constante.*

“ ... En una época de cambios permanentes, el futuro pertenece a los que siguen aprendiendo..... Los que ya aprendieron, se encuentran equipados para vivir en un mundo que ya no existe”

Eric Hoffer



"Quien sobrevive no es el más fuerte ni el más inteligente, sino el que se adapta mejor al cambio"

Charles Darwin

"Un hombre inteligente es aquel que sabe ser tan inteligente como para contratar gente más inteligente que él".

John F. Kennedy

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPÍTULO ÚNICO: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	1
1.1. Planteamiento	2
1.2. Definición de conceptos en materia de vida útil según Norma ISO 15686 (2011)....	4
1.3. Propuesta de una metodología para estimar la vida útil de un monoblock de combustión interna por compresión	6
1.3.1. Durabilidad de los materiales empleados en el monoblock de combustión interna por compresión.....	6
1.3.2. Análisis de las fallas más frecuentes en el monoblock de combustión interna por compresión.....	8
1.3.3. Metodológica de estimación de la vida útil por el método de los factores para el monoblock de combustión interna por compresión	10
1.3.4. Vida útil de referencia de un monoblock de combustión interna por compresión.....	41
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
PROPUESTA DE APLICACIÓN.....	45
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	
Anexo 1: Proyecto de Tesis	56
Anexo 2: Identificación de los factores a considerar en el método para la predicción de la vida útil con el análisis de fallas	120
Anexo 3: Aplicación del Método Delphi para Selección de los Factores para el monoblock de combustión interna por compresión	130
Anexo 4: Glosario	133

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°1:	Factores vulnerabilidad y riesgo	14
Cuadro N°2:	Valoración de los expertos y selección	15
Cuadro N°3:	Escala de evaluación del Factor disponibilidad de un Monoblock de Combustión Interna 8 horas de jornada de trabajo por un año.....	19
Cuadro N°4:	Escala de evaluación del Factor disponibilidad de un Monoblock de Combustión Interna 16 horas de jornada de trabajo por un año	19
Cuadro N°5:	Escala de evaluación del Factor disponibilidad de un Monoblock de Combustión Interna 24 horas de jornada de trabajo por un año.....	20
Cuadro N°6:	Escala de evaluación del Factor medio ambiente o externo donde opera en un Monoblock de Combustión Interna	21
Cuadro N°7:	Escala de evaluación del Factor confiabilidad en un Monoblock de Combustión Interna	36
Cuadro N°8:	Escala de evaluación del Factor obsolescencia tecnológica en un Monoblock de Combustión Interna.....	37
Cuadro N°9:	Velocidad de corrosión	39
Cuadro N°10:	Escala de evaluación del Factor corrosión en un Monoblock de Combustión Interna.....	40
Cuadro N°11:	Escala de evaluación del Factor apariencia física o estado en un Monoblock de Combustión Interna.....	41
Cuadro N°12:	Vida Útil de Referencia para un Monoblock de Combustión Interna por compresión o Diesel	42
Cuadro N°13:	Conceptualización y operacionalización de las variables	55
Cuadro N°14:	Propiedades según la norma ASTM A48 para las clases de fundiciones	96
Cuadro N°15:	Ejemplo de aplicación método de los factores	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Relación óptima entre la vida útil de los diferentes componentes constructivos de un auto según su función.....	5
Figura N°2: Degradación de las diferentes propiedades de un componente mecánico ...	6
Figura N°3: Cuatro curvas representativas de degradación	7
Figura N°4: Resultados de vida útil usando diferentes materiales.....	8
Figura N°5: Metodología sistemática de predicción de la vida útil de componente mecánico Norma ISO 15686	16
Figura N°6: Factores de confiabilidad operacional.....	25
Figura N°7: Solución óptima que surge de aplicar ingeniería de confiabilidad	33
Figura N°8: Esquema conceptual del factor confiabilidad	34
Figura N°9: Monoblock o bloque de motor diesel.....	39
Figura N°10: Partes de un motor diesel de 4 cilindros en línea	67
Figura N°11: Disposición de los monoblock	68
Figura N°12: Diferentes ciclos de vida de máquinas o equipos.....	76
Figura N°13: Ciclo de vida útil de máquinas o equipos.....	76
Figura N°14: Ilustración del proceso de pronósticos basado en modelos.....	79
Figura N°15: Función deterioro de Markov	100
Figura N°16: Esquema de funcionamiento de un componente difuso.....	101

RESUMEN

En la presente tesis desarrollada; resaltamos la magnitud de la producción mundial de vehículos, maquinas o equipos propulsados por un motor de combustión interna Otto o Diesel, la producción mundial promedio anual actual es de 89 millones de unidades; en nuestro País la compra es de 100 000 unidades anual, donde representa una cantidad importante del capital nacional en adquisición, donde redunda en la producción de bienes y servicios así como costos de inspección, mantenimiento y de operación, es de gran relevancia para la economía de nuestro País. Estos costos se podrán reducir estudiando la durabilidad, la estimación de la vida útil de los equipos, sistemas, componentes para que sean más duraderos.

En los últimos años se ha percibido un aumento en el interés por determinar la durabilidad y la vida útil de los activos al momento de incorporación, su proceso de corrección a través del tiempo, conforme a las expectativas remanente derivadas de las exigencias y particularidades incluyendo estrategias innovadoras sobre el tema.

La estimación de la vida útil de los activos viene directamente enlazado de los factores: tecnológicos, condiciones de operación, económicos y medioambientales, donde nos permitirá proponer a través de esta tesis la cuantificación de la durabilidad a través de una propuesta metodológica que permita evaluar los sistemas, componentes de los equipos y el mismo equipo integral.

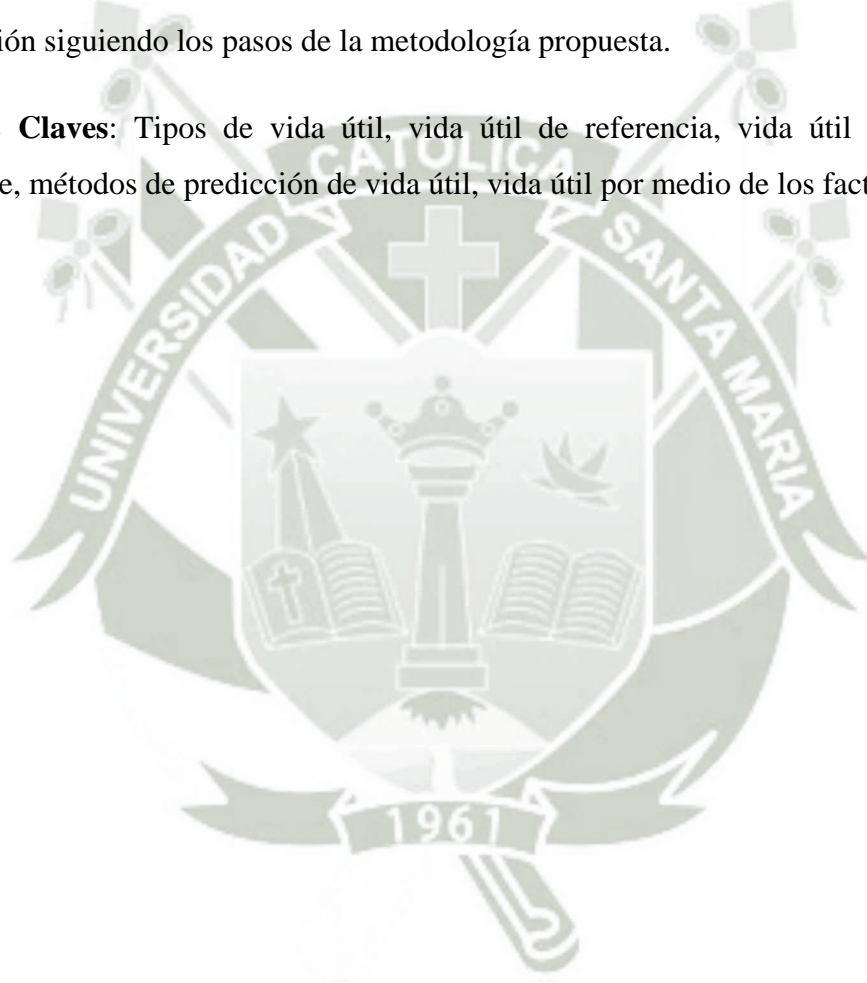
En el desarrollo, se efectúa una propuesta metodológica para estimar la vida útil remanente del componente monoblock de un motor de combustión interna por compresión o diesel adecuado a la Norma de la Organización Internacional de Normalización ISO 15686 para Edificios y activos construidos – Servicio de planificación de la vida Parte 2: Servicio de procedimientos de predicción de vida.

En el sector de producción automotriz, maquinaria y equipos que llevan puestos este componente importante en el sistema motriz se necesita analizar la vida útil remanente no solo del componente monoblock, sino de otros componentes, sistemas o equipos

electromecánicos en general, para innovar los métodos utilizados que se han venido aplicando en las últimas décadas.

En este contexto, la presente tesis es una línea de investigación sobre metodologías que permitirá predecir la vida útil de un monoblock de combustión interna diesel, permitirá evaluar la vida útil estimada en forma práctica y sencilla de modo que los activos los definamos como reparables y no reparables, debido a la fácil identificación de señales medibles de degradación irreversibles por medio de los factores determinados. Para ser confiable este método se debe resaltar la selección adecuada de los factores de degradación siguiendo los pasos de la metodología propuesta.

Palabras Claves: Tipos de vida útil, vida útil de referencia, vida útil estimada o remanente, métodos de predicción de vida útil, vida útil por medio de los factores.



ABSTRACT

In the present thesis developed; highlight the magnitude of the global production of vehicles, machines or powered by an internal combustion engine Otto or Diesel equipment, the current average annual global production is 89 million units; in our country the purchase is 100 000 annual units, which represents a significant amount of domestic capital acquisition, which results in the production of goods and services and cost of inspection, maintenance and operation, it is of great importance for the economy of our country. These costs may be reduced considering the durability, the estimated useful life of equipment, systems, components to make them more durable.

In recent years has seen an increase in interest in determining the durability and life of the assets at the time of incorporation, the process of correction over time, according to the remaining expectations derived from the requirements and characteristics including strategies innovative about it.

The estimated useful life of assets is directly linked factors: technological, operating conditions, economic and environmental, where we were allowed to propose through this thesis quantifying durability through a methodology to assess the systems, equipment components and the same integrated team.

Service planning - a methodology to estimate the remaining useful life of a component monoblock internal combustion engine suitable compression or diesel to the Standard of the International Organization for Standardization ISO 15686 Buildings and constructed assets is made in the development, Life Part 2: Service life prediction procedures.

In the sector of automotive production, machinery and equipment are wearing this important component of the drive system is required to analyze the remaining useful life not only component monoblock, but other components, systems, or electromechanical equipment in general, to innovate the methods used which they have been applied in recent decades.

In this context, this thesis is a research on methodologies that allow predict the life of a monoblock internal combustion engine, it will assess the estimated useful life in a practical and simple way so that the assets are define as repairable and not serviceable, due to the easy identification of signals measurable by irreversible degradation of certain factors. To be reliable, this method should highlight the appropriate selection of the degradation factors in the footsteps of the proposed methodology.

Key words: Types of useful life, life of reference, or estimated remaining life, prediction methods life, life through factors.



INTRODUCCIÓN

Seguridad en funcionamiento, la rentabilidad en mantenimiento y disponibilidad de los equipos tiene un impacto directo sobre las organizaciones y naciones. La demanda de equipos complejos de hoy altamente sofisticados y de alto costo, tienen que realizarse estrategias de mantenimiento y mejorar continuamente las corrientes de programas de mantenimiento. El alto costo de mantenimiento y el tiempo de inactividad no deseada en las industrias son causados a menudo por problemas de fallo de la máquina. La teoría de la evaluación de la degradación y la vida útil restante es la base fundamental del servicio de seguridad de las piezas de los equipos es ampliamente utilizada en varios campos de la ingeniería, como las técnicas de degradación utilizadas por diversos campos de la ingeniería de automoción, industrias de aviones, industrias manufactureras, servicios militares, etc. Por ejemplo, predicción exacta para la vida de la turbina motores de avión se ha convertido cada vez más importante en los últimos años, la edad de la flota de aviones militares y comerciales y los modos de fallos de componentes que causan mantenimiento y reparación no planificada. Por lo tanto el aumento de la predicción de la vida es de suma importancia para aumentar la vida útil de los componentes de los equipos.

El pronóstico es la capacidad de proporcionar detección temprana de la condición de modo de fallo incipiente de un componente, tener la tecnología y los medios para gestionar y prevenir esta condición de fallo, de modo que nos anticipemos a la inoperatividad del equipo y con la consecuente productividad del mismo.

El pronóstico de la restante vida útil es una premisa fundamental para un equipo, sistema o componente sujeto a degradación y por lo tanto a su rendimiento.

La estimación de vida útil también denominada vida útil restante o vida útil remanente - VUE- de un activo, equipo, sistema o componente se define como el tiempo desde el momento actual hasta el final de su vida útil. La estimación de la vida útil se refiere al tiempo que queda antes de observar un fracaso en la máquina, el estado y el perfil de la operación en el pasado. La predicción de vida útil restante de los sistemas de ingeniería

ha ganado algo de impulso en la última década debido a la creciente demanda de una mayor eficiencia, menor costo y el tiempo de servicio más larga. La predicción de la vida restante se ha convertido en un problema importante reto científico y cuello de botella para la aplicación de la gestión de la salud en actividades y el pronóstico. El Modelado de VUE en línea proporciona el mensaje oportuno para hacer gestión en la producción, porque permite tomar decisiones oportunas en la mantenibilidad de los equipos, como aplicar una adecuada programación de mantenimiento y así tener unos indicadores industriales competitivos.

La estimación de la vida útil actual de equipos y componentes, existen diferentes métodos que siguen en discusión y evaluación que basan en tres enfoques principales sobre la base de la complejidad, costo, precisión, aplicabilidad y que son: pronósticos basados en modelos, pronósticos basados en datos y pronósticos basados en conocimientos en concordancia a una base científico -tecnológico. Existen diferentes métodos predicción de vida útil que han sido publicados y los usuarios tienen dificultades para catalogar su veracidad técnica, donde no se tiene algo específico, concreto y normalizado, en este proyecto proponemos una metodología de estimación de vida útil que sea sencillo y práctico.

En los documentos que describen los métodos de predicción de la durabilidad y la vida útil, hay recomendaciones y explicaciones de los datos de entrada necesarios para el uso de los métodos, evaluación, uso seguro y fiable de los resultados. En muchos documentos se encontró que la durabilidad de la predicción de vida útil están sujetas a muchas variables y por lo tanto no puede ser una ciencia exacta. Los resultados deben ser tratados como una indicación de lo que será la vida, cuando se tiene en cuenta los factores y circunstancias que influyen en la durabilidad y vida útil hace referencia a una lista de características clave para un sistema predicción de la vida, donde en un ensayo sobre la predicción de vida útil, (Bourke y Davies. 1997) presentaron una lista de requisitos esenciales y/o características deseables de un sistema de predicción de la vida útil y afirman que deben ser:

- Fácil de aprender;
- Fácil de usar;
- Rápido a usar;

- Exacto;
- Fácil de actualizar;
- Fácil comunicación;
- Adaptable;
- Contar con el apoyo de datos;
- Relacionado métodos de diseño y las herramientas existentes;
- Reconocer la importancia de la innovación;
- De interés para diversos entornos;
- Aceptable para los profesionales y clientes;
- Que refleje los conocimientos actuales;
- Flexibilidad con cualquier esquema y tenga una planificación detallada.





**CAPÍTULO ÚNICO:
ANÁLISIS DE RESULTADOS**

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1.1. Planteamiento

Dentro del ciclo de vida de un activo es de vital importancia evaluar periódicamente su vida remanente con el objetivo de valorarlo numéricamente y así poder determinar la necesidad de un rediseño, un plan mantenimiento acorde a las necesidades de operatividad o sustitución para garantizar su disponibilidad y repercutiendo en el aumento de la confiabilidad y el mejor servicio al cliente.

La estimación de la vida útil remanente se realiza normalmente como la diferencia de la vida útil establecida respecto a la edad cronológica del activo; esta vida útil establecida de referencia se obtiene por estudios estadísticos, información de fabricantes y recopilación de información de compañías. Cabe resaltar que la estimación de vida útil de equipos no se debe obtener por edad cronológica, porque no todos los equipos envejecen al mismo ritmo dado que no están sometidos al mismo a las mismas condiciones de operación, ambientales o al factor de obsolescencia técnica-comercial por lo tanto planteamos una metodología que sea confiable y acorde a varios factores operativos en el transcurso de desarrollo de sus funciones.

El modelo que proponemos es un desarrollo de cálculo de vida útil remanente que se basa, que al tener una vida útil de referencia obtenida de estudios estadísticos, ponencias presentadas en jornadas y congresos internacionales, bibliografía especializada en teorías de depreciación, información de asociaciones técnicas, recomendaciones de fabricantes y estándares o sugerencias derivadas de normas reconocidas (API, ASME, ASTM, NEC); e información sobre el historial de altas y retiros de unidades o componentes de las empresas, con ello permite cuantificar en tiempo o unidades de producción el inicio de operación del activo.

Al tener la vida útil de referencia del equipo y componentes; en el transcurso del tiempo de operación del activo, empíricamente se tiene cinco alternativas para la estimación de vida útil.

- La estimación de la vida útil con el tiempo es cronológica de acuerdo a la vida útil de referencia menos al tiempo transcurrido.
- La estimación de la vida útil con el tiempo es constante que el activo este intacto como nuevo.
- La estimación de la vida útil con el tiempo crece paulatinamente.
- La estimación de la vida útil con el tiempo se deteriora paulatinamente.
- La estimación de la vida útil con el tiempo se deteriora drásticamente.

Como podemos analizar las alternativas planteadas no tienen sustento científico – tecnológico para predecir la vida remanente de los activos, esto conlleva a una serie de errores cuantitativos y cualitativos sea de orden técnico y contable.

Por ello planteamos un resumen de metodologías de estimación de vida útil para equipos electromecánicos y una Norma International Estándar ISO-15686 para construcciones civiles con factores técnicos y operativos en el transcurso de uso del equipo en el tiempo , donde planteamos adecuarla para la ingeniería electromecánica como alternativa que permite el caculo de la vida útil estimada; se obtendría en base a la vida útil de referencia multiplicado por factores operativos y técnicos seleccionados de acuerdo a una análisis técnico-económica riguroso y tabulados con rangos de evaluación de acuerdo a las investigaciones sustentadas.

Las metodologías de estimación de vida útil que se proponen tiene sus ventajas y desventajas, pero ello permitirá obtener valores confiables de gran utilidad para el plan de renovación de activos y valoración de los mismos.

1.2. Definición de conceptos en materia de vida útil según Norma ISO 115686 Parte 1 (2011)

En el desarrollo del trabajo que aquí se expone se utiliza una terminología específica en la materia que en algunos casos puede dar lugar a confusión. Por ello se ha considerado de utilidad definir los diferentes términos de acuerdo a la Norma ISO 15686 Parte 1 (2011).

Durabilidad

La durabilidad se define como la capacidad de los activos o alguna de sus componentes para desenvolver el papel para el cual fueron diseñados durante un periodo específico bajo la influencia de determinados condiciones. También indica que la durabilidad no es una propiedad inherente de un material o componente.

Vida Útil-VU: La vida útil de un equipo, componente se define como el periodo de tiempo desde que se construye hasta que éste o alguno de sus componentes deja de ser adecuado para el uso al que está destinado.

Vida Útil de Referencia-VUR: La vida útil de un equipo, componente se define como el periodo de tiempo desde que se construye hasta que éste o alguno de sus componentes deja de ser adecuado para el uso al que está destinado.

Vida Útil Estimada-VUE: Se define como aquella que se espera de un activo, componente o de sus partes en unas determinadas condiciones de uso calculada, corrigiendo la vida útil de referencia en términos de materiales, proyecto, condiciones ambientales, uso y mantenimiento.

Vida Útil Residual-VUR: Se define como el período de vida útil que le queda a un activo, componente o de sus partes en un determinado momento.

Final de la Vida Útil: En términos generales, es el punto en el tiempo cuando la función para la que fue concebido un activo o componente ya no se puede utilizar.

Un activo cumple su función en el periodo de vida útil cuando todos sus componentes y parámetros funcionan en interrelación óptima como lo indica la Figura N°1.

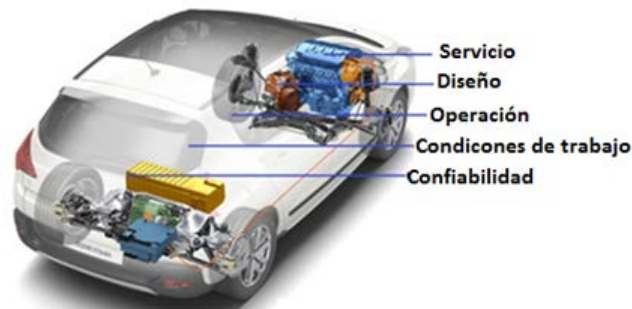


Figura N°1: Relación óptima entre la vida útil de los diferentes componentes constructivos de un auto según su función
Fuente: Elaboración propia

Por lo que se desprende de esta definición, el final de la vida útil se dará cuando los requisitos esenciales dejen de cumplirse. Los requisitos esenciales establecidos son:

1. Resistencia mecánica
2. Seguridad en caso de incendio
3. Higiene y salubridad
4. Seguridad de utilización
5. Protección contra el ruido
6. Ahorro de energía

La pérdida de funciones de los equipos maquinaria y por lo tanto el final de su vida útil o rehabilitación a condiciones operativas de diseño es cuando periódicamente evaluemos su vida útil remanente conociendo las funciones de degradación de cada uno de los sistemas del activo como se aprecia en la Figura N°2.

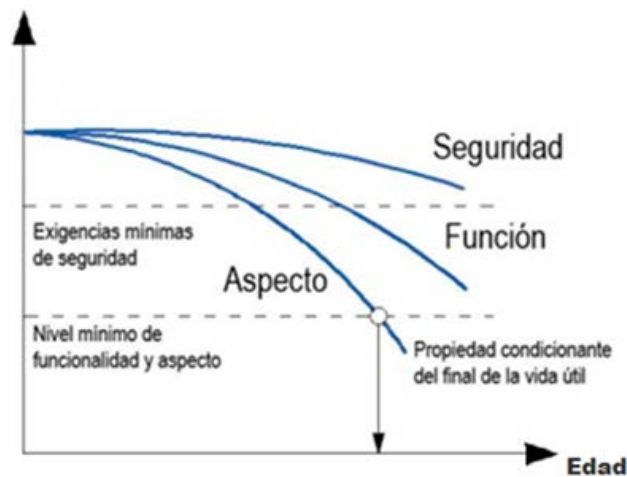


Figura N°2: Degradación de las diferentes propiedades de un componente mecánico
Fuente: (Ferreira, 2009)

Los equipos electromecánicos, sistemas y componentes pueden determinar diferentes definiciones para el final de la vida útil:

- Seguridad: No alcanza el final de la vida útil del activo, sistema o componente el nivel estándar de seguridad.
- Función: No alcanza al final de la vida útil del activo, sistema o componente la función par la cual fue construido.
- Aspecto: No alcanza el final de la vida útil del activo, sistema o componente mientras no mantenga el aspecto previsto (es decir, la superficie del componente es de apariencia aceptable como roturas, fracturas, corrosión, etc.).

1.3. Propuesta de una metodología para estimar la vida útil de un monoblock de combustión interna por compresión

1.3.1. Durabilidad de los materiales empleados en el monoblock de combustión interna por compresión

El bloque de cilindros o bloque del motor es una pieza fundida en hierro o aluminio que aloja los cilindros de un motor de combustión interna así como los soportes de apoyo del cigüeñal.

El material empleado en la fabricación de los bloques es generalmente, fundición de hierro con estructura perlítica, aleado con pequeñas proporciones de cromo y níquel, que proporcionan una gran resistencia al desgaste y protección a la corrosión, este material además resiste muy bien las altas temperaturas que tiene que soportar.

En los bloques diesel, el material más utilizado es el hierro fundido que es una aleación de acero con un porcentaje de carbono adecuado, tiene que tener propiedades cuya durabilidad nos permite tener un componente con confiabilidad y disponibilidad; porque cuando funciona soporta una serie de esfuerzos de tracción, esfuerzos de compresión, esfuerzos de fatiga, cambios de temperatura que producen fractura dúctil y frágil, corrosión, stress térmicos, donde en la Figura N°3, se aprecia las diferentes curvas de degradación de diferentes materiales, que son evaluados en el eje de calidad con valores que van de cero a uno, donde podemos determinar su vida útil remanente en años, este eje de calidad está ponderado por factores evaluativos como son desgaste, corrosión, confiabilidad, disponibilidad, condiciones de uso etc.

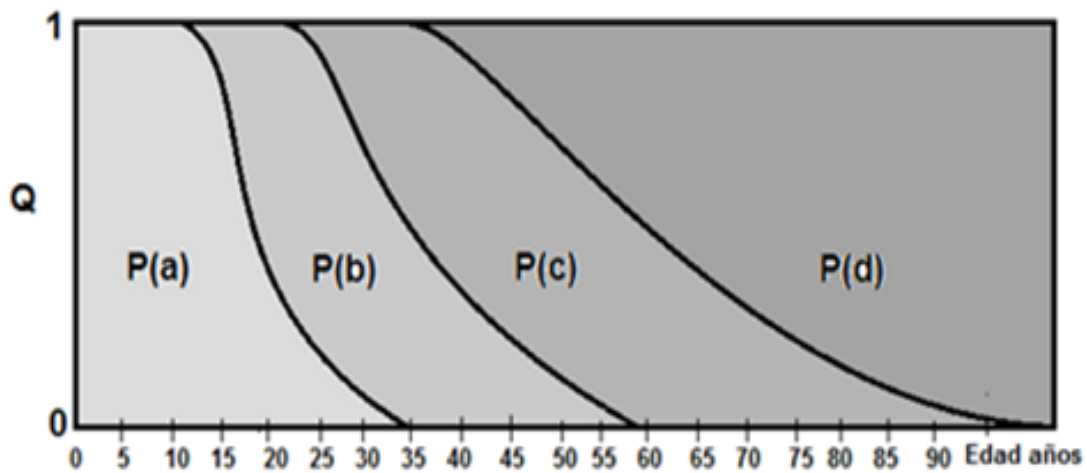


Figura N°3: Cuatro curvas representativas de degradación
Fuente: Hovde y Moser-2004

La esencia de los métodos probabilísticos para estimar el tiempo de durabilidad consiste en considerar la vida útil del componente como un magnitud aleatoria y describir su comportamiento mediante un modelo probabilístico, la durabilidad del componente monoblock de un motor de combustión interna diesel para diferentes materiales y diferentes condiciones como el medio ambiente, condiciones de uso, condiciones de operación, nivel de mantenimiento se considera una función de densidad probabilidad (FDP) como lo apreciamos en la Figura N°4.

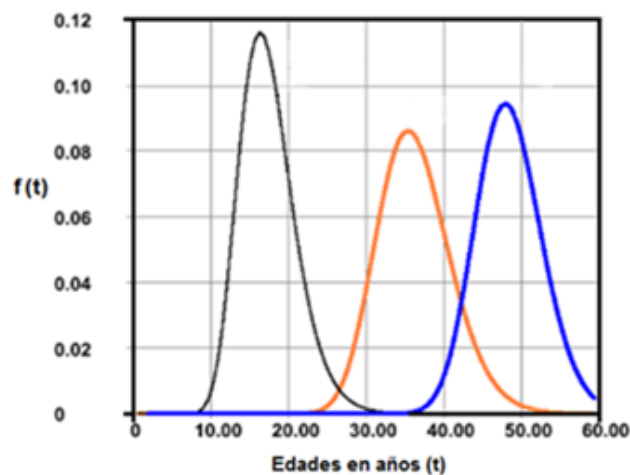


Figura N°4: Resultados de vida útil usando diferentes materiales
Fuente: Hovde y Moser -2004

1.3.2. Análisis de las fallas más frecuentes en el monoblock de combustión interna por compresión

El análisis de fallas más frecuentes a los monoblock de motores Diesel, se deben utilizar las técnicas de diagnóstico que han evolucionado enormemente en los últimos años. Existen diversas técnicas como son; el análisis de laboratorio del aceite lubricante que se emplea con rigurosidad científica para saber qué es lo que está ocurriendo en el interior del motor, análisis de concentración de metales, evaluación a condición donde existen varias técnicas, inspecciones boroscópicas; que nos permiten evaluar y analizar las fallas más frecuentes no solo del monoblock, donde incluye ventajas como herramientas que permite evitar paralizaciones no programadas, ayuda a prevenir fallas, incrementar la vida útil del motor Diesel, reduce los costos de inventario, mejora la disponibilidad de los monoblock y contribuye con el control de emisiones de los gases

de escape evacuados hacia el medio ambiente, disminuyendo la contaminación del aire. Estas técnicas consisten en una serie de pruebas tanto en laboratorio, como datos en red que permiten evaluar las propiedades mecánicas, térmicas de cada uno de los componentes o partes y así poder tener un archivo de fallas repetitivas, de este modo elaborar el diagnóstico sobre el estado del monoblock; empleando la relación de análisis de modos de fallas y sus efectos para así poder tomar decisiones respecto a la durabilidad o degradación respecto al tiempo en relación a su vida útil remanente y de allí efectuar acciones de mantenimiento preventivo o predictivo.

Las técnicas de diagnóstico de monitoreo tienen una serie de beneficios porque permiten encontrar las fallas más frecuentes en los aspectos de la operación del monoblock y compensar su uso por los factores antes mencionados en el proyecto de investigación, con un programa de mantenimiento adecuado y una buena práctica de muestreo se pueden obtener indicios confiables de falla de los componentes del motor, relacionados con el aceite lubricante y con el desgaste.

El paso más importante en la instalación de una técnica de evaluación es realizar un programa adecuado y realizar una evaluación beneficio/costo teniendo en cuenta la cantidad mínima de motores a monitorear, tomando en cuenta el comportamiento de los motores, personal técnico, cronograma de operación y el costo de los tiempos por paradas imprevistas.

El monitoreo de los monoblock Diesel se debe iniciar en aquellos motores calificados como críticos, debe continuar en los motores donde las fallas se desarrollan rápidamente, seguidos por los motores que ocasionan consecuencias económicas severas y, finalmente, los motores con fallas conocidas y/o con historial de fallas. El departamento de mantenimiento se encargará de seleccionar los motores críticos y de recolectar sus datos de operación. Posteriormente, se deberá establecer si se está usando el diagnóstico más apropiado para el tipo de operación y se implementará un programa para establecer los periodos óptimos de cambio.

En el Anexo 2 de identificación de los factores en el método de predicción de la vida útil en el análisis de fallas; podemos verificar a través del archivo fotográfico tomado de muestras de talleres más representativos de la Región Arequipa, determinamos por medio de la práctica las fallas repetitivas como son del desgaste, la corrosión, siniestro de monoblock por fallas mecánicas y otros.

1.3.3. Metodológica de estimación de la vida útil por el método de los factores para el monoblock de combustión interna por compresión

La propuesta metodológica para estimar la vida útil del monoblock de combustión interna por compresión se indica su procedimiento a continuación:

Paso N°1: Identificar las condiciones generales de servicio, tipo de activo, sistema, componente, requerimientos funcionales y rendimiento. En esta primera etapa de la aplicación del método es donde se identifican las condiciones generales de servicio del activo que se van a emplear para determinar la vida útil, requerimientos del usuario, consideraciones económicas respecto a la planeación de su vida útil, frecuencia del mantenimiento del activo sus mantenimientos relevantes que afectan el rendimiento al costo de adquisición, costo de operación y mantenimiento.

Paso N°2: Determinar e identificar los factores más relevantes que afectan a la durabilidad del activo, sistema o componente. Para determinar estos factores es conveniente consultar con el procedimiento de la norma técnica ISO 15686 tomado como base de referencia propuesto en el proyecto. La evaluación se basa en el criterio del evaluador con base en su experiencia profesional que puede ser determinante en las estimaciones, porque este método es práctico y se recomienda usarlo cuando se requiere estimar una vida útil de manera rápida.

Por lo tanto se puede afirmar que este método, unas de sus fortalezas lo determina la experiencia del profesional o de un equipo de consultores de la especialidad para la selección adecuada de los factores quienes serán determinantes para la estimación de la vida útil propuesta. Unas de las recomendaciones para la selección son las fallas más

comunes y de sus causas que más comúnmente presentan los equipos, sistemas o componentes considerando el Método Delphi.

Recomiendan métodos más específicos propuestos en el párrafo anterior como son evaluaciones a condición, monitoreo por sensores o pruebas de envejecimiento acelerado en laboratorio lo cuales se invierte mucho tiempo y es costoso. Los profesionales en los despachos optan por estimar la vida útil con métodos estadísticos como el recomendado por la norma del método de los factores ISO 15686, o un similar NIC 16.

Por ultimo sobre este paso debemos dar relevancia en la selección, validación y ponderación utilizando un cuadro de expertos en la selección de los factores.

Paso N°3: Seleccionar los factores más relevantes para el método de predicción de la vida útil del activo, sistema, componente. Para determinar la selección de los factores se aplica el Método Delphi donde un conjunto de especialistas seleccionan a través de rondas de cuestionarios, preguntas y consultas de los factores degradantes.

Se recomienda que este proceso de selección sea lo más imparcial porque ello nos va a determinar la veracidad de la estimación de la vida útil de los activos.

Paso N°4: El modelo de estimación de la vida útil del componente monoblock diesel, que también se puede utilizar para sistemas o equipos electromecánico, denominado el método de los factores tomado de la norma Organización Internacional de Normalización ISO-15686 Edificios y activos construidos, y adaptado para nuestro proyecto, cuya definición es: La obtención de la vida útil estimada o remanente es igual a la vida útil de referencia multiplicada por los factores seleccionados y determinados por soluciones deterministas.

1.3.3.1. Identificar las condiciones generales de servicio

El motor de combustión interna diesel, es el sistema motriz de los vehículos de usuarios, vehículos de transporte de pasajeros, vehículos de transporte de carga de diferente

índole, maquinaria liviana o pesada, grupos de generación etc., el componente monoblock del motor es el pilar principal de su funcionamiento porque es el soporte de los diferentes componentes que componen el motor. Este componente fundamental del presente proyecto sus condiciones de operación son muy extremas porque sus operaciones permiten mover la economía de una región.

Los fabricantes a través de la tecnología aumentan su rendimiento, porque el combustible diesel que los mueve se está agotando en el mundo, además podemos resaltar que la producción de estos componentes año tras año va en aumento, de acuerdo a las estadísticas del 2014 se han producido 50 000 000 millones de unidades aproximadamente.

La evaluación y análisis de este componente es de suma importancia para las empresas, usuarios, por lo tanto crear una metodología que se capaz de estimar su vida útil permitirá tomar decisiones como gestionar los mantenimientos adecuados para prolongar su vida útil, darle de baja, evaluar sus beneficios/costos y otros.

1.3.3.2. Identificar los factores en el método para la predicción de la vida útil del monoblock de combustión por compresión

Como hemos adelantado, existen algunos métodos de análisis que determinan los factores de vulnerabilidad y riesgo. En este sentido nos hemos limitado a analizar diferentes trabajos y procedimientos de instituciones de prestigio, relacionados con la vida útil de los componentes, sistema o equipos electromecánicos. Se ha construido una matriz que recoge el conjunto de todos los factores con el fin de comprobar las debilidades y fortalezas de los mismos, para seleccionar de este modo los más adecuados. Para ello se ha hecho una revisión de los datos que aportan:

- INDECOPI – NTP: 1992 Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la protección de la Propiedad Intelectual- Normas Técnicas Peruanas.
- ISO 9001:2008 Sistemas de gestión de Calidad-Requisitos

- Las Norma de ASTM: 1898 International se usan en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales por todo el mundo. American Society for Testing Materials.
- La Norma ISO 15686: 2011 Sobre la determinación de la vida de servicio o vida útil de edificios - International Organization for Standardization.
- La Norma ANSI: 1969 Instituto Nacional Estadounidense de Estándares es una organización sin fines de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. Es miembro de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO).
- La norma AISI/SAE: 1912 El Instituto Americano del Hierro y el Acero y la Sociedad de Ingenieros de la Industria Automotriz, cuya función es la normalización de los aceros y de aleaciones de metales no ferrosos

Los factores propuestos de acuerdo a un evaluación y consultas a persona expertas en el tema son los siguientes.

1. Nivel de diseño
2. Condiciones de uso
3. Nivel de mantenimiento
4. Calidad del material
5. Obsolescencia tecnológica
6. Obsolescencia comercial
7. Apariencia física o estado
8. Confiabilidad
9. Disponibilidad
10. Corrosión
11. Medio ambiente o externo donde opera
12. Obsolescencia programada
13. Desgaste

En la Cuadro N°1 de factores de vulnerabilidad y riesgo, se recogen las instituciones mencionadas, los factores propuestos por las mismas y en la última fila, la síntesis de factores de nuestra propuesta.

Cuadro N°1: Factores de vulnerabilidad y riesgo

FACTORES		Nivel de diseño	Condiciones de uso	Nivel de mantenimiento	Calidad del material	Obsolescenci a tecnológica	Obsolescenci a comercial	Apariencia física o estado	Confiabilidad	Disponibilidad	Corrosión	Medio ambiente externo donde opera	Obsolescencia programada	Desgaste
		INDECOPI -NTP 1992												
		ISO 9001												
		ASTM 1898												
		ISO 15686												
		ANSI 1969												
		AISI/SAE 1912												
		Síntesis propuesta												
		DOCUMENTOS A ESTUDIAR												

Fuente: Elaboración propia.

1.3.3.3. Seleccionar los factores para el método de predicción de la vida útil del monoblock de combustión interna por compresión

Como resultado, se han obtenido trece factores determinantes, que son los que se han sometido a la valoración de dieciséis expertos por el método de Delphi. Calculando la media aritmética de la valoración de los expertos en una escala de cero a diez (Cero indica nula incidencia del factor y diez incidencia total del factor propuesto). Obtenemos los resultados que se presentan en la Cuadro N°2 de valoración de los expertos y selección. Hemos ordenado los factores en función de la importancia que han marcado los expertos.

Cuadro N°2: Valoración de los expertos y selección

N° Factor	Ordenación de factores por importancia según expertos	Nivel incidencia del factor en la durabilidad valor medio
9	Disponibilidad	8.63
11	Medio ambiente o externo donde opera	7.88
8	Confiabilidad	7.81
5	Obsolescencia tecnológica	7.75
10	Corrosión	7.50
7	Apariencia física o estado	7.06
3	Nivel de mantenimiento	7.00
4	Calidad del material	7.00
2	Condiciones de uso	7.00
1	Nivel de diseño	6.44
13	Desgaste	6.25
6	Obsolescencia comercial	5.44
12	Obsolescencia programada	4.63

Fuente: Elaboración propia

1.3.3.4. Propuesta del método para la predicción de la vida útil del monoblock de combustión interna por compresión.

La metodología propuesta viene de la adaptación de la norma Organización International de Normalización ISO-15686 (2011) Edificios y activos construidos que

consta de once partes, dentro de los factores que se toman en cuenta para el análisis de vida útil remanente se encuentra dividido en factores diversos producto por el uso del activo y el deterioro causado por otros motivos distintos del uso y relacionado con el tiempo; factores funcionales determinados obsolescencia tecnológica, incapacidad para producir eficientemente lo que determina la insuficiencia para la capacidad actual de la empresa expansión del negocio. Todas estas variables son incluidas en un modelo Figura N°5, propuesto tomando en cuenta las condiciones de operación de mantenimiento de los activos así como su contexto operacional del activo.

El método de los factores utiliza un enfoque determinista propuesto para el desarrollo de trabajo de investigación es modificado en la elección de factores y la manera de cuantificarlos y verificar su confiabilidad de cada uno de ellos basándonos en la investigación bibliográfica, experiencia, consulta con especialistas, investigación de campo de tal modo obtener una metodología que surja de ejemplo de aplicación en la ingeniería y en otros campos de las ciencias.

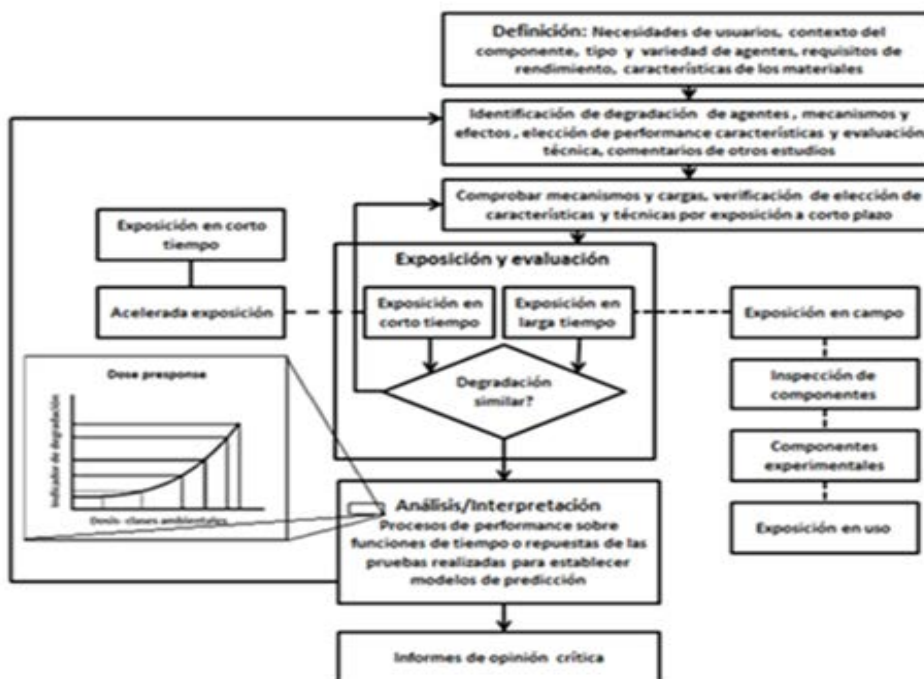


Figura N°5: Metodología sistemática de predicción de la vida útil de componentes mecánicos
Norma ISO-15686 Fuente: Norma ISO 15686

Los factores que luego son cuantificados y combinados en diferentes ecuaciones, dependen de una evaluación de cómo y en qué medida influyen en la vida útil del componente en el procesos para el cual ha sido diseñado, construido y puesto en operación para las condiciones de trabajo respectivo. De igual forma el cálculo estimada de la vida útil se formula de acuerdo a la Norma de la Organización Internacional de Normalización - ISO-15686 para Edificios y activos construidos, con la modificación integra de los factores formulados y seleccionados para el componente motriz del componente monoblock, donde la vida útil estimada se calcula como la vida útil de referencia y multiplicada por los diversos factores mencionados anteriormente, dependiendo del producto real a ser evaluado.

La formulación matemática es la siguiente:

$$\text{VUE} = \text{VUR} \times \text{Factor A} \times \text{Factor B} \times \text{Factor C} \times \text{Factor D} \times \text{Factor E} \times \text{Factor F}$$

Dónde:

VUE= Vida Útil Estimada ó Remanente

VUR= Vida Útil de Referencia

- Factor A: Disponibilidad
- Factor B: Medio ambiente o externo donde opera
- Factor C: Confiabilidad
- Factor D: Obsolescencia tecnológica
- Factor E: Corrosión
- Factor F: Apariencia física o estado

1.3.3.4.1. Factor por disponibilidad

La disponibilidad de un equipo define la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, el tiempo activo de reparación, el tiempo inactivo, el tiempo en mantenimiento preventivo, el tiempo administrativo, el tiempo de funcionamiento sin producir y el tiempo logístico.

El factor de disponibilidad de un equipo, sistema o componente es una medida que nos indica cuánto tiempo está ese equipo o sistema operativo respecto de la duración total durante la que se hubiese deseado que funcionase.

El factor disponibilidad es una medida relevante y útil en el que usuario debe tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas, donde le permite tener una imagen completa sobre el perfil de su funcionabilidad, por lo tanto debe ser cuantificable porque está en función de su contexto operacional. El factor disponibilidad nos permite cuantificar del equipo o componente su vida útil estimable o remanente porque está en función del desgaste, falta de repuestos, la mantenibilidad o fechas de caducidad de contrato de servicio relacionado con el bien.

El factor disponibilidad lo obtenemos de la siguiente fórmula y lo cuantificamos por medio de los siguientes Cuadro N°3, 4,5; donde indicamos los valores del factor por 8, 16 o 24 horas diarias de trabajo y durante un periodo de un año.

$$\text{Factor Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo total} - \text{Tiempo fuera de servicio}}{\text{Tiempo total}}$$

Dónde:

Factor disponibilidad: Valor comprendido entre 0 y 1.

Tiempo total: Tiempo en horas durante un periodo de un año.

Tiempo fuera de servicio: Tiempo en horas del activo por mantenimiento programado y no programado, pérdidas de velocidad, por logística y administrativas.

Cuadro N°3: Escala de evaluación del Factor Disponibilidad de un Monoblock de Combustion Interna 8 horas de jornada de trabajo por un año

Escala de clasificación	Tiempo fuera de servicio	Factor correspondiente Método Factorial
Bueno	Cero horas	1.00
Bueno	146 horas (18.25 días)	0.95
Bueno	292 horas (36.5 días)	0.90
Bueno	438 horas (54.75 días)	0.85
Bueno	584 horas (73 días)	0.80
Regular	730 horas (91.25 días)	0.75
Regular	876 horas (109.5 días)	0.70
Regular	1022 horas (127.75 días)	0.65
Regular	1168 horas (146 días)	0.60
Regular	1314 horas (164.25 días)	0.55
Regular	2737.5 horas (342.19 días)	0.50
Malo	1606 horas (200.75 días)	0.45
Malo	1752 horas (219 días)	0.40
Malo	2044 horas (255.5 días)	0.30
Malo	2336 horas (292 días)	0.20
Malo	2628 horas (328.5 días)	0.10

Fuente: Elaboracion propia

Cuadro N°4: Escala de evaluación del Factor Disponibilidad de un Monoblock de Combustion Interna 16 horas de jornada de trabajo por un año

Escala de clasificación	Tiempo fuera de servicio	Factor correspondiente Método Factorial
Bueno	Cero horas	1.00
Bueno	292 horas (18.25 días)	0.95
Bueno	584 horas (36.5 días)	0.90
Bueno	876 horas (54.75 días)	0.85
Bueno	1168 horas (73 días)	0.80
Regular	1460 horas (91.25 días)	0.75
Regular	1752 horas (109.5 días)	0.70
Regular	2044 horas (127.75 días)	0.65
Regular	2336 horas (146 días)	0.60
Regular	2628 horas (164.25 días)	0.55
Regular	2920 horas (182.5 días)	0.50
Malo	3212 horas (200.75 días)	0.45
Malo	3504 horas (219 días)	0.40
Malo	4088 horas (255.5 días)	0.30
Malo	4672 horas (292 días)	0.20
Malo	5256 horas (328.5 días)	0.10

Fuente: Elaboracion propia

Cuadro N°5: Escala de evaluación del Factor Disponibilidad de un Monoblock de Combustion Interna 24 horas de jornada de trabajo por un año

Escala de clasificación	Tiempo fuera de servicio	Factor correspondiente Método Factorial
Bueno	Cero horas	1.00
Bueno	438 horas (18.25 días)	0.95
Bueno	876 horas (36.5 días)	0.90
Bueno	1314 horas (54.75 días)	0.85
Bueno	1752 horas (73 días)	0.80
Regular	2190 horas (91.25 días)	0.75
Regular	2628 horas (109.5 días)	0.70
Regular	3066 horas (127.75 días)	0.65
Regular	3504 horas (146 días)	0.60
Regular	3942 horas (164.25 días)	0.55
Regular	4380 horas (182.5 días)	0.50
Malo	4818 horas (200.75 días)	0.45
Malo	5256 horas (219 días)	0.40
Malo	6132 horas (255.5 días)	0.30
Malo	7008 horas (292 días)	0.20
Malo	7884 horas (328.5 días)	0.10

Fuente: Elaboracion propia

1.3.3.4.2. Factor medio ambiente o externo donde opera

Este factor de medio ambiente o externo donde opera, es un factor gravitante para el funcionamiento de los equipos, lo que determina a que esfuerzos variables que están sometidos, por ejemplo las siguientes condiciones:

Altura sobre el nivel donde opera el equipo, si es a 0 m.s.n.m. o 5000 m.s.n.m. donde la temperatura y con respecto al otro son extremas, donde llegan a estar bajo cero grados centígrados, la falta de aire el motor no desarrolla adecuadamente y por lo tanto tiene esfuerzos ciclos complicados.

Las condiciones de trabajo en terrenos húmedos, agrestes, en centros mineros a tajo abierto o socavón, o zonas de trabajo en ciudades donde existen todas las comodidades

como repuestos, pistas adecuadas, temperatura adecuada, la valoración nos el Cuadro N°6 que nos da 0 a 1.2.

Cuadro N°6: Escala de evaluación del Factor medio ambiente o externo donde opera el Monoblock de Combustion Interna

Escala de clasificación	Condiciones	Factor correspondiente Método Factorial
1- Favorable	Ambiente exterior con muy poco o ningun efecto sobre el componente	1.2
2- Menos favorable	El componente expuesto a los agentes externos de degradacion del medio ambiente con el tiempo , la dosis es relativamente baja y de corta duración	1.1
3-Algo agresivo	El componente expuesto a los agentes externos degradación del medio ambiente por periodos más largos	1.0
4-Agresivo	El componente expuesto a altas dosis de agentes externos de la degradación ambiental, la mayoría de las veces, una combinación de agente de degradación en la superficie del componente	0.9
5-Muy agresivo	El componente constante y directamente expuesta a los agentes de degradación ambiental externos muy agresivo	0.8

Fuente: Adaptado de Mac Duling et al (2008b)

1.3.3.4.3. Factor por confiabilidad

Este factor de relevante considerado en la propuesta metodología del tema de investigación para estimar la vida útil del componente monoblock, porque permite considerar variables intrínsecas dentro del factor confiabilidad como son: calidad de material, desgaste de componente, diseño del componente, proceso de fabricación del componente, montaje del componente, mantenimiento del componente y seguridad como integrante del activo o equipo.

La confiabilidad renombra muchos puntos que hay que tomar en consideración como son reputación del activo, garantía en el proceso de adquisición y puesta en marcha, negocios futuros con la misma marca y análisis de costo de inversión y operación.

Para tener una claridad sobre este factor de confiabilidad definimos algunos conceptos de sumo interés y de gran trascendencia aplicados a la metodología propuesta del tema de investigación.

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un componente, sistema o producto realice sus funciones bajo condiciones operativas previamente definidas, durante un intervalo de tiempo dado.

Confiabilidad operacional: Es la capacidad de un sistema de realizar sus funciones operativas específicas, relacionando la parte de activos, procesos y personas.

Confiabilidad de proceso: Es la técnica que nos permite conocer y determinar los parámetros de las operaciones de una organización, de esta forma tener un entendimiento preciso de los mismos.

Confiabilidad de equipo: Conjunto de herramientas aplicadas para conducir al mejoramiento y lograr la efectividad global dentro de las organizaciones y de esta forma extender el tiempo entre fallos de un sistema o componente.

Confiabilidad humana: conjunto de conocimientos y técnicas que se aplican en la predicción, análisis y reducción del error humano, enfocándose sobre el papel de las personas en las áreas de diseño, operación, procesos, mantenimiento y gestión de un activo de producción

Ingeniería de Confiabilidad: Conjunto de métodos, técnicas y herramientas que sirven para determinar el grado de seguridad en el cual un dispositivo, producto o sistema trabajará en condiciones óptimas durante un determinado periodo de tiempo.

No basta que un sistema, componente o producto cumpla los parámetros y criterios de calidad establecidos sino que además es importante que tenga un buen desempeño durante su vida útil es decir que sea confiable. Esto cada vez cobra una importancia mayor dado que cambia la tecnología, los productos son cada vez más complejos, los clientes se tornan cada vez más exigentes y la competencia es alta.

Por consiguiente es necesario aplicar confiabilidad dentro de las organizaciones de manera global, y bien que es confiabilidad es la probabilidad de que un componente o sistema desempeñe satisfactoriamente la función para la que fue creado durante un

periodo establecido y bajo condiciones de operación establecidos. La confiabilidad es calidad en el tiempo.

La información para los estudios de confiabilidad tienen diferentes denominaciones: datos de tiempos de vida, datos de tiempos de falla, datos de tiempo a evento, datos de degradación, etc.

¿Qué es una falla?

Es el efecto que se origina dentro de un componente o sistema que impide el correcto funcionamiento que se considera se realice.

A los efectos de su aplicación, la confiabilidad diferencia tres tipos de fallas que se producen en forma imprevista y que son ajenas al personal que realiza las operaciones.

Fallos iniciales: esta etapa se determina por tener una alta tasa de errores que va en declive de forma acelerada con respecto al tiempo. Se presentan durante la fase inicial de la vida operativa y básicamente se debe a las deficiencias en el proceso de fabricación, instalación y control de calidad. Estos fallos también pueden deberse a la inexperiencia del equipo por parte de los operarios o desconocimiento del procedimiento correcto.

Fallos normales: también conocidas como fallas fortuitas, es la etapa en donde se presentan una tasa de errores menor pero concurrente. Los fallos no se producen debido a causas inherentes al equipo, sino por causas al azar que son externas al proceso. Estas causas pueden ser accidentes fortuitos, mala operación, situaciones impropias. Son imposibles de predecir con exactitud pero, en general, tienden a cumplir con ciertas reglas.

Fallos de desgaste: etapa caracterizada por una tasa de errores rápidamente creciente. Los fallos se producen por desgaste natural del equipo debido al transcurso del tiempo. En general este tipo de fallas aparecen luego de terminado el período de vida útil del elemento o sistema. En la mayoría de los casos estos errores pueden evitarse mediante

el mantenimiento preventivo, es decir, mediante la sustitución de los componentes o equipos en un intervalo de tiempo previo al desgaste (Acuña, 2003).

Pruebas de confiabilidad

Las pruebas determinan la capacidad de un producto para cumplir con los requerimientos de confiabilidad, sujetando al producto a un conjunto de pruebas físicas, químicas, ambientales, o de condiciones de operación. Una prueba de confiabilidad mide tanto la confiabilidad como la confianza bajo diversas condiciones.

La información obtenida de estas pruebas se utiliza para estimar la confiabilidad alcanzable dentro de los intervalos de confianza especificados. Los resultados se comparan con las metas como base para toma de acciones correctivas para mejorar la confiabilidad.

Entre las pruebas utilizadas para detectar modos de falla se encuentran: pruebas funcionales, ambientales, aceleradas, de quemado, y confiabilidad en vida útil.

Confiabilidad operacional

La Confiabilidad Operacional se define como una cadena de técnicas de mejora continua, que introducen en forma sistemática, avanzados equipos de diagnóstico, métodos de análisis y nuevas tecnologías, para perfeccionar el servicio, planeación, ejecución y control de la producción. Sistema compuesto por personas, procesos y activos para el cumplimiento de funciones dentro de un contexto operacional específico, dentro de sus límites de diseño.

Es importante, puntualizar que en un sistema de confiabilidad operacional es necesario el análisis de sus cuatro parámetros operativos: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad y confianza de los equipos; los cuales interactúan de forma óptima para obtener un mejoramiento duradero y de largo plazo (Andreani , 2009).



Figura N°6: Factores de la confiabilidad operacional
Fuente: Andreani, 2009

El proceso de gestión de la confiabilidad humana se puede definir como el conjunto de conocimientos y técnicas que se aplican en la predicción, análisis y reducción del error humano, enfocándose sobre el papel de las personas en las áreas de diseño, operación, procesos, mantenimiento y gestión de un activo de producción. Desde una perspectiva estrictamente conceptual y simplificada, la confiabilidad inherente de un sistema se relaciona con el número de fallas que ocurren en determinado tiempo, bajo condiciones específicas de operación. Por su parte, la Confiabilidad Humana se vincula con el número de errores que se cometen en un tiempo igualmente determinado y, nuevamente, bajo específicas condiciones de trabajo. Por ello, la Confiabilidad en el contexto de operación de un sistema agrupa: los modos de fallas propios que ocurren dentro del proceso de producción llamémosles modos de falla técnicos; y aquellos determinados por las personas que interactúan diseñan, operan y mantienen estos sistemas llamémosles modos de falla humanos o, sencillamente, errores humanos.

La ingeniería de procesos se define como la técnica que nos permite conocer y determinar los parámetros de las operaciones de una organización, de esta forma se tendrá un panorama más amplio en base al entendimiento preciso de las operaciones dentro de un organismo.

El proceso de confiabilidad de los equipos se entiende como el conjunto de herramientas aplicadas para conducir al mejoramiento y lograr a efectividad global dentro de las organizaciones y de esta forma se pueda extender el tiempo entre fallos de un sistema o componente.

A pesar de que un sistema sea funcional al comienzo de su vida operativa, todo usuario es completamente consciente de que, independientemente de la perfección del diseño de un sistema, de la tecnología de su producción o de los materiales usados en su fabricación, a lo largo de su operación se producirán ciertos cambios irreversibles. Estos cambios son resultado de procesos tales como corrosión, abrasión, acumulación de deformaciones, distorsión, sobrecalentamientos, fatiga, difusión de un material en otro, etc. A menudo estos procesos se superponen e interactúan los unos con los otros y causan un cambio en el sistema, con lo cual cambiarán sus características de actuación. La desviación de esas características respecto a los valores especificados es lo que se considera como fallo del sistema. Los fallos también pueden ser causados por sobrecargas bruscas, errores de los operadores, reparaciones incorrectas, etc. Por consiguiente, el fallo del sistema puede ser definido como un suceso cuya realización provoca, o bien la pérdida de capacidad para realizar las funciones requeridas, o bien la pérdida de capacidad para satisfacer los requisitos especificados. Independientemente de las razones de su aparición, un fallo causará la transición del sistema desde su estado satisfactorio a un nuevo estado insatisfactorio, conocido como estado de fallo. (Acuña, 2003).

Los procedimientos a utilizar para el mantenimiento de sistemas pueden agruparse en dos categorías principales a saber:

- Mantenimiento programado
- Mantenimiento no programado

El mantenimiento programado mejor conocido como mantenimiento preventivo puede definirse como la programación de actividades de inspección de los equipos, estos pueden ser de funciones, de servicio, calibración y hasta de limpieza, deben de realizarse en determinados periodos basándose en un plan de seguimiento de control de

calidad. El propósito del mantenimiento preventivo es precisamente prevenir los errores, para poder mantener el sistema bajo las condiciones óptimas especificadas de un inicio.

Su característica fundamental es la de inspeccionar los equipos de forma planeada para detectar fallas durante su fase inicial y corregirlas en el momento adecuado.

Nos referimos a mantenimiento no programado o mejor conocido como mantenimiento correctivo a la acción de corregir los defectos detectados dentro de un sistema o componente, consiste en detectar los errores y repararlos en el menor tiempo posible para volver a su función el sistema.

Este mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, pues implica el cambio de algunas piezas del equipo.

Debemos de considerar una tercera categoría de mantenimiento mejorativo, el cual da pie a la ingeniería de confiabilidad.

Mantenimiento mejorativo

(Patrick y O'Connor.1999). Definen que este tipo de mantenimiento reside en la transformación o cambio de los ambientes originales del equipo o instalación. No es tarea de mantenimiento propiamente dicha, debe superarse el mantenimiento preventivo para apearse hacia el mantenimiento mejorativo, este busca reducir los costos globales a través de inversiones genéticas de equipos y sistemas.

Se incorporan aspectos como:

- Mantenimiento centrado de confiabilidad (RCM)
- Análisis de ciclo de vida
- Mejoramiento continuo

El RCM se define como el proceso que permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico, ha sido utilizado en miles de empresas de todo el mundo para determinar las tareas de mantenimiento de sus equipos.

Dentro del análisis del ciclo de vida se pretende evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, para determinar el impacto de ese uso de recursos y esas emisiones y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental.

El ACCV incluye el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de extracción y procesado de materias primas, producción, transporte y distribución, uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición final.

El mejoramiento continuo es el conjunto de todas las acciones diarias que permiten que los procesos y la empresa sean más competitivos en la satisfacción del cliente.

La mejora continua debe formar parte de la cultura de la organización, convirtiéndose en una filosofía de vida y trabajo. Esto incidirá directamente en la velocidad del cambio.

Un proceso de desarrollo de la Confiabilidad Operacional implica cambios en la cultura de la empresa, creando un organismo diferente con un amplio sentido de la productividad y con una visión clara de los fines del negocio. La variación en conjunto o individual que pueda sufrir cada uno de estos cuatro aspectos mostrados, afecta el desempeño general del sistema. Cualquier hecho aislado de mejora puede traer beneficios, pero no al considerarse los demás factores, sus ventajas son limitadas o diluidas en la organización y pasan a ser el resultado de un proyecto y no de un cambio organizacional.

La confiabilidad en mantenimiento se estudia como la probabilidad que un equipo sobreviva sin fallas un determinado período de tiempo bajo determinadas condiciones de operación.

Sin embargo esta definición no demuestra en realidad todos los alcances que conlleva. La confiabilidad es más que una probabilidad; es una nueva forma de ver el mundo, en realidad es una cultura que debe implementarse a todos los niveles de la industria desde la alta dirección hasta el empleado de más bajo nivel. La confiabilidad como cultura

busca que todas las actividades de producción y en general todas las tareas se efectúen bien desde la primera vez y por siempre; no se acepta que se hagan las cosas precariamente o a medias.

Esto implica un cambio en la mentalidad de todo el personal de la planta, nuevas formas de pensar y actuar, nuevos paradigmas; por esto es de radical importancia que la dirección de la empresa tome conciencia de la nueva situación y de su dificultad de conseguirla. Inculcar un cambio en la forma de pensar no es sencillo, cuesta gran cantidad de trabajo y tiempo; la dirección debe enfocar sus esfuerzos en la formación de sus empleados mediante políticas que permitan la participación del personal en planes de mejoramiento continuo de procesos, círculos de participación y demás elementos que persigan alcanzar los objetivos propuestos.

Ingeniería de confiabilidad

Conjunto de métodos, técnicas y herramientas que sirven para determinar el grado de seguridad en el cual un dispositivo, producto o sistema trabajará en condiciones óptimas durante un determinado periodo de tiempo.

La Ingeniería de Confiabilidad se manifiesta a través del plan de mantenimiento, el que es el elemento de vínculo con la ejecución del mantenimiento y los resultados de esta, la fuente para la Ingeniería de Mantenimiento.

Fases de la ingeniería de confiabilidad:

Planeación: La planeación enfocándonos al mantenimiento se refiere al proceso mediante el cual se determina y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo. El proceso de planeación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de técnicas para detectar fallas presentes durante el proceso y la mejor forma de poder evitarlas o eliminarlas.

Programación: Dentro del mismo contexto la programación nos permite organizar y determinar que herramientas, métodos o técnicas serán implementados para organizar el trabajo que se planteó en la fase de planeación.

Ejecución: dentro de esta fase se va a realizar la aplicación de métodos, técnicas o herramientas para realizar el trabajo planeado y permitir con esto la corrección, reducción o eliminación de fallas dentro de los procesos de una organización.

La confiabilidad como metodología de análisis debe soportarse en una serie de herramientas que permitan evaluar el comportamiento de una forma sistemática a fin de poder determinar el nivel de operatividad, la cuantía del riesgo y las demás acciones de mitigación que se requieren, para asegurar su integridad y continuidad operacional.

Existe una gran variedad de métodos y herramientas que nos permiten cuantificar estas variables, muchas de estas herramientas tienen la misma función pero dentro de contextos diferentes. A continuación se define algunas de estas metodologías (Parra, Marquez y Crespo .2012].

Métodos de confiabilidad

1. Pruebas aceleradas: Es una evaluación realizada en ciclos de vida más rápidos, donde sea aplicable, y con altos esfuerzo de operación y ambientales, mayores a los normales. Hay modelos como el de Arrhenius, Eyring, HALT, HASS.

2. Benchmarking: Es el proceso para mejorar el desempeño de los productos y los procesos, identificando, comprendiendo, y adaptando las mejores prácticas, procesos y características, y desempeño de productos y procesos de clase mundial, de manera continúa. El benchmarking compara productos, procesos, o servicios y puede ser interno o externo.

3. Análisis de degradación: Degradación es la propiedad de un proceso o producto que pierde su calidad de diseño o características de confiabilidad en el tiempo al ser sometido a esfuerzo.

4. Diseño para manufactura y ensamble (DFMA): Es una metodología interdisciplinaria que proporciona un método para analizar un diseño propuesto desde el punto de vista del ensamble y manufactura.

5. Diseño de experimentos (DOE): Se usa para proporcionar un método estadístico estructurado para la planeación y ejecución de pruebas. Se basa en la variación sistemática de parámetros para determinar el efecto de esos parámetros en el resultado.

6. Revisiones de diseño: Es una evaluación disciplinada e interdisciplinaria por un grupo de expertos para encontrar y resolver deficiencias o impedimentos que puedan afectar el lanzamiento de proyecto, revisando al final de cada actividad mayor del plan del proyecto. Las revisiones pueden ser formales e informales.

7. Identificación temprana de problemas: Es un método que aplica métodos estadísticos a datos de campo para detectar problemas de producto y proceso lo más antes posible.

8. A prueba de error (POKA YOKE): Es la práctica de diseñar productos o procesos de manera que se minimice o prevenga la probabilidad de errores humanos o mecánicos (Andreani -2009).

Se aplica para:

- Evitar que los productos se fabriquen o ensamblen incorrectamente
- Diseñar el proceso de manufactura para evitar partes más ensambladas
- Diseñar el software que no permita entradas en campos incorrectos

9. Análisis del modo y efecto de falla (FMEA): Es un grupo de actividades sistemático orientado a reconocer y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso y los efectos de esa falla, identificando acciones que puedan eliminar o reducir la posibilidad de que ocurra la falla, y documentar el proceso completo.

10. Reporte de fallas, análisis, sistema de acción correctiva (FRACAS): Es una revisión formal de la dirección y un sistema de bucle cerrado que se enfoca a resolver incidentes de fallas. Un grupo interdisciplinario analiza, determina la causa de falla, e inicia la acción correctiva, agrupando los incidentes individuales para enfocar de modo eficiente los recursos. El FRACAS asegura que todos los modos de falla que ocurran en un producto durante su desarrollo desde su arranque, estén documentados, monitoreados, y corregidos como sea necesario.

11. Análisis de elementos finitos (FEA): El análisis de elementos finitos (FEA) es un modelo matemático para predecir el esfuerzo o respuesta térmica de una estructura a la carga o estímulo térmico. Puede usarse también para modelado de fluidos. La estructura se divide en elementos muy pequeños analizando su interacción. El comportamiento de los elementos individuales se suma y la respuesta de la estructura completa se predice, en relación con la distribución del esfuerzo, temperatura o flujo.

12. Diagramas de bloque funcionales (FBD): Son medios gráficos para reducir sistemas complejos dentro de partes más pequeñas de elementos comprensibles con el propósito de realizar análisis (FMEA / FMECA/ Confiabilidad, etc.), también se refieren como “Boundary Diagrams”

13. Análisis de datos de vida: Sirve de marco de referencia analítico para determinar la probabilidad de falla de productos durante su ciclo de vida y evaluar la concordancia de acuerdo a los requerimientos especificados de entrada. EL análisis de datos de vida caracterizan las distribuciones de probabilidad de falla de un componente, subsistema, o producto para evaluar su conformación de las características de confiabilidad contra los requerimientos establecidos.

14. Diagramas de parámetros: Son un medio para reducir sistemas complejos a elementos comprensibles con el propósito de identificar influencias internas y externas en la funcionalidad del sistema, subsistema, ensamble o componente.

Los diagramas de parámetros se utilizan para diagnosticar problemas donde la funcionalidad se degrada o no es aceptable, los resultados motivan a mejorar la robustez.

15. Estudios de capacidad de proceso: Los estudios de capacidad de procesos evalúan la habilidad de un proceso para mantener una característica o características del proceso dentro de especificaciones. Cuando el proceso es capaz, se tiene confianza en la funcionalidad y la confiabilidad del producto.

16. Mapa de proceso / diagrama de flujo: Es una representación gráfica para reducir procesos complejos a elementos más pequeños comprensibles, que faciliten el análisis de (PFMEA), la simulación y la mejora continua. Proporciona un mapa de las

actividades realizadas y sus interdependencias (internas-externas) para un producto dado que será producido en un proceso.

La Ingeniería de Confiabilidad permite transformar la Gestión de los Activos desde el tradicional enfoque de centro de costo a una unidad de resultados, porque a través de sus herramientas es capaz de identificar cuantitativamente los beneficios del mejoramiento de la Confiabilidad Operacional, donde no indica el procedimiento a través de la Figura N°7. (Andreani A. 2009).

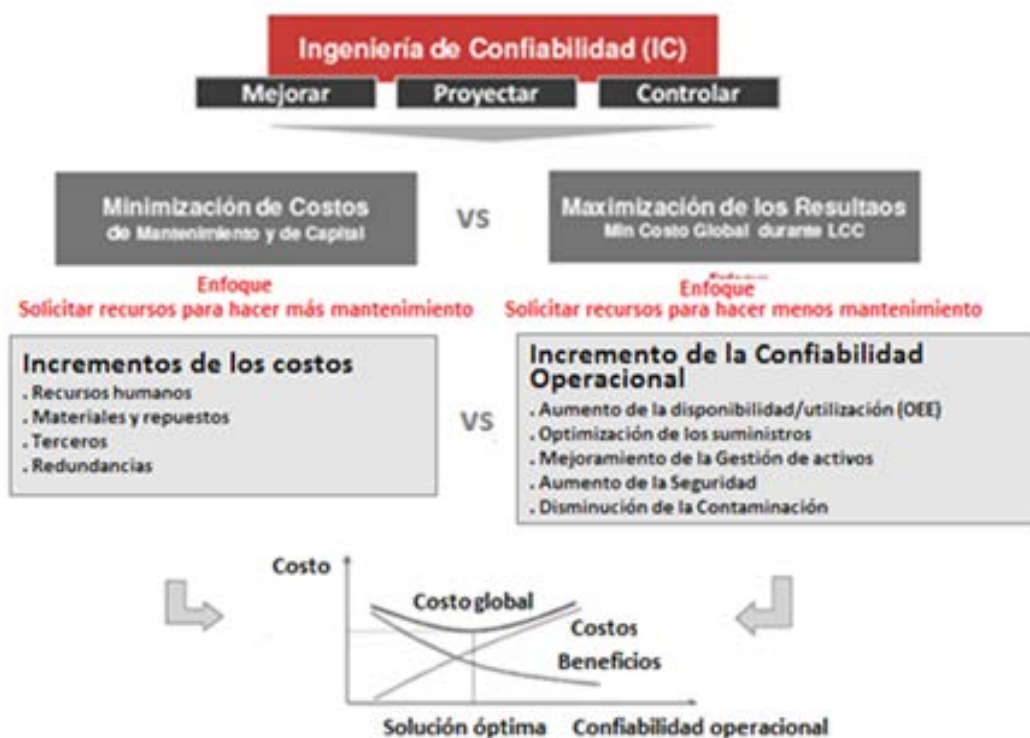


Figura N°7: Solución óptima que surge de aplicar ingnierá de confiabilidad (Andreani, 2009)

Modelo Weibull para obtención del Factor Confiabilidad

El modelo probabilístico de Weibull es muy flexible, pues la ley tiene tres parámetros que permiten ajustar constantemente toda clase de resultados experimentales y operacionales, es una distribución estadística aplicable al estudio de la fiabilidad en

problemas relativos a la vida de componentes y materiales. La distribución de Weibull, que recibe su nombre del investigador sueco que la desarrolló, se caracteriza por considerar la tasa de fallos variable al poder ajustarse a una gran variedad de funciones de fiabilidad.

A causa de su mayor complejidad sólo se usa cuando se sabe de antemano que una de ellas es la que mejor describe la distribución de fallos o cuando se han producido muchos fallos los tiempos correspondientes no se ajustan a una distribución más simple. En general es de gran aplicación en el campo de la ingeniería.

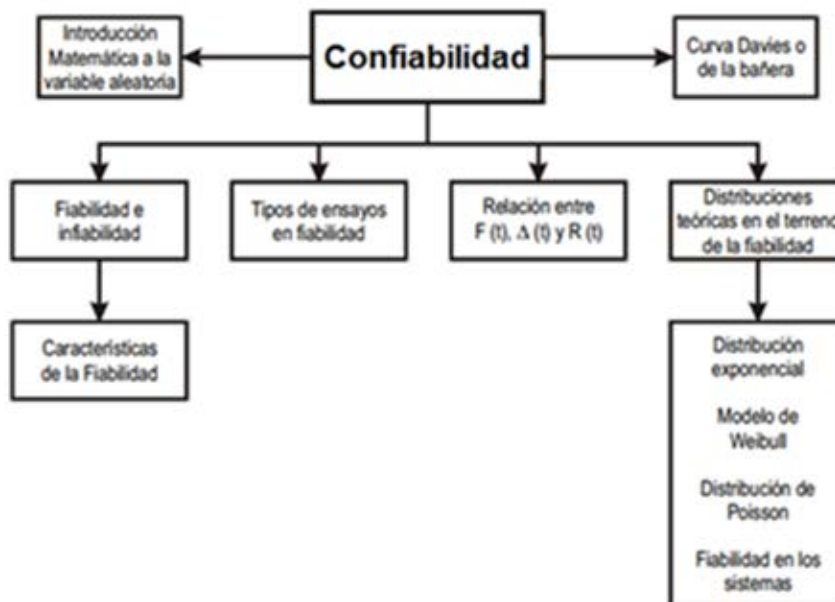


Figura N°8: Esquema Conceptual de la Factor Confiabilidad
Fuente: Acuña, 2003

Aunque existen dos tipos de soluciones analíticas de la distribución de Weibull, método de los momentos y método de máxima verosimilitud, ninguno de los dos se suele aplicar por su complejidad. En su lugar se utiliza la Resolución Gráfica a base de determinar un parámetro de origen (t). Un papel especial para gráficos, llamado papel de Weibull, hace esto posible. El procedimiento de la Figura N°11, aunque exige varios pasos y una o dos iteraciones, es relativamente directo y requiere, a lo sumo, álgebra sencilla.

La distribución de Weibull nos permite estudiar cuál es la distribución de fallos de un componente clave de seguridad que pretendemos controlar y que a través de nuestro registro de fallos observamos que éstos varían a lo largo del tiempo y dentro de lo que se considera tiempo normal de uso. El método no determina cuáles son las variables que influyen en la tasa de fallos, tarea que quedará en manos del analista, pero al menos la distribución de Weibull facilitará la identificación de aquellos y su consideración, aparte de disponer de una herramienta de predicción de comportamientos.

Función Weibull:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\lambda}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\lambda}{\eta} \right)^\beta}$$

Factor Confiabilidad:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\lambda}{\eta} \right)^\beta}$$

Parámetros de Función Weibull (β , γ , η):

Beta (β): Parámetro de forma, denota en que ciclo de vida se encuentra la máquina, sea infancia, vida útil o vejez.

$\beta < 1$ Periodo de infancia.

$\beta = 1$ Periodo de vida útil, independiente del proceso y tiempo.

$\beta > 1$ Periodo de desgaste o obsolescencia que se puede analizar detalladamente para
Orientar el diagnostico.

$1.0 < \beta < 2.5$ Fenómeno fatiga

$3.0 < \beta < 4.0$ Fenómeno de desgaste, corrosión

Eta (η): Parámetro de escala o vida característica, tiempo donde se manifestó la falla más trascendente en un ciclo de vida determinada probabilidad de falla del 63.20%.

Gamma (γ): Constante de tiempo mínimo de falla, tiempo libre de falla o tiempo de garantía, es el lapso de tiempo donde la máquina no tiende a fallar.

Tiempo (t): Es la variable independiente, es decir, es el lapso de tiempo específico al que hallamos su respectiva confiabilidad en la máquina.

El Cuadro N°7 nos da el rango de evaluación del factor confiabilidad en el intervalo de 0 a 1.

Cuadro N°7: Escala de evaluación del Factor confiabilidad en un Monoblock de Combustion Interna

Escala de clasificación	Condiciones	Factor correspondiente Método Factorial
1- Excelente	Con exceción de sistemas médicos y aviacion, el cual requiere mayor del 95%, es un factor bueno para el trabajo, se debe mantener o mejorar progresivamnete con un mantenimiento eficaz	> 0.85
2- Bueno	Según sea el sistema , equipo, componente permite el trabajo regular con una probailidad de falla aceptable	0.75 - 0.85
3-Aceptable	Según sea el sistema , equipo, componente permite el trabajo, pero amerita seguimiento, o mantenimiento preventivo-predictivo	0.60 - 0.75
4-Normal	Según sea el sistema , equipo, componente	0.50 - 0.60
5- Malo	Urgencia de reparación	0.25 - 0.50
6- Malo	No se puede trabajar con este sistema, equipo o componente, necesita reparacion total o cambio	0.00 - 0.25

Fuente: J.L. Cronbach 1951

1.3.3.4.4. Factor por obsolescencia tecnológica

Lo primero que hay que hacer para poder determinar el significado del término obsolescencia es establecer su origen etimológico. En este sentido, podemos matizar que emana del latín, en concreto, del vocablo “obsolescens”, que puede traducirse como “algo que ha pasado a dejar de usarse”.

El factor por obsolescencia tecnológica lo determina la incapacidad de producir eficientemente, esto debido la innovación del activo.

Los activos pueden quedar obsoletos antes de su desgaste físico, por lo que su vida útil puede haber terminado a pesar de que se sepa que todavía permanecen en condiciones de trabajar por mucho más tiempo. Otro caso es el de una expansión del negocio, lo que origina que el activo actual no sea capaz de satisfacer en forma eficiente las necesidades de la empresa, aun cuando esté en buenas condiciones operativas.

La obsolescencia es la caída en desuso de máquinas, equipos y tecnologías motivada no por un mal funcionamiento del mismo, sino por un insuficiente desempeño de sus funciones en comparación con las nuevas máquinas, equipos y tecnologías introducidos en el mercado.

La obsolescencia es, también, consecuencia directa de las actividades de investigación y desarrollo que permiten en tiempo relativamente breve fabricar y construir equipos mejorados con capacidades superiores a las de los precedentes, los valores los indica de acuerdo al rendimiento del equipo en el Cuadro N°8. El paradigma, en este caso, lo constituyen los equipos informáticos capaces de multiplicar su potencia en cuestión de meses.

Cuadro N°8: Escala de evaluación del Factor obsolescencia tecnológica en un Monoblock de Combustion Interna

Rango de año	Eficiencia térmica (%)	Factor correspondiente Método Factorial
2010-adelante	45%	1.00
1980-2010	40%	0.80
1950-1980	36%	0.72
1910-1950	32%	0.64

Fuente:Elaboración propia

1.3.3.4.5. Factor por corrosión

La palabra “corroer” se deriva del latín *corrodere*, que significa “roer las piezas”. Se define la corrosión en general, como la destrucción lenta y progresiva de un metal por la acción de un agente exterior. Uno de los factores que limitan la vida de las piezas metálicas en servicio es el ataque químico o físico-químico que sufren en el medio que les rodea que produce un deterioro del material y de sus propiedades.

El hierro y sus aleaciones son hoy por hoy el material metálico más utilizado para la construcción de infraestructura en el mundo, debido a su costo, disponibilidad y alta resistencia mecánica. Sin embargo es bastante sensible a la corrosión y por ello debe ser protegido a través de la aplicación de distintos métodos.

Tipos de Corrosión

Corrosión Uniforme
Corrosión Galvánica
Corrosión Intergranular
Corrosión Picado o Pitting Corrosión
Corrosión por grietas
Corrosión Selectiva
Corrosión por erosión
Corrosión Biológica
Corrosión Fretting o por rozamiento
Corrosión baño por hidrogeno

La corrosión trae consecuencias económicas en costos:

- Reemplazo o rediseño de máquinas , equipos o componentes
- Mantenimiento preventivo
- Sobre diseño
- Paralización de la planta
- Contaminación de productos
- Daños a equipos adyacentes
- Perdida de eficiencia
- Interrupción de comunicaciones

La velocidad es un factor decisivo de la vida útil de los equipos, componentes, debido a que los materiales empeoran considerablemente tras sufrir corrosión.

Corrosión uniforme:

- Se presenta cuando el material no exhibe diferencias en su microestructura y el ambiente que lo rodea tiene una composición uniforme.
- Es un ataque homogéneo
- Permite calcular la vida útil

- Permite un deterioro aceptable
- Uno de los parámetros más importante para su evaluación representa la medición de la velocidad de la corrosión.
- Al conocer la velocidad de rapidez podemos contar con predicciones fidedignas.

La vida útil remanente del monoblock se cuantifica según dato tomado del Cuadro N°9 con una velocidad de corrosión de resistencia buena de 0.35 mm/año, con una sección crítica de 7 mm de espesor de las camisas de agua y tabiques del bloque para una potencia máxima del motor 500 H.P.

Luego construimos los factores de escala por corrosión con los datos mencionados en el párrafo anterior, en el Cuadro N°10.

Cuadro N°9: Velocidad de Corrosión

Resistencia	pmy milipulgadas /año	mm/y (mm/año)
Excepcional	<1	<0.02
Excelente	1-5	0.02-0.1
Bueno	5-20	0.1-0.5
Aceptable	20-50	0.5-1.0
Pobre	50-200	1.0-5.0
Inaceptable	>200	>5.0

Funte: Universidad de Cadiz

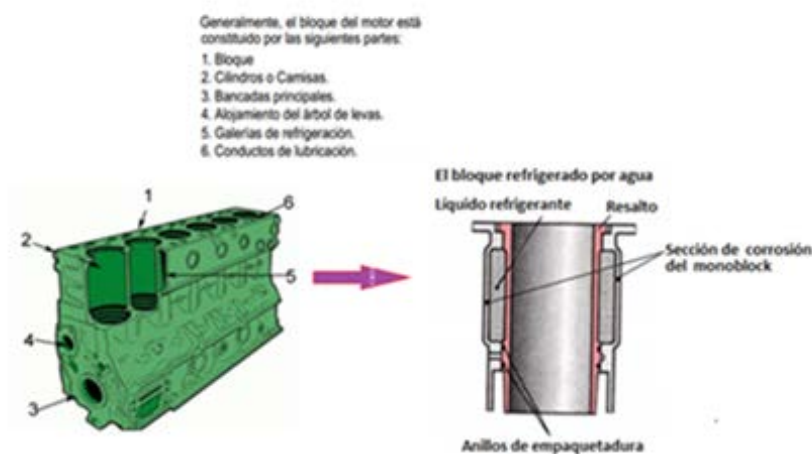


Figura N°9: Monoblock o bloque de motor Diesel
Fuente: Lopez y Guirado. 2014

Cuadro N°10: Escala de evaluación del Factor Corrosión en un Monoblock de Combustion Interna hasta 500 H.P. espesor de pared 7 mm

Escala de clasificacion	Tiempo de uso en años	Factor correspondiente Método Factorial
Bueno	0	1.00
Bueno	1.00	0.95
Bueno	2.00	0.90
Bueno	3.00	0.85
Bueno	4.00	0.80
Regular	5.00	0.75
Regular	6.00	0.70
Regular	7.00	0.65
Regular	8.00	0.60
Regular	9.00	0.55
Regular	10.00	0.50
Malo	11.00	0.45
Malo	12.00	0.40
Malo	14.00	0.30
Malo	16.00	0.20
Malo	18.00	0.10

Fuente:Elaboración propia

La siguiente ecuación nos permite calcular la velocidad de corrosión y de tal manera su vida útil.

$$V_{corr} = \frac{KxW}{AxTxD}$$

Dónde:

V_{corr} : Velocidad de corrosión mm/y (milímetros por año), mpy (milipulgadas por año).

K: Constante.

T: Tiempo de exposición, medida con un precisión de 0.01 horas.

A: Área en cm^2 , con una precisión de $0.01 cm^2$.

W: Pérdida de peso en gramos, con una precisión de 1 mg.

D: Densidad del metal o de la aleación en gr/cm^3 .

VALORES K

UNIDADES V_{corr}

3.45×10^6 ----- mpy (milipulgadas por año)

8.76×10^4 mm/y (milímetros por año)

1.3.3.4.6. Factor apariencia física o estado

Este factor en la evaluación física del componente monoblock lo decide su estado de forma en que condiciones e encuentra en aspecto físico, si tiene fisuras, abolladuras, rajaduras, fracturas del tal modo que permita realizar un valoración adecuada por el evaluador, como se define en el Cuadro N°11 del factor apariencia física o estado que nos una valoración de 0 a 1.

Cuadro N°11: Escala de evaluación del Factor apariencia física o estado en un Monoblock de Combustion Interna

Escala de clasificacion	Condiciones	Factor correspondiente Método Factorial
Bueno	Buena apariencia física, no	1.00
Bueno	existen fisuras, sin	0.95
Bueno	corrosión, no existen	0.90
Bueno	abolladuras	0.85
Bueno		0.80
Regular	Regular apariencia física,	0.75
Regular	comienzo de corrosión,	0.70
Regular	existen abolladuras	0.65
Regular	apreciables	0.60
Regular		0.55
Regular		0.50
Malo	Mal estado y apariencia	0.45
Malo	física, existe corrosión	0.40
Malo	pronunciada y fisuras	0.30
Malo	evidentes	0.20
Malo		0.10

Fuente: Normas Internacionales de Información Financiera - NIIF

1.3.4. Vida útil de referencia de un monoblock de combustión interna por compresión

La durabilidad de un monoblock diesel es debido a su naturaleza de sobredimensionado, su sistema de ignición eléctrica mejora en gran medida la fiabilidad, sus velocidades de rotación más bajas, el combustible diesel es un lubricante mejor que la gasolina así que es menos perjudicial para la película de aceite en los anillos de pistón y orificios de los cilindros, es rutina para los motores diesel cubrir 400 000 km o más sin una reconstrucción.

La durabilidad de un motor diesel depende de también de muchos factores; empezando lógicamente por el tipo de uso que le des, cuidado que tengas con él, el clima, el

ambiente en el que trabaja y también hay una cosa que les afecta mucho a los motores son los arranques, paradas, calentamiento y enfriamientos continuos.

Sulzer Brothers desde 1834 es una empresa de soluciones industriales, líder de fabricaciones de motores Diesel data del año 1879 en el que Rudolf Diesel, como joven ingeniero, siguió sus estudios trabajando como aprendiz sin paga en el taller Hermanos Sulzer en Winterthur, Suiza.

Wärtsilä desde 1834 estableció un aserradero movido por el agua en el municipio finlandés de Tohmajärvi (Karelia). La construcción de motores diesel comenzó cuando Wärtsilä firmó un acuerdo con Friedrich Krupp en 1936. El primer motor diésel vio la luz en la fábrica de Turku en noviembre de 1942.

El siguiente Cuadro N°12, nos indica la vida útil de referencia de los monoblock diesel propuesto por dos grandes fabricantes de motores diesel desde el año 1834.

Cuadro N°12: Vida Útil de Referencia para Monoblock de Combustión Interna por compresión o Diesel

Vida Útil de Referencia Monoblock Diesel Estacionario (Años)	Vida Útil de Referencia Monoblock Diesel Estacionario (Horas)	Vida Útil de Referencia Monoblock en Vehículos Diesel (Km)
20	150 000	400 000

Fuente: Wärtsilä - Sulzer

CONCLUSIONES

- La metodología propuesta para obtener la vida útil estimada o remanente por medio de los factores del monoblock de combustión interna diesel es adaptada de la Norma International Estándar ISO-15686 para obras civiles; cabe indicar para que la formulación propuesta sea confiable se debe realizar una selección adecuada de los factores de degradación.
- Esta metodología propuesta para determinar la vida útil estimada o remanente del monoblock de combustión interna diesel es factible aplicarla para máquinas, equipos, sistemas, componentes electromecánicos de las diferentes empresas de las Regiones de nuestro País.
- En el desarrollo de la tesis se ha visitado a técnicos especialistas que reparan motores y por consiguiente hemos conversado sobre el tema, y nos han permitido tomar fotografías de las fallas más comunes de siniestro en el componente monoblock como se puede evidenciar en el Anexo C, con esto determinamos los factores de mayor degradación sobre la durabilidad.
- Es necesario recurrir a información técnica e histórica para hacer un pronóstico acertado de la vida útil estimada o remanente de los equipos, sistemas o componentes, para lo cual nos conllevará en la toma de decisiones de reemplazo, mantenimiento mayor o reparación, con el objetivo de tomar un tiempo anticipado de decisiones y evaluaciones en las mejores ofertas del mercado.
- La aplicación del modelo propuesto en la presente investigación permitirá evaluar la vida útil estimada o remanente en forma práctica y sencilla de manera que permitirá que los activos los definamos como reparables y no reparables, debido a la fácil identificación de señales medibles de degradación irreversibles por medio de los factores determinados y estos por sus variables y además se realice una evaluación integral en costos de mantenimiento, de operación, obsolescencia tecnológica y costo de ciclo de vida de los activos.

RECOMENDACIONES

- Esta metodología propuesta para determinar la vida útil estimada o remanente del monoblock de combustión interna diesel es factible aplicarla para máquinas, equipos, sistemas y componentes electromecánicos de las diferentes tipos de empresas, con una condición; proponer y seleccionar los factores más relevantes en el comportamiento de los mismos.
- Se debe tomar decisiones cuantitativas y cualitativas sobre la importancia de los factores predeterminados respecto a la realidad de la empresa, costos de operación, condiciones de operación, condiciones de mantenimiento y ambientales a las que se enfrentan los activos.
- Se sugiere realizar investigaciones de determinación de vida útil remanente en equipos de las diferentes empresas que tengan criticidad mayor o de mayor impacto, con los métodos de inteligencia artificial, para así no tener parada de planta que conlleva a pérdidas de costos altos.
- Se recomienda a nivel nacional que las diferentes empresas deben evaluar su vida útil estimada de sus activos a final de cada año, para que con la evaluación se pueda tomar decisiones de diferente índole como técnicas de planificación - programación, económicas como reemplazo de activos, etc.

PROPUESTA DE APLICACIÓN

Monoblock CAT Modelo 3306: Maquina Cargador Frontal Modelo 966H


Historia: Monoblock de un maquina Cargador Frontal Modelo 966H, cuyo contexto operacional es cargar volquetes de capacidad de más de 20m^3 , cuyo cucharón tiene una capacidad de 5 m^3 , el material está compuesto de arena, tierra, piedras etc. La máquina tiene 40 000 horas de operación, su programa de mantenimiento se realiza de acuerdo a su manual de operación y mantenimiento. Sus condiciones de trabajo son extremas de carguío de material de canteras, con un jornada de trabajo de dos turnos, la maquina se encuentra a 2300 m.s.n.m, Por mantenimientos programados y fallas de la maquina es de 30 horas por mes.



Monoblock para ser evaluado en el ejemplo de aplicación

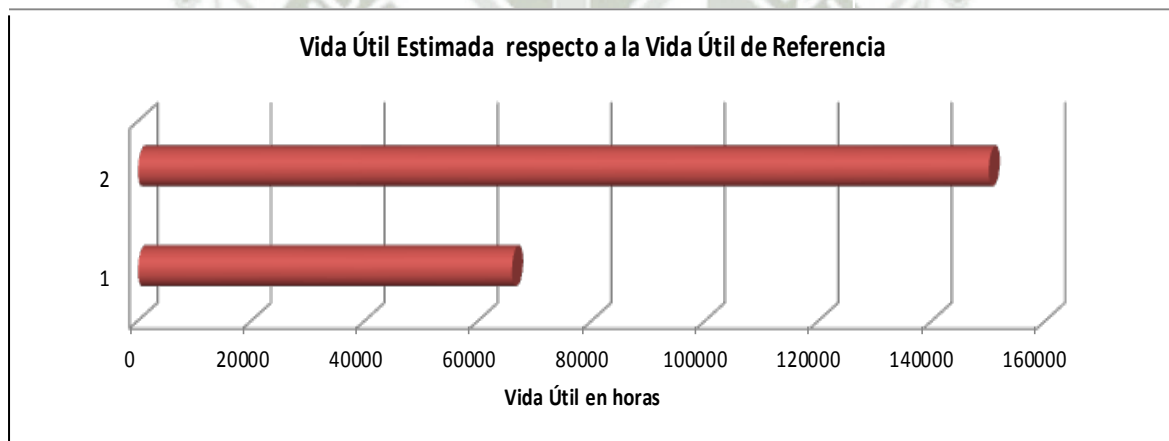


Monoblock Model Cat 3306 de Cargador Frontal Modelo 966H

			Vida util de Referencia Horas
			150 000
Factores			asigando
Escala de clasificación	Tiempo fuera de servicio	Factor	
Bueno	Cero horas	1.00	
Bueno	292 horas (18.25 días)	0.95	0.95
Bueno	584 horas (36.5 días)	0.90	
Bueno	876 horas (54.75 días)	0.85	
Bueno	1168 horas (73 días)	0.80	
Regular	1460 horas (91.25 días)	0.75	
Regular	1752 horas (109.5 días)	0.70	
Regular	2044 horas (127.75 días)	0.65	
Regular	2336 horas (146 días)	0.60	
Regular	2628 horas (164.25 días)	0.55	
Regular	2920 horas (182.5 días)	0.50	
Malo	3212 horas (200.75 días)	0.45	
Malo	3504 horas (219 días)	0.40	
Malo	4088 horas (255.5 días)	0.30	
Malo	4672 horas (292 días)	0.20	
Malo	5256 horas (328.5 días)	0.10	
FACTOR A: Disponibilidad			0.95
1- Favorable	Ambiente exterior con muy poco o ningun efecto sobre el componente	1.2	
2- Menos favorable	El componente expuesto a los agentes externos de degradacion del medio ambiente con el tiempo , la dosis es relativamente baja y de corta duración	1.1	
3-Algo agresivo	El componente expuesto a los agentes externos degradación del medio ambiente por periodos más largos	1.0	1.00
4-Agresivo	El componente expuesto a altas dosis de agentes externos de la degradación ambiental, la mayoría de las veces, una combinación de agente de degradación en la superficie del componente	0.9	
5-Muy agresivo	El componente constante y directamente expuesta a los agentes de degradación ambiental externos muy agresivo	0.8	
Factor B: Medio ambiente o externo donde opera			1.00

1- Excelente	Con excepción de sistemas médicos y aviación, el cual requiere mayor del 95%, es un factor bueno para el trabajo, se debe mantener o mejorar progresivamente con un mantenimiento eficaz	> 0.85	
2- Bueno	Según sea el sistema, equipo, componente permite el trabajo regular con una probabilidad de falla aceptable	0.75 - 0.85	0.8
3-Aceptable	Según sea el sistema, equipo, componente permite el trabajo, pero amerita seguimiento, o mantenimiento preventivo-predictivo	0.60 - 0.75	
4-Normal	Según sea el sistema, equipo, componente requiere mejora o seguimiento	0.50 - 0.60	
5- Malo	Urgencia de reparación	0.25 - 0.50	
6- Malo	No se puede trabajar con este sistema, equipo o componente, necesita reparación total o cambio	0.00 - 0.25	
Factor C: Confiabilidad			0.80
2010-adelante	45%	1.00	
1980-2010	40%	0.89	0.89
1950-1980	36%	0.80	
1910-1950	32%	0.71	
Factor D: Obsolescencia tecnológica			0.89
Bueno	0	1.00	
Bueno	1.00	0.95	
Bueno	2.00	0.90	
Bueno	3.00	0.85	
Bueno	4.00	0.80	
Regular	5.00	0.75	
Regular	6.00	0.70	
Regular	7.00	0.65	0.65
Regular	8.00	0.60	
Regular	9.00	0.55	
Regular	10.00	0.50	
Malo	11.00	0.45	
Malo	12.00	0.40	
Malo	14.00	0.30	
Malo	16.00	0.20	
Malo	18.00	0.10	
Factor E: Corrosión			0.65

Bueno		1.00	1.00
Bueno	Buena apariencia física, no existen fisuras, sin corrosión, no existen abolladuras	0.95	
Bueno		0.90	
Bueno		0.85	
Bueno		0.80	
Regular		0.75	
Regular	Regular apariencia física, comienzo de corrosión, existen abolladuras apreciables	0.70	
Regular		0.65	
Regular		0.60	
Regular		0.55	
Regular		0.50	
Malo	Mal estado y apariencia física, existe corrosión pronunciada y fisuras evidentes	0.45	
Malo		0.40	
Malo		0.30	
Malo		0.20	
Malo		0.10	
Factor F: Apariencia física o estado			1.00
VIDA UTIL ESTIMADA = factor A x factor B x factor C x factor D x factor E x factor E x Vida util de referencia			65 949



Fuente: Elaboración propia

BIBLIOGRAFÍA

1. ACUÑA, J. A. (2003). Ingeniería de Confiabilidad. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
2. ÁLVAREZ, J.A. (2010). Motores alternativos de Combustión Interna. Perú: Editorial. UPC.
3. ANDREANI, A. (2009). Ingeniería y Gestión de Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales. Chile: Editorial Ril Editores Santiago de Chile.
4. ASBLY, M. F., David, R. H. & Jones R. H. (2008). Materiales para Ingeniería 1 Introducción a las Propiedades, las Aplicaciones y el Diseño. Barcelona: Editorial Reverte.
5. BERMÚDEZ, L. T., Rodríguez, F. L. (2013). Investigación en la Gestión Empresarial. Colombia: Editorial Eco Ediciones.
6. FERNÁNDEZ, S. (2007). Los Proyectos de Inversión. Evaluación Financiera. Costa Rica: Editorial. Tecnología de Costa Rica
7. HERNÁNDEZ, R., Fernández, C. & Baptista L. P.(2003). Metodología de la Investigación. México: Editorial Mc Graw Hill.
8. HILERA, J. (1995). Redes Neuronales Artificiales, fundamentos, Modelos y Aplicaciones. España: Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. S.A.
9. ISO, International Organization for Standardization .(2011). ISO 15686-1:2011 Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and ramework. Normativa, Ginebra: International Organization for Standardization.
10. JOVAJ, M. S., Arjángelski, V.M., Vijert, M.M., Voinov, A.N., Stepánov, Yu. A. & Trusov, V.I.(1981). Motores de Automóvil. URSS: Editorial MIR.

11. KALPAKJIAN, S., Schmid, S. R., (2012). Manufactura, Ingeniería y Tecnología. México: Editorial Pearson Educación.
12. KATES, K. J., Luck, W. E. (2003). Motores Diesel y de Gas de Alta Compresión. España: Editorial Reverte. 2^{da} Edición.
13. LÓPEZ, E. Guirado, V. B. (2014). Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares. Colombia: Editoria Editex.
14. MORA, G, A. (2003). Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control. México: Editorial Alfa omega.
15. MOSER, K., Hovde, P. J. (2004). Performance based methods for service life prediction. Rotterdam: CIB.
16. MOUBRAY, J. (2004). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Argentina: Editorial Bidles Ltd. Segunda Edición
17. ÑAUPAS, P. H., Mejía, E., Novoa, E. &, Villagómez, A. (2013). Metodología de Investigación Científica y Elaboración de Tesis. Perú: Editorial Printed in Perú.
18. PARRA, C. A., Márquez, A., Crespo, M. (2012). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos. Argentina: Editorial INGEMAN Primera Edición.
19. PATRICK, D. T., O'Connor, J. W. (1991). Ingeniería de Confiabilidad Práctica. España: Cuarta edición.
20. RUSSEL, J., Norvig, P.(2010). Artificial Intelligence: A Modern Approach. USA. Editorial. Pearson.
21. SELIVANOV, A. I. (1972). Fundamentos de la Teoría de Envejecimiento de la Maquinaria. URSS: Editorial MIR.
22. TOVAR, G. (2005).Fundamentos del Análisis de Falla. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería Primera Edición.

HEMEROGRAFÍA

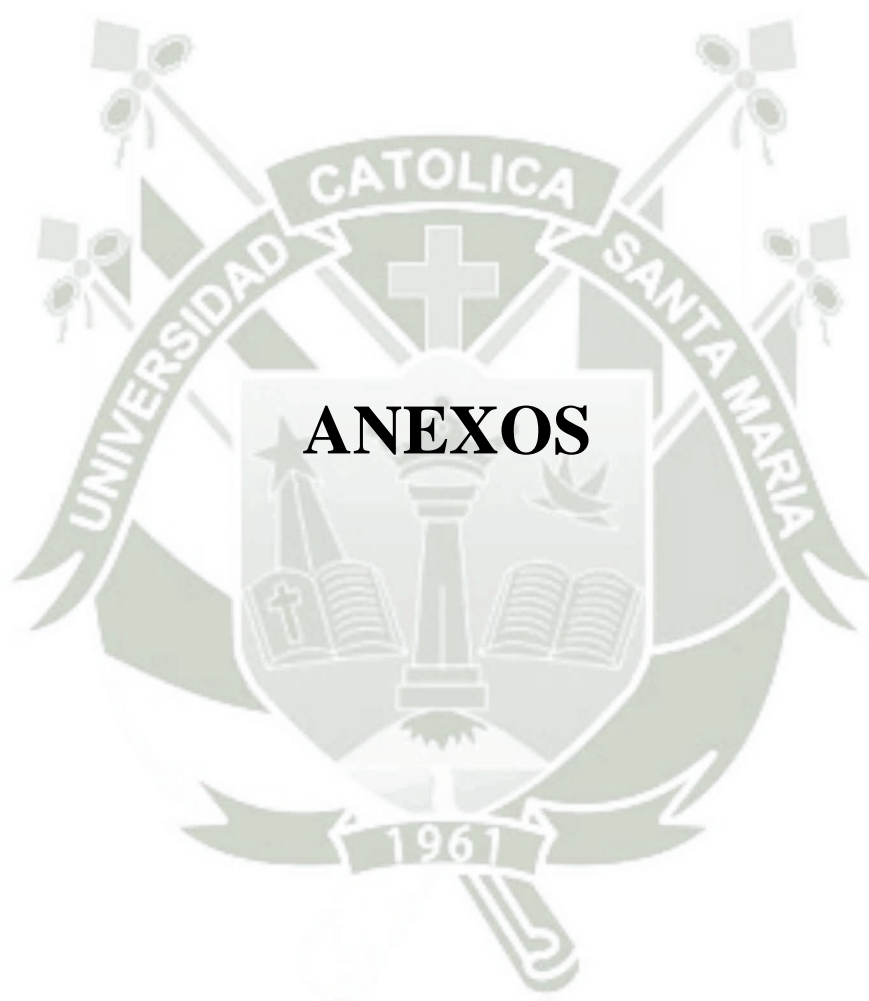
1. ARRATIA, E. M. (2006). *Modelo Matemático para la Estimación de la Vida Útil de Revestimiento en Molinos Semiautógenos*. Tesis de Ingeniero Mecánico. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile.
2. AUGUSTO, H. & Silva, J. (2011). *Aplicación de Métodos Secuenciales al Riesgo en la Estimación de Vida Útil de Componentes*. Tesis de Ingeniero Civil Electricista. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile.
3. ORTEGA, L. (2012). *Propuesta Metodológica para estimar la Vida Útil de los Sistemas Constructivos de Fachadas y Cubiertas utilizados actualmente con más frecuencia en la Edificación Española a partir del Método Propuesto por la Norma ISO-15686*. Tesis Doctoral. Escuela Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Valencia.
4. PINTO, M. R. (2010). *Metodologías de Previsão da Vida Útil de Materias, Sistemas ou Componentes da Construção. Revisão Bibliográfica*. Porto Facultad de Engenharia Mestre em Engenharia Civil.

ARTICULO

1. AN, D., Choi, J.H. & Kim, N. H.(2012). A Tutorial for Model-based Prognostics Algorithms based on Matlab Code", Annual Conference of Prognostics and Health Management Society.
2. BOURKE, K., Davies, H.(1997). Factors Affecting service Life predictions Building: a discussion paper. BRE laboratory Report 320, CRC Ltd.
3. CAESARENDRA, W., Niu, G. & Yang, B.S. (2010). Machine condition prognosis based on sequential Monte Carlo method. Expert Systems with Applications, Vol.37, pp. 2412-2420.
4. CELAYA, J.R., Saxena, A., Saha, S. & Goebel, K. (2011). Prognostics of Power MOSFETs under Thermal Stress Accelerated Aging using Data-Driven and Model-Based Methodologies. Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society, (Montreal QC, Canada). September.
5. GALVIS, I. M., Santodomingo, A. F., & Rocha, A. H. (2012). Metodología para la Estimación de Vida Remanente de Equipos de Subestaciones Basada en el Cálculo del Índice de Deterioro y el Análisis de la Función Hazard. Jornadas Técnicas ISA. pp.1-16.
6. GOODMAN, N.D., Stuhlmüller, A. (2012). A Dynamic Programming Algorithm for Inference in Recursive Probabilistic Programs. . Corr abs / 1206.3555.
7. HERNÁNDEZ, S. (2011). Aplicación de la información de la vida útil en la planeación y diseño de proyectos de edificación. Universidad de Guanajuato.

8. HU, Y., Liu, S., Lu, H. & Zhang, H.(2014). Remaining useful life assessment and its application in the decision for remanufacturing. 21st CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Vol. 15, pp. 212-217.
9. JUNQIANG, L., Malan, Z., Hongfu, Z., & Jiwei, W. (2014).Remaining Useful Life Prognostics for Aero engine Based on Superstatistics and Information Fusion", Journal of Aeronautics.
10. KIM, H. E., Tan, A., Mathew, J. & Choi, B. K.(2012). Bearing fault prognosis based on health state probability estimation. Expert Systems with Applications, Vol. 3, pp. 5200-5213.
11. LORTON, A., Fouladirad, M. & Grall, A. (2013). A methodology for probabilistic model-based prognosis", European Journal of Operational Research, Vol. 225, pp. 443-454.
12. LUO, J., Namburu, M., Pattipati, K., Qiao, L., Kawamoto, M. & Chigus, S. (2003).Model-based Prognostic Techniques. AUTOTESTCON 2003 IEEE System Readiness Technology Conference, pp. 330-340.
13. MEDJAHHER, K., Tobon-Mejia, D. A. & Zerhouni, N. (2012).Remaining useful life estimation of critical components with application to bearings. IEEE Transactions on Reliability, Vol. 61, pp. 292-302.
14. PARRA, C. (2010).Ingeniería de Fiabilidad Aplicada al proceso de Análisis de Coste de Ciclo de Vida (ACCV). Revisión de Modelos Básicos. Universidad de Sevilla, Escuela de Ingeniería, Departamento de Organización Industrial, España. pp.1-19.
15. PETTERSON L., Fantana N. L., Sundermann U. (1998). Life Assessment: Ranking of Power Transformers Using Condition –Based Evaluation, a New Approach. CIGRE Paris Conference Paper.pp.45-54.

16. SANKAVARAN, CH., Pattipati, B., Kodali, A., Pattipati, K., Azam, M., Kumar, S. & Michael Pachet, M. (2009). Model Based and Data Driven Prognosis of Automotive and Electronic System. 5th Annual IEEE Conference on Automation Science and Engineering, India, pp. 96-101.
17. SHAO, Y., Liang, J., Gu, F., Chen, Z. & Ball, A. (2011). Fault Prognosis and Diagnosis of an Automotive Rear Axle Gear Using a RBF-BP Neural Network. 9th International Conference on Damage assessment of Structures, Vol. 305, pp.1-11.
18. TIAN, Z. (2012). An artificial neural network method for remaining useful life prediction of equipment subject to condition monitoring. Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 23, pp. 227-237.
19. VILLADA, F., Molina, J. (2009). Modelo de Vida Útil para Estructuras Acero-Zinc Utilizadas en la Transmisión de Energía Eléctrica en Colombia. Información Tecnológica. Vol 20(6). pp. 57-66.
20. VION, E. R., Salzman, C. H. & Paolantonio, A.D. (2009). Gestión de Activos, Experiencias en el Cálculo de Vida Útil e Impacto de la Supervivencia de los Bienes en el Desarrollo de Sistemas Eléctricos. Cigre. XIII/PI-C1-07. pp.1-8.
21. WANG, Z., Hu, CH., Wang, W., Zhou, Z. & Si, X. (2014). A case study of remaining storage life prediction using stochastic filtering with the influence of condition monitoring. Reliability Engineering and System Safety, Vol. 132, pp. 186-195.
22. WEN, M., Eric H., Jordan, E.J. & Gell, M. (2006). Remaining Life Prediction of Thermal Barrier Coatings Based on Photoluminescence Piezospectroscopy Measurement. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol. 128, pp.610-616.
23. ZHAO, F., Tian, Z. & Zeng, Y. (2013). Uncertainty Quantification in Gear Remaining Useful Life Prediction Through an Integrated Prognostic Method. IEEE Transactions on Reliability, Vol. 62, pp. 146-159.





UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO



**“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VIDA
ÚTIL DEL MONOBLOCK DE COMBUSTIÓN INTERNA DIESEL AREQUIPA
2014”**

Proyecto de Tesis presentado por el Bachiller

VALENCIA SALAS, Mario José

para optar el Grado de Magister con mención en
Ingeniería de Mantenimiento.

AREQUIPA – PERU

2014

ÍNDICE

I. PREÁMBULO.....	60
II. PLANTEAMIENTO TEÓRICO	61
2.1. Problema de investigación	61
2.1.1. Enunciado	61
2.2. Descripción del problema	61
2.2.1. Campo	61
2.2.2. Tipo de variables	61
2.2.3. Variables	61
2.2.4. Interrogantes básicas	64
2.3. Justificación.....	65
2.4. Objetivos	65
2.4.1. Objetivo general.....	65
2.4.2. Objetivos específicos	66
2.5. Marco Teórico	66
2.5.1. Esquema conceptual.....	66
2.5.2. Monoblock	66
2.5.3. Tipos de monoblock.....	68
2.5.4. Concepto de vida útil	68
2.5.5. Factores que limitan la vida útil de los activos	70
2.5.6. Depreciación	74
2.5.7. Tipos de vida útil.....	76
2.5.8. Hipótesis de la investigación.....	79
2.6. Enfoques de los pronósticos en la vida útil en equipos electromecánicos	79
2.6.1. Pronostico basados en modelos	79
2.6.2. Pronostico basado en datos	80
2.6.3. Pronostico basado en conocimientos	82
2.6. Metodología del trabajo.....	82
2.8. Estado del arte	83

2.8.1. Antecedentes en materia de predicción de vida útil en equipos electromecánico	83
2.8.2. Exigencias en materia de durabilidad contempladas en diversas normas de equipos electromecánicos	92
2.9. Metodologías para predecir la vida útil del monoblock de combustión interna por compresión	96
2.9.1. Principales métodos para predecir la vida útil	96
2.10. Selección del método a emplear para estimar la vida útil del monoblock por combustión interna por compresión	109
2.10.1. Conclusión del método determinista	109
2.10.2. Conclusión del método probabilísticos	110
2.10.3. Conclusión del método de ingeniería	111
2.10.4. Conclusión del método lógica difusa	111
2.10.5. Conclusión del método de redes neuronales artificiales	112
2.10.6. Conclusión método físicos	113
2.10.7. Conclusión método de los factores	113
2.10.8. Selección del método a emplear	114
III. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL	116
3.1. Técnicas e instrumentos	116
3.1.1. Técnicas	116
3.1.2. Instrumentos	116
3.2. Estructura de los instrumentos	116
3.3. Campo de verificación	117
3.3.1. Ámbito	117
3.3.2. Temporalidad	117
3.3.3. Unidad de estudio	117
3.4. Estrategias de recolección de datos	118
3.5. Recursos necesarios	118
3.5.1. Humanos	118
3.5.2. Materiales	119
3.5.3. Financieros	119
3.6. Cronograma	119

I.- PREÁMBULO

En los últimos años se ha percibido un aumento en el interés por determinar la durabilidad y vida útil de los equipos y componentes de estos en las empresas productivas, este interés ha venido de la mano de cuestiones medioambientales y económicas. Por un lado, durabilidad está directamente relacionada con la búsqueda de un desarrollo sostenible, tema en el que se están invirtiendo muchos esfuerzos a nivel nacional e internacional. Por otro lado, los maquinas o equipos existentes, entendidos como capital de producción, representan una cantidad importante del capital nacional, por lo que los costos de inspección y mantenimiento de estos activos son de gran importancia para una economía de un País. Estos gastos se podrían reducir evaluando la vida útil de los diferentes sistemas y componentes y de allí realizar una evaluación del ciclo de vida de los equipos para el bienestar de las Empresas, porque les permite tomar decisiones de cambio de bienes de acuerdo a sus costos.

En este contexto se efectúa una Propuesta Metodológica para Estimar la Vida Útil del Monoblock Combustión Interna por compresión o Diesel a través de la investigación científica tecnológica a realizarse de acuerdo a las herramientas existentes como bibliografía, avances tecnológicos, entrevistas a especialistas, normas internacionales. Los principales resultados que se puedan obtener a través de esta metodología propuesta en primer lugar es el procedimiento, luego es una base de datos de durabilidades de los diferentes equipos y componentes y una caracterización de las fallas que más afectan a la maquinaria en los sistemas de producción. En estos momentos en el sector industrial o minero se necesita cambiar el modelo que se viene aplicando en las últimas décadas sin base tecnológica y un avance a través de esta metodología a realizarse en esta investigación permitiría dar pasos en el camino de mejorar la calidad y sostenibilidad en el sector industrial, en la previsión futura de los equipos, componentes y de allí ir tomando decisiones para el beneficio de la empresa en la manutención de los equipos e impulsando un mejor conocimiento de los activos.

II.- PLANTEAMIENTO TEÓRICO

2.1. Problema investigación

La evolución constante del mundo se basa en la energía, la cual puede ser obtenida de diferentes fuentes en la actualidad, la que predomina en un 80% en los motores de combustión interna.

2.1.1. Enunciado

Propuesta Metodológica para la Estimación de la Vida Útil del Monoblock de Combustión Interna Diésel.

2.2. Descripción del problema

2.2.1. Campo

- a. **Área:** El área de conocimiento al que pertenece el problema es de Ingeniería Mecánica.
- b. **Línea:** Gestión y administración de equipos y maquinaria en la Ingeniería de Mantenimiento.

2.2.2. Tipo de problema

Es descriptivo y cuantitativo

2.2.3. Variables

a. Análisis de variables

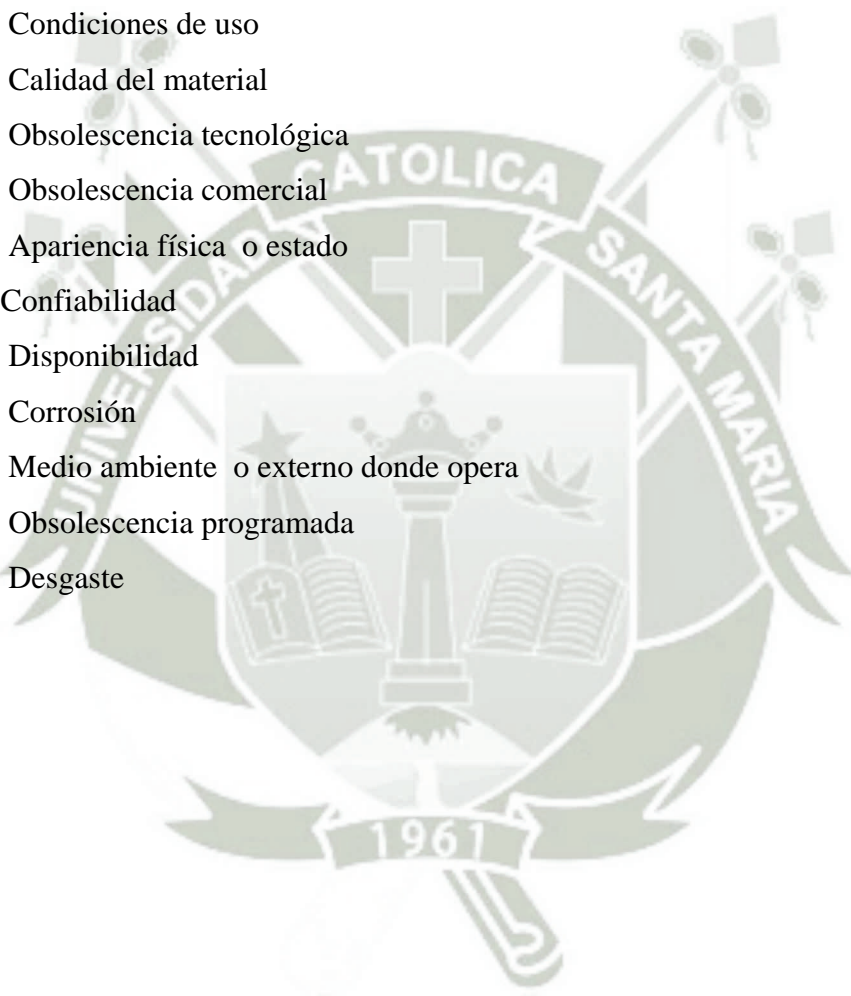
- a.1. **Variable dependiente:** Estimación Vida útil del monoblock de combustión interna por compresión.

a.2. Variable independiente: Factores determinantes de la vida útil.

b. Operación de variables

b.1.Indicadores

- Factor : Nivel de diseño
- Factor : Condiciones de uso
- Factor : Calidad del material
- Factor : Obsolescencia tecnológica
- Factor : Obsolescencia comercial
- Factor : Apariencia física o estado
- Factor : Confiabilidad
- Factor : Disponibilidad
- Factor : Corrosión
- Factor : Medio ambiente o externo donde opera
- Factor : Obsolescencia programada
- Factor : Desgaste



Cuadro N°13: Conceptualización y Operacionalización de las Variables.

CONCEPTUAL		OPERACIONAL	
CONCEPTO	DIMENSION	INDICADOR	TECNICA E INSTRUMENTO
<p>En toda empresa del cualquier rubro cuenta con activos en diferente nivel de la organización, ellos permiten directa o indirectamente la producción de bienes y servicios para la continuidad de dicha empresa para la cual fue creada; cuyos objetivos es dar trabajo y crear rentabilidad. En el balance de cada fin de año se realiza un análisis de las áreas productivas y una de ellas es el área de mantenimiento. Y uno de los puntos importantes es que uno se pregunta cuanto a años de vida útil le queda a nuestras máquinas y a cada uno de los componentes que integran dicha maquina En esta investigación queremos plantear una metodología de la estimación de la vida útil de uno de los componentes más importante a nivel mundial del movimiento energético que son los monoblock de combustión interna por compresión.</p>	Estimación de la vida útil del componente monoblock de un motor de combustión interna por compresión.	La metodología de estimación de vida útil del componente a través de factores de funcionamiento.	Investigación descriptiva y cuantitativa a través de la metodología científica.
	Importancia de la estimación de la vida útil a través de tiempo.	Análisis de los factores que determina cuanto tiempo seguirá funcionando de acuerdo con nuestros estándares.	Investigación y análisis de cada uno de los factores que interviene.
	Importancia en la selección de cada uno de factores en la estimación de la vida útil.	Los factores que intervienen y su determinación en peso de cada uno.	Cualitativa y cuantitativa y evaluación de cada uno de ellos.
	Tiempo estimado en el MTBF del componente investigado y su relevancia.	Cálculo del tiempo promedio para fallar (MTBF).	Historia y entrevista con especialistas en el rubro de análisis de fallas.
	Predicción de la vida útil realizando modificaciones descriptivas de cada uno de los factores.	Análisis de estimación del tiempo de la vida útil modificando los factores.	Evaluación y consulta con especialistas de la especialidad del área.
	Capacidad de realizar las funciones de acuerdo a los estándares de funcionamiento del activo.	Cálculo de la disponibilidad.	Observación, entrevista cuestionario e historiales.
	Confiabilidad de estimar correctamente la estimación de vida útil a través de los factores indicados.	Confiabilidad de la metodología de estimación de la vida útil propuesta.	La formulación propuesta versus el historial de las maquinas a través de su historia.

- Fuente: Elaboración propia.

b.2. Medios

- Análisis de contenidos.
- Historial de máquinas.
- Encuestas aplicadas.
- Entrevistas y recolección de datos a técnicos y administradores de diferentes empresas que prestan servicio en el mantenimiento del proyecto de investigación.

2.2.4. Interrogantes básicas

¿Es posible estimar la vida útil de una monoblock de combustión interna diésel?

¿Cómo se obtiene la vida útil actual de los equipos y componentes en las Empresas?

¿Se conoce métodos o fórmulas para calcular la vida útil de equipos o componentes en las empresas actualmente?

¿Se conoce cuáles son los factores más relevantes en el transcurso de la vida útil de un bien en las Empresas?

¿Podemos tomar la decisión de reemplazar un equipo cuando deje de dar beneficios en el tiempo que transcurre en el ciclo de vida de un equipo?

¿Se puede optimizar el tiempo que las máquinas funcionan sin fallar conociendo su vida útil?

¿Es factible elevar la disponibilidad de las máquinas conociendo su vida útil?

¿Se puede mejorar la confiabilidad de las máquinas conociendo su vida útil?

2.3. Justificación

Hoy en día las empresas que producen equipos, maquinas o bienes lo realizan con una plan estratégico adecuado de mediano o largo plazo, para obtener un adecuada rentabilidad y sostenimiento en el futuro no solo en la venta del equipo si no el servicio futuro de manutención de estos. Además cada máquina salida de fábrica tiene todo un desarrollo tecnológico de diseño, materiales, montaje y operación, por lo tanto un precio que solo las Empresas productoras saben y está ligado fuertemente con la vida útil del equipo y componentes; con este parámetro nos indica todo el desarrollo del ciclo de vida del equipo completo, quiere decir desde su inicio de operación hasta su vejez.

Es de suma importancia que este proyecto de investigación se desarrolle una metodología para estimar la vida útil de los equipos o componentes, en cualquier instante del ciclo de vida de las máquinas, para así poder tomar decisiones en cualquier tipo de empresas.

Decisiones como el remplazo del bien, tiempo que le queda para seguir operando económicamente, tipo de mantenimiento aplicar, porcentaje de depreciación, caculo del valor residual, normas operación adecuada para los operadores, comparación de vida útil de diferentes fabricantes y otras más que son de suma importancia para el beneficio de los empresarios.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Proponer una Metodología para la Estimación de la Vida Útil del Monoblock de Combustión Interna por Compresión de acuerdo a las condiciones de trabajo estándares y con un rendimiento definido.

2.4.2. Objetivos específicos

- Elaborar el estado del arte en relación a los métodos empleados hasta el momento en la predicción de la vida útil de los equipos, componentes y partes.
- Identificar aquella metodología que presenta mayores posibilidades de aplicación en el Perú.
- Reconocer las fallas más comúnmente presentan el componente monoblock.
- Establecer qué factores cuantificables, y con qué relevancia, influyen en la durabilidad del monoblock.
- Evaluar y validar el modelo propuesto para que pueda ser extrapolable a otros equipos y componentes.
- Desarrollar un ejemplo de aplicación a partir del modelo propuesto que permita justificar la viabilidad del método.

2.5. Marco teórico

2.5.1. Esquema estructural

2.5.2. Monoblock

El bloque es la parte más grande del motor de combustión interna, contiene los cilindros donde los pistones suben y bajan, conductos por donde pasa el líquido refrigerante y otros conductos independientes por donde circula el lubricante. Generalmente el bloque está construido en aleaciones de hierro o aluminio, siendo estas últimas mucho más livianas y permiten mayor rendimiento. Como lo demuestra en la Figura N°10.

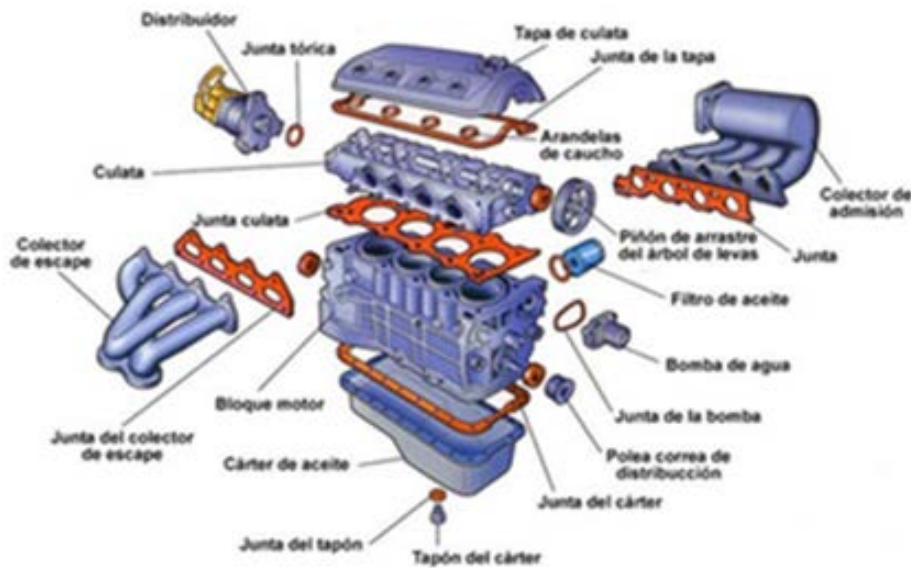


Figura N°10: Partes de un motor diesel de 4 cilindros en línea
Fuente: López y Guirado 2014

Función: Además de alojar los cilindros, donde se mueven los pistones, el bloque del motor soporta la culata del motor en la parte superior y el cárter en la parte inferior¹.

En el interior del bloque existen también cavidades tubulares a través de los cuales circula agua de enfriamiento y así como aceite de lubricación cuyo filtro también es generalmente fijo a la estructura.

El bloque tiene conexiones y aperturas a través de los cuales varios otros dispositivos son controlados por la rotación del cigüeñal.

Construcción: Los materiales más comunes para la fabricación del monoblock son: fundiciones de hierro maleable, fundiciones de hierro gris, aluminio y aleaciones².

¹ López, E., Guirado, V. (2014). Motores Térmicos y sus Sistema Auxiliares. Colombia Editorial Editex

² Álvarez, J.A. (2010). Motores alternativos de Combustión Interna. Perú: Editorial. UPC.

Aplicaciones de los motores diésel

1. Maquinaria Agrícola (tractores, cosechadoras)
2. Propulsión ferroviaria
3. Propulsión marina
4. Automóvil
5. Grupos generadores de energía eléctrica (centrales eléctricas y de emergencia)
6. Accionamiento industrial (bombas, compresores, etc, especialmente de emergencia)

2.5.3. Tipos de monoblock

Los tipos de monoblock se dividen en línea y en V como lo indica la Figura N°11.



Figura N°11: Disposición de los monoblock
Fuente: López y Guirado. 2014

2.5.4. Conceptos de vida útil

La vida útil de un activo fijo es definida como la extensión del servicio que la empresa espera obtener del activo. La vida útil puede ser expresada en años, unidades de producción, kilómetros (Unidades de tiempo, horas), o cualquier otra unidad de medida. Por ejemplo, para

un inmueble, su vida útil suele estimarse en años; para un vehículo, en kilómetros o millas; para una máquina, de acuerdo con las unidades de producción; para las turbinas de un avión, las horas de vuelo³.

Vida útil es de un activo es el periodo durante el cual se espera utilizar el activo por parte de la entidad; o el número de unidades de producción o similares que se espera obtener del mismo por parte de una entidad.

La base de medición de la vida útil es:

1. Tiempo.- Se mide en días, meses, años.
2. Trabajo.- Se mide en unidades, horas⁴.

Los activos fijos se definen como los bienes que una empresa utiliza de manera continua en el curso normal de sus operaciones; representan al conjunto de servicios que se recibirán en el futuro a lo largo de la vida útil de un bien adquirido. Para que un bien sea considerado activo fijo debe cumplir las siguientes características:

- Ser físicamente tangible.
- Tener una vida útil relativamente larga por lo menos mayor a un año a un ciclo normal de operaciones, el que sea mayor.
- Sus beneficios deben extenderse, por lo menos, más de un año o un ciclo normal de operaciones, el que sea mayor. En este sentido, el activo fijo se distingue de otros activos útiles de escritorio, por ejemplo que son consumidos dentro del año o ciclo operativo de la empresa.
- Ser utilizado en la producción o comercialización de bienes y servicios, para ser alquilado a terceros, o para fines administrativos. En otras palabras, el bien existe con la intención de ser usado en las operaciones de la empresa de manera continua y no para ser destinado a la venta en el curso normal del negocio.

Es importante aclarar que la clasificación de un bien como activo fijo no es única y que depende del tipo de negocio de la empresa; es decir, algunos bienes pueden ser

³ Fernández, S. (2007). Los proyectos de inversión. Costa Rica: Editorial. Tecnología de costa Rica

⁴ Normas Internacional de Contabilidad NIC 16 Propiedades, Planta y equipos

considerados como activos fijos en una empresa y como inventarios en otra. Por ejemplo, un camión es considerado como activo fijo para una empresa que vende artefactos eléctricos si es que lo usa para entregas de mercadería; pero es considerado como un inventario para ser destinado a la venta en una empresa distribuidora de camiones.

2.5.5. Factores que limitan la vida útil de los activos

a. Factores físicos

Desgaste producido por el uso del activo y el deterioro causado por otros motivos distintos del uso y relacionado con el tiempo.

b. Factores funcionales

Obsolescencia tecnológica, incapacidad para producir eficientemente. Insuficiencia para la capacidad actual de la empresa expansión del negocio.

- La estimación de la vida útil de un activo fijo debe ser realizada tomando en cuenta dos aspectos: el desgaste físico producido por el uso del activo y el desgaste funcional. El primero es producido por el uso de los activos y el deterioro ocasionado por motivos distintos a su uso como aquellos relacionados con el factor tiempo óxido y corrosión de la maquinaria. Los factores funcionales se relacionan con la obsolescencia tecnológica y con la incapacidad del activo para operar con eficiencia.
- En muchos casos, como las computadoras por ejemplo, los activos pueden quedar obsoletos antes de su desgaste físico, por lo que su vida útil puede haber terminado a pesar de que se sepa que todavía permanecen en condiciones de trabajar por mucho más tiempo. Otro caso es el de una expansión del negocio, lo que origina que el activo actual no sea capaz de satisfacer en forma eficiente las necesidades de la empresa, aun cuando esté en buenas condiciones operativas.
- La vida útil constituye una estimación contable y por lo tanto está sujeta a valores subjetivos; su estimación es probablemente la parte más difícil de la contabilidad para depreciación. En general, las empresas suelen basar sus estimaciones en experiencias anteriores, referencias de especialistas, revistas especializadas y otro

tipo de publicaciones. Con el tiempo, es posible revisar la vida útil de los activos dado que ningún negocio tiene un pronóstico perfecto. Sin embargo, en el caso de que se modifique la vida útil de un activo se denomina como cambio en el estimado contable, los principios contables establecen que se informe la naturaleza, razón y efecto del cambio sobre la utilidad neta. Por ejemplo, en el sector de telecomunicaciones, en la década de los 70, se consideraba para una central telefónica una vida útil de 15 años. En los 80's, esta se redujo a 10 años y en la actualidad se consideran solamente 7 años, habiendo un requerimiento de las empresas del sector para reducirla a 5 años.

- Existen dispositivos legales que establecen los períodos de vida útil aceptables para efectos tributarios a los cuales las empresas deben ceñirse para el cálculo de los impuestos correspondientes. Generalmente, para evitar una doble forma en la presentación de la información financiera, las empresas a veces deciden tomar como períodos de vida útil de los activos fijos a los legalmente establecidos; pero es importante, para una adecuada presentación de la información financiera, que los negocios estimen los períodos de vida útil para efectos de la preparación de información gerencial indistintamente de las normas establecidas⁵.
- Si la vida útil tributaria no coincide con la vida útil prevista técnicamente por la empresa, ésta puede solicitar autorización para reducirla, a través de un trámite administrativo, presentando las justificaciones técnicas necesarias. Un ejemplo se produce en la minería, donde un camión transportador minero de 50 toneladas, sometido a tres turnos de trabajo diario, es posible que extienda su vida útil a sólo dos o tres años para que requiera una reparación mayor.

Categorías Importantes

Los renglones de planta y equipos se clasifican, con frecuencias, en los siguientes grupos:

⁵ Parra, C. (2012). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos. Argentina: Editorial. INGEMAN

- **Activos fijos tangibles:** el término tangible denota sustancia física como es el caso de un terreno, un edificio o una máquina. Esta categoría se puede subdividir en dos clasificaciones claramente diferenciales:
- **Propiedad de planta sujeta a depreciación.** Se incluyen los activos fijos de vida útil limitada, tales como los edificios y equipos de oficinas.
- **Terrenos.** El único activo fijo que no está sujeto a depreciación es la tierra, que tiene un término limitado de existencia.
- **Activos intangibles:** El término activos intangibles se usa para describir activos que se utilizan en la operación del negocio pero que no tiene sustancia física y no son corrientes. Como ejemplo están las patentes, los derechos del autor, las marcas registradas, las franquicias. Los activos corrientes tales como las cuentas por cobrar o el arrendamiento pre pagado, no están incluidos en la clasificación de intangibles, aunque carezcan de sustancia física.
- **Recursos Naturales:** Un lugar adquirido con el fin de extraer o remover parte de un recurso valioso tal como el petróleo, minerales o madera se clasifica como un recurso natural, no como terreno. Este tipo de activo se convierte gradualmente en inventario a medida que el recurso natural se extrae del lugar.

Clasificación

Los activos fijos tangibles se clasifican en tres grupos:

- **El Equipo y Maquinaria.** Que son las maquinarias, edificios, muebles y enseres, vehículos, activos sujetos a depreciación porque son activos con vida limitada.
- **Los Recursos naturales:** Los cuales son los que están sujetos a extinción del recurso o que se encuentran en agotamiento.
- **Los Terrenos:** Son los bienes que no están sujetos a depreciación ni a agotamiento.
- **El Reglamento para la Preparación de Información Financiera** plantea la utilización de diversas cuentas para el control del activo fijo. De acuerdo con este esquema, los activos fijos pueden ser clasificados en: terrenos; edificios y otras construcciones; maquinaria y equipo; unidades de transporte; muebles y enseres; equipos diversos; unidades de reemplazo; unidades por recibir; trabajos en curso.

Adicionalmente a estas cuentas es posible incluir otras específicas para el negocio, como por ejemplo, Inmovilizaciones Agropecuarias para empresas agrícolas o pecuarias, Reservas Mineras por el costo de la concesión de las empresas mineras, Inmovilizaciones Forestales para empresas del sector maderero.

Las normas tributarias no permiten la contabilización de los recursos naturales como es el caso de las reservas mineras o petroleras, por considerarse que el suelo y el subsuelo pertenecen al Estado, quien otorga licencia para su explotación.

Mejoras y reparaciones

A lo largo de la vida útil de un activo se suelen realizar desembolsos relacionados con los mismos, los cuales pueden ir desde el cambio de aceite, el silenciador o la batería de un vehículo, hasta la modernización completa de una planta concentradora, por ejemplo. El problema contable que presentan estos desembolsos es si deben o no ser incluidos como parte del costo del activo capitalizarse o si deben considerarse como gastos del periodo.

La regla general al respecto es que deben ser activados todos aquellos desembolsos relacionados con el activo fijo que incrementen los beneficios futuros del mismo. Estos beneficios pueden ser expresados como un incremento de la vida útil, por una mejora sustancial en la calidad de los productos manufacturados por el activo, por una reducción en los costos de operación³, o por un aumento de la capacidad productiva.

A continuación se presentan algunas de las principales situaciones sobre estos desembolsos.

- **Reparaciones y mantenimiento.** Las reparaciones y mantenimiento comprenden aquellos gastos que no amplían la capacidad o eficiencia del activo y que simplemente mantienen el activo en su condición ya existente o que restablecen el activo para que trabaje bien. Por ejemplo, son reparaciones el costo de pintar un auto, la reparación de un choque, el afinamiento y el cambio de llantas. En todos estos casos, los desembolsos realizados deben ser cargados a gastos contra los resultados del periodo en el que se efectuaron.

- Reparaciones extraordinarias. Comprenden aquellas reparaciones que no se realizan de manera frecuente, implican un desembolso significativo por lo general, e incrementan el valor de uso eficiencia o la vida útil del activo fijo. Por ejemplo, es el caso del cambio de motor de un vehículo, la renovación del sistema eléctrico de la planta, y el cambio del sistema de agua y desagüe en un edificio. Las reparaciones de carácter extraordinario deben ser cargadas al costo del activo, incrementándolo. De esta manera, el valor neto en libros ahora resulta mayor y debe ser depreciado en los años de vida útil remanente del activo. Si la reparación ha incrementado la vida útil del activo, debe recalcularse el cronograma de depreciación para los siguientes periodos⁶. Adiciones. Las adiciones representan nuevos activos que se añaden al activo original, como por ejemplo, la construcción de pisos adicionales en un edificio, la instalación de una cisterna para un edificio de departamentos o la construcción de un nuevo pabellón en un centro médico. En estos casos, los costos que han generado las adiciones deben ser capitalizados, incrementando el costo original del activo.
- Mejoras y reemplazos. Las mejoras y reemplazos representan la sustitución de partes del activo original por otras nuevas que van a incrementar el beneficio futuro del activo. La mejora es un gasto originado por la sustitución del activo original por uno mejor que aumenta la capacidad o eficiencia de un activo o que amplía su vida útil. Por ejemplo, el cambio de motor gasolinero a petrolero de un automóvil es considerado como una mejora. Igualmente lo es una reparación mayor del motor, que permite usar el vehículo 150 000 kilómetros adicionales.

2.5.6. Depreciación

La depreciación es definida como el proceso de asignar a gastos el costo de un activo fijo en el período en el cual se estima que se utilizará. Muchas veces el concepto de la depreciación trae a confusiones y es necesario tener muy claro lo siguiente:

- La depreciación no es un proceso de valuación por el que se asigna a gastos el costo del activo de acuerdo con autoevaluó realizados al fin de cada período. La

⁶ Kates, T., Luck, W. (2003). Motores Diesel y de gas de alta compresión. España: Editorial Reverte.

depreciación es una asignación del costo del activo a gastos de acuerdo con su costo original.

- Un activo totalmente depreciado solamente significa que ha alcanzado el final de su vida útil estimada, es decir, que no registra más depreciación para el activo. Esto no quiere decir que el activo sea desechado o que ya no se use; la mayoría de veces, las empresas continúan utilizando los activos totalmente depreciados.
- La depreciación no significa que el negocio aparte efectivo para reemplazar los activos cuando lleguen a ser totalmente depreciados. La depreciación es simplemente parte del costo del activo que es enviado a gastos y no significa efectivo.
- La depreciación no implica un movimiento de efectivo pero sí afecta el efectivo de un negocio en el sentido de que constituye un gasto deducible para fines impositivos. Por lo tanto, la depreciación afecta el nivel de utilidades y el pago de impuestos. A un mayor nivel de depreciación, las utilidades son menores, y los impuestos correspondientes, también son menores.

La gestión de activos empresariales es un paradigma de negocio que integra la planificación estratégica con operaciones, mantenimiento y decisiones de inversión de capital. A nivel de operaciones la gestión de activos empresariales apela a la eficiencia de todos los activos, incluyendo inventarios, cumplimiento de normativa y recursos humanos combinando las metas de inversión, mantenimiento, reparación y gestión de explotación. Del mismo modo incluye retos que incluyen la mejora de la productividad, maximización del ciclo de vida, minimización del coste total y soporte a la cadena de suministro.

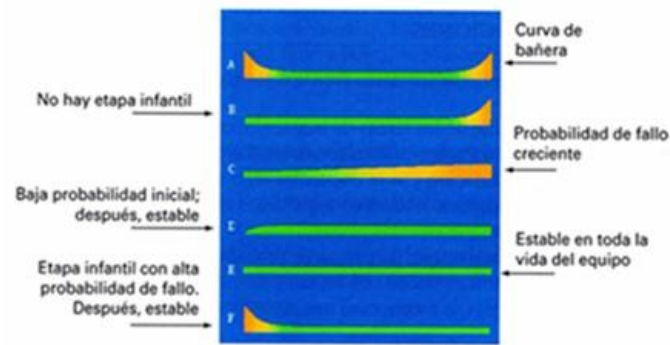


Figura N°12: DIFERENTES CICLO DE VIDA DE MAQUINAS O EQUIPOS
Fuente: Moubray, 2004

2.5.7. Tipos de vida útil

a. Vida útil física

La vida útil física de un activo se puede resumir como el periodo vital del activo, es decir todo el tiempo que puede durar el activo.

b. Vida útil económica

Es la cantidad de tiempo en que te resulta económicamente viable seguir manteniendo ese activo.

Poniendo el ejemplo de un auto, es hasta donde se decide que ya no es costeable seguirle haciendo reparaciones para mantenerlo funcionando y te resulta más barato compara uno nuevo.

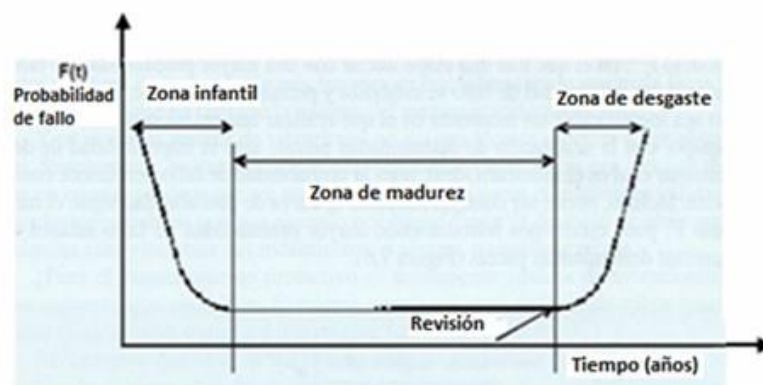


Figura N°13: CICLO DE VIDA UTIL DE MAQUINAS O EQUIPOS
Fuente: Moubray, 2004

Se evalúa por dos métodos:

- La vida útil económica de activos relacionados con ingresos: Es aquella que mientras haya utilidad tiene vida útil económica, cuando las utilidades se vuelven a ser negativa termina la vida útil económica. Durante este periodo, los ingresos generados por el activo cubren todos los costos económicos de la empresa, lo que incluye los costos de operación y mantenimiento, y los costos del capital invertido.
- La vida útil económica de activos relacionados con costos: Es independientemente de los ingresos, se determina por el tiempo en que el costo total del activo al periodo de reemplazo es el menor de todos. Durante este periodo, los costos económicos que corresponden al activo son marginalmente menores que cualquier alternativa de periodo de permanencia del activo dentro del negocio.

c. Vida útil por obsolescencia tecnológica

La vida útil por obsolescencia de un equipo puede alcanzar por varias razones:

- La no disponibilidad de repuestos, no existe el fabricante o la línea ha sido descontinuada.
- Equipos con características tecnológicas más ventajosas con mayor eficiencia y productividad.
- Altos costos de operación, mantenimiento y reparación en comparación a otros equipos similares en el mercado.
- No brinda las condiciones de confiabilidad, seguridad y funcionalidad de acuerdo a la situación actual, haciendo imposible o no recomendable su reparación.

d. Vida útil por obsolescencia programada

Se denomina obsolescencia programada u obsolescencia planificada a la determinación o programación del fin de la vida útil de un producto o servicio, de modo tal que tras un período de tiempo calculado de antemano por el fabricante o por la empresa durante la

fase de diseño de dicho producto o servicio, éste se torne obsoleto no funcional, inútil o inservible.

e. Vida útil por obsolescencia percibida

Cuando crean un producto con un cierto aspecto, y más adelante se vende exactamente el mismo producto cambiando tan solo el diseño del mismo. Esto es muy evidente en la ropa, cuando un año están de moda los colores claros, y al siguiente los oscuros, para que el comprador se sienta movido a cambiar su ropa perfectamente útil y así ganar más dinero.

f. Vida útil por obsolescencia de especulación

Cuando éste comercializa productos incompletos o de menores prestaciones a bajo precio con el propósito de afianzarse en el mercado ofreciendo con posterioridad el producto mejorado que bien pudo comercializar desde un principio, con la ventaja añadida de que el consumidor se lleva la falsa imagen de empresa dinámica e innovadora.

2.5.8. Hipótesis de investigación

Dado: Que la demanda de monoblock de combustión interna se incrementa año tras año en la producción del sector automotriz, agrícola, generadores de electricidad, etc. En la adquisición de estas máquinas por parte de los clientes se ha incrementado, y,

Dado: Que las empresas cuentan con diferentes tipos de activos y estos tienen propensión a perder valor cuantificable en el transcurso del tiempo es probable si conociendo la composición de fábrica del motor de combustión interna diésel, se pueda proponer una metodología de predicción de cálculo de vida útil de los sistemas, componentes y partes que componen dichos activos.

Es probable: Si se plantea una metodología adecuada para estimar la vida útil del componente monoblock diesel, luego se tome las decisiones correspondientes con dicho activo para el bien del usuario o de las empresas.

2.6. Enfoques de los pronósticos en la vida útil en equipos electromecánicos

2.6.1. Pronostico basados en modelos

El enfoque de pronóstico basado en el modelo utiliza una representación matemática del sistema y por lo tanto incorpora una comprensión física del sistema en el plan de seguimiento.

Estos métodos utilizan estimación estadística, técnicas basadas en observadores generados usando residuales (por ejemplo, filtros de Kalman, la entrada de orden reducido desconocida por observadores, interactúan múltiples modelos, filtros de partículas) y las relaciones uniformes (comprobaciones de coherencia dinámica entre variables medidas) para realizar un seguimiento de las degradaciones de componentes. Estos modelos se derivan de la configuración, el uso y los datos históricos administradas hasta el fallo y aplicable a la toma de decisiones de mantenimiento (Sulzer- Suiza, 2012).

El proceso de pronósticos basado en modelos basado se ilustra en la Figura N°14. Cuando, el modelo de degradación se expresa como una función de las condiciones de uso, ciclo transcurrido o camisas y modelo parámetros de tiempo.



Figura N°14: Ilustración del proceso de pronósticos basados en modelos
Fuente: (An y Choi , 2012)

En él se dan las condiciones de uso y el tiempo, mientras que los parámetros del modelo que caracteriza el comportamiento de daños debe ser identificado. Entonces la VUE que representa el tiempo restante al fracaso se calcula en base al estimado de los parámetros del modelo. Los parámetros del modelo se calculan utilizando un algoritmo tal como filtro de partículas (PF) integrando el modelo de daños; con los datos de daño que representa el estado de salud de sistemas en el momento de los datos obtenidos. Dado que el daño no se puede medir directamente en la mayoría de los casos, se requiere un proceso de cuantificación de daños a partir de datos de medición del sensor, que se llama vigilancia de la salud estructural (SHM) (Celaya et al .2011).

Enfoques basados en modelos son aplicables en situaciones en las que los modelos matemáticos exactos se pueden construir a partir de primeros principios. Sin embargo, el enfoque basado en el modelo puede no ser el enfoque más práctico ya que el tipo de fallo en preguntas es a menudo único, varía de componente a componente, y es difícil de ser identificados sin interpretar la operación. Las técnicas estadísticas se utilizan normalmente para definir umbrales para detectar los fallos de presencia. Varios modelos estadísticos se han reportado recientemente, tales como Recursive Least Square (RLS), la Intensidad Proporcional Model (PIM), modelos de riesgos proporcionales (PHMS) y Hidden Markov Model (HMM).

La principal ventaja del enfoque basado en modelo es la capacidad de incorporar comprensión física del sistema para monitoreo. Otra ventaja es que, en muchas situaciones, el cambio en el vector de características están estrechamente relacionados con el modelo parámetros. Por lo tanto, también se puede establecer una correlación de funciones entre los parámetros de deriva y el seleccionado características de pronóstico.

2.6.2 Pronostico basado en datos

Los enfoques basados en datos se derivan directamente de los datos de funcionamiento del sistema monitoreados rutinariamente (como datos de calibración, los datos colorimétricos, los datos de espectrometría, la energía, la vibración y señales acústicas, la temperatura, presión, restos de aceite, corriente y voltaje). En muchas aplicaciones,

de medida entrada / datos de salida es importante fuente de conocimiento para comprender el comportamiento de degradación del sistema. Los enfoques de datos impulsados basan en el supuesto de que las características estadísticas de los datos son relativamente consistentes a menos que un evento se produce un mal funcionamiento en el sistema.

Se construye basan en los registros históricos del pasado y producen salidas de predicción basado en el monitoreo de condición (CM) de datos.

El pronóstico basado en datos se puede explicar con la aplicación de baterías de iones de litio y sistemas electrónicos. Con suministro de petróleo inestable y un mayor énfasis en la energía alternativa, los vehículos eléctricos híbridos son vistos como el futuro del mercado de la automoción. A fin de aplicar el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) de baterías de Li-Ion, problema a resolver es la dinámica estimación de su estado. Un procedimiento sistemático para el pronóstico de las baterías de iones de litio. Involucra la estimación de tres características fundamentales de una batería, a saber; estado de carga (SOC), estado de salud (SOH) y vida útil estimada VUE.

El enfoque basado en los datos más prometedores se basa en enfoques inteligentes artificiales. Estos enfoques utilizados técnicas estadísticas y de aprendizaje, incluyendo la teoría del reconocimiento de patrones tales híbrido SVM-bayesiano Modelo de red (BN), el modelo de Neuro-difusa, redes neuronales, Volver Red Neural Propagación (BPNN), Dynamic Wavelet Redes Neuronales (Dwnn) y recurrentes Redes Neuronales Artificiales (RNA).

La fuerza de la técnica impulsado datos es la capacidad de transformar los datos ruidosos de alta dimensión en menor dimensional para las decisiones de diagnóstico o de pronósticos. El principal inconveniente de los enfoques de datos impulsada es que hay la eficiencia es altamente de la cantidad y calidad de los sistemas de datos operativos. El enfoque basado en los datos es aplicable a los sistemas, donde una comprensión de primeros principios de operación del sistema no es la comprensión (Goodman, Sthuhlmuller.2012).

2.6.3. Pronostico basado en conocimientos

El enfoque basado en el conocimiento utiliza modelos gráficos como Petrinets, gráficos de flujo de múltiples señales y bayesiano redes (BNS) para la supervisión del sistema y solución de problemas. El enfoque está especialmente bien adaptado para el pronóstico sistemas acoplados, donde los resultados de las pruebas de pronóstico (a partir de un modelo basado en los datos o impulsada enfoque) pueden ser utilizados para aislar la causa raíz de los componentes reemplazables. Se prefieren los modelos Multi-señal, ya que se pueden aplicar a sistemas a gran escala con los miles de modelos de fallos y pruebas, y puede incluir probabilidades de fallo y prueba poco fiable como parte del proceso de inferencia de una manera que es computacionalmente más eficiente que BNs. Este modelo es una combinación de la inteligencia computacional (CI) y la experiencia.

El enfoque basado en el conocimiento se refiere a la información recogida en tienda de expertos en la materia y la interpretación de conjunto de reglas. Se puede observar como sistemas de rendimiento de servicios para la prestación de servicios en base a las votaciones servicio de principio para el análisis (Russel, Norvig.2010).

Fiabilidad parámetros se estima utilizando un enfoque basado en la experiencia a la información se reúnen a partir de la comprensión el activo.

2.7. Metodología del trabajo

El trabajo se desarrollará en tres etapas que se definen a continuación:

Etapa 1: Estado del arte

Dentro de esta primera etapa se llevará a cabo una evaluación de la bibliografía en antecedentes, evolución, metodologías en materia de predicción de la vida útil para equipos electromecánicos, así como la durabilidad contempladas en diversas normas para luego proponer nuestro método en el proyecto presente.

Etapa 2: Propuestas metodológicas que permita predecir la vida útil de componente monoblock de un motor de combustión interna por compresión.

Dentro de esta segunda etapa que tiene por objetivo proponer los diferentes métodos evaluativos que existen para obtener la estimación de vida útil de equipos electromecánicos, así como sus sistemas o componentes que determinan la operatividad de los mismos en un tiempo y cabe resaltar que se llevarán las siguientes tareas:

- Base histórica de métodos de evaluación de vida útil remanente.
- Base histórica de métodos para equipos electromecánicos
- Análisis crítico de cada uno de los métodos, de acuerdo a sus fortalezas y debilidades.

Etapa 3: Análisis para determinar el método adecuado

Finalmente en esta tercera etapa se llevará a cabo una evaluación crítica de sus ventajas y desventajas con sus conclusiones de cada método propuesto, para que finalmente seleccionar y proponer el método más adecuado para el proyecto.

2.8. Estado del arte

2.8.1. Antecedentes en materia de predicción de vida útil en equipos electromecánico

1. En el año 2006 la Empresa Sulzer-Suiza creada en 1834 líder mundial en soluciones fiables y sostenibles para aplicaciones críticas, en una investigación de la Evaluación de Vida Útil del Rotor de la Turbinas de Gas y las Turbinas de Vapor. Donde la mayoría de los fabricantes de turbinas de gas industriales se basan actualmente en las horas equivalentes de operación (Equivalent Operating Hours, EOH) para determinar la vida útil restante de los rotores de turbina de gas. Donde Sulzer Turbo Servicios indica quienes limitan la vida útil restante o remanente y progresan lentamente son factores se deben interpretar y seleccionar con precaución y por lo tanto no afectan

directamente las horas equivalentes de operación (EOH), a menos que sea conocida su incidencia repetitiva en el tiempo y estos factores son:

- a. Ataque externo por corrosión y fricción: Esto es determinado por procesos físicos que pueden variar considerablemente. No hay relación fija con las EOH.
 - b. Corrosión bajo tensión Este proceso depende de la corrosividad del medio ambiente y puede variar considerablemente en las turbinas de gas. No hay relación fija con las EOH.
 - c. Fatiga térmica: Este proceso depende del número de arranques. La fatiga térmica, por sí sola, no tiene relación fija con las EOH.
 - d. Fatiga por número elevado de ciclos: No hay relación fija con las EOH.
 - e. Deformación permanente a largo plazo: Las temperaturas y niveles de tensión del metal se conocen y son más o menos constantes. Hay una relación con las OH (podrían ser aproximadas a las EOH).
 - f. Pérdida de ductilidad: La degradación metalúrgica es dependiente del tiempo y la temperatura. Como las temperaturas del rotor son estables en operación, hay una clara relación entre la pérdida progresiva de ductilidad y las EOH.
2. En el año 2008 ingenieros del Instituto de Tecnología de Georgia en Estados Unidos, hará posible pronto predicciones sobre la degradación y vida útil restante de la mecánica y equipos electrónicos de una manera mucho más fácil y precisa, al mismo tiempo que mejora significativamente las operaciones de mantenimiento y la logística de piezas de repuesto, un paso clave para asegurar un perfecto funcionamiento de los sistemas

Para ello se ha desarrollado modelos que utilizan datos en tiempo real mediante las mediciones de sensores inalámbricos y de sistemas de comunicaciones para calcular y revisar continuamente la cantidad de vida útil restante de los diferentes sistemas de ingeniería sobre la base de su actual condición y estado de salud, en el desarrollo de modelos de adaptación para estimar la vida útil restante de los componentes electrónicos de aeronaves.

3. Modelo de Vida Útil para Estructuras Acero-Zinc utilizadas en la Transmisión de Energía Eléctrica en Colombia. (2009) .Por Villada, F., Molina, L.D., y Velilla, E.

de la Universidad de Antioquia Facultad de Ingeniería, desarrollan un modelo de degradación por corrosión atmosférica para el acero y el zinc utilizados en el sistema de transmisión de energía eléctrica en Colombia. Se identifican tres aspectos importantes: la definición de la tasa de corrosión, la función distribución de probabilidad de la vida útil y las actividades de inspección, mantenimiento) que favorezcan una mayor vida útil. El modelo identifica las funciones de pérdida de masa y grosor en el tiempo, lo que define límites de estados de degradación y falla los cuales son simulados mediante cadenas de Markov para evaluar la disponibilidad de la estructura y la frecuencia óptima de inspección y mantenimiento.

4. El comité de Normas Internacionales de Contabilidad - IASC, creada el 29 de junio del 1973 emite las normas internacionales de contabilidad NIC. El primero de enero 2012 emite la Norma NIC16 de Propiedades, Planta y Equipos; la vida útil es el periodo durante el cual se espera utilizar el activo depreciable por parte de la empresa, o bien el número de unidades de producción o similares que se espera obtener del mismo por parte de la empresa.

En el Párrafo 56. Los beneficios económicos futuros incorporados a un activo, se consumen, por parte de la entidad, principalmente a través de su utilización. No obstante, otros factores, tales como la obsolescencia técnica o comercial y el deterioro natural producido por la falta de utilización del bien, producen a menudo una disminución en la cuantía de los beneficios económicos que cabría esperar de la utilización del activo. Consecuentemente, para determinar la vida útil del elemento de inmovilizado material, se tendrán en cuenta todos los factores siguientes:

- a. La utilización prevista del activo. El uso debe estimarse por referencia a la capacidad o al rendimiento físico que se espere del mismo;
- b. El deterioro natural esperado, que dependerá de factores operativos tales como el número de turnos de trabajo en los que se utilizará el activo, el programa de reparaciones y mantenimiento, así como el grado de cuidado y conservación mientras el activo no está siendo utilizado;

- c. La obsolescencia técnica o comercial derivada de los cambios o mejoras en la producción, o bien de los cambios en la demanda del mercado de los productos o servicios que se obtienen con el activo; y
 - d. Los límites legales o restricciones similares sobre el uso del activo, tales como las fechas de caducidad de los contratos de servicio relacionados con el activo.
5. La Norma ISO 15686-2: (ISO 2011) Edificios y activos constructivos – Servicio de planificación de la vida Parte 2: Servicio de procedimientos de predicción de la vida; describe procedimientos generales que facilitan la predicción de la vida útil de elementos constructivos basándose en el informe de Masters y Brandt (Masters y Brandt 1989). Este documento no describe en profundidad las técnicas de predicción de vida útil, principalmente se centra en establecer una metodología a la que puedan acogerse en la redacción de normativas los agentes involucrados en el sector, para establecer una vida útil de referencia que poder utilizar en la predicción de la vida útil según el método de los factores.
 6. Modelo Matemático para la Estimación de la Vida útil de Revestimientos en Molinos Semiautógenos por Ingeniero Mecánico Marco Arratia Henríquez. (2006). Universidad Austral de Chile; el trabajo de investigación presenta y discute un modelo matemático empírico, para estimar la vida útil de los revestimientos de acero utilizados en molinos semiautógenos (SAG), que está delimitada principalmente por el desgaste, tiene como principal finalidad el desarrollo de un algoritmo programable que permita predecir en el tiempo una estimación de la vida útil de los revestimientos del molino, en base a los datos observados de las mediciones de desgaste de los revestimientos y la molienda. El modelo propuesto, programado en Matlab, los que demuestra lo apropiado del modelo en predecir el proceso de desgaste, niveles de desgaste versus el tonelaje tratado o su tiempo de utilización.
 7. Modelo de Vida Útil para Estructuras Acero-Zinc Utilizadas en la Transmisión de Energía Eléctrica en Colombia. (2009). Por Villada, F., Molina, J.D., y Velilla, E., de la Universidad de Antioquia Facultad de Ingeniería; desarrollan un modelo de

degradación por corrosión atmosférica para el acero y el zinc utilizados en el sistema de transmisión de energía eléctrica en Colombia. Se identifican tres aspectos importantes: la definición de la tasa de corrosión, la función distribución de probabilidad de la vida útil y las actividades de inspección, mantenimiento que favorezcan una mayor vida útil. El modelo identifica las funciones de pérdida de masa y grosor en el tiempo, lo que define límites de estados de degradación y falla los cuales son simulados mediante cadenas de Markov para evaluar la disponibilidad de la estructura y la frecuencia óptima de inspección y mantenimiento.

8. Metodología para la Estimación de Vida Remanente de Equipos de Subestaciones Basada en el Cálculo del Índice de Deterioro y el Análisis de la Función Hazard. (2012). Por Mosquera, L., Faray, A., Herreño, A., en la Jornada Técnica ISA. Dentro del ciclo de vida de un activo es de vital importancia conocer su vida remanente con el objetivo de valorarlos y determinar la de necesidad de un rediseño, mantenimiento mayor o sustitución y de este modo garantizar su disponibilidad o la del sistema, repercutiendo en el aumento de la confiabilidad y al mejor servicio al cliente.

El modelo desarrollado de vida remanente se basa en un índice de deterioro de cada activo asociado a una tasa de riesgo que a su vez es asociada a su edad efectiva. Con la edad efectiva se calcula la tasa de envejecimiento para luego estimar la expectativa de vida y la vida remanente, basados en curvas de supervivencia internacionales.

9. Propuesta Metodológica para estimar la Vida Útil de los Sistemas Constructivos de Fachadas y Cubiertas utilizados actualmente con más frecuencia en la Edificación Española a partir del Método Propuesto por la Norma ISO-15686. (2012). Por Ortega, L. Tesis Doctoral. Escuela Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Valencia.

En este contexto, se efectúa una propuesta metodológica para estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas utilizados actualmente con más frecuencia en la edificación española a partir del método propuesto por la norma ISO-15686. Los principales resultados que se han obtenido en el proceso de

elaboración de la metodología son una base de datos de durabilidades de los diferentes componentes constitutivos de los elementos constructivos y una caracterización de las lesiones que más afectan a los elementos constructivos de fachada y cubierta.

10. Wen, M. et al.(2006). Presentó predicciones VUR para EB-PVD recubrimientos de barrera térmica (TBCs) en un Ni-Al modificado con Pt capa de adherencia en bicicletas a dos temperaturas. Ellos hicieron las predicciones basadas en los datos mediante fotoluminiscencia piezospectroscopy sin el conocimiento de la temperatura de ensayo. Además, compararon las predicciones VUR usando métodos de regresión y métodos de redes neuronales y se encontró que los métodos red neuronales son superiores.
12. Caesarendra, W. (2010). Presento un algoritmo de pronóstico, basado en el método secuencial de Monte Carlo (también conocido como un filtro de partículas) que puede ser utilizado en sistemas no lineales. Se utilizaron los datos de tendencias reales de compresores de baja de metano adquiridos de rutinas de monitoreo de condiciones para evaluar el método propuesto. Los resultados mostraron que el método propuesto tiene un potencial para predecir los datos de tendencias en los sistemas reales de máquinas condición de pronóstico.
22. Kim, H. E. et al.(2012). Ha propuesto una técnica para la evaluación precisa de la vida remanente de máquinas basado en estimación de probabilidad de estado de salud y el conocimiento histórico incrustado en el diagnóstico de bucle cerrado y sistema de pronósticos. Para proporcionar la predicción a largo plazo se utilizan Apoyo Vector Machine (SVM) clasificador como una herramienta para la estimación de probabilidad de estado de salud de proceso de degradación de la máquina. Para validar la viabilidad del modelo propuesto, la vida real de los datos de falla histórica de rodamientos de máquinas de Gas Natural Licuado de alta presión (HP-LNG) son analizados y VUR se estima. Los resultados obtenidos mostraron que el sistema propuesto pronóstico basa en la estimación de probabilidad de estado de salud tiene el potencial para ser utilizado como una herramienta de estimación para la predicción VUR en maquinaria industrial.

13. Tian, Z. (2012). Desarrolló método (RNA) para la predicción de VUR más precisa de una red neuronal artificial con equipos sometidos a monitoreo de condición. Ellos validan el método RNA propuesta utilizando en la condición de los datos de seguimiento recogidos en el campo de los rodamientos en los grupos de bombas de Gould. Los resultados experimentales mostraron que el método RNA propuesto puede producir resultados satisfactorios de predicción VUR, que puede ayudar a la CBM para su optimización. También un estudio comparativo que se realiza entre el método RNA propuesto y la modificación de Wu método y los resultados demostraron la clara ventaja del enfoque propuesto en el logro de más precisa predicciones.
14. Medjaher, K. (2012). Examinó un método de pronósticos de datos impulsada basado en la utilización de los datos proporcionados por monitoreo de sensores para estimar la RUL de una planta industrial, centrándose en su componente más crítico. Los rodamientos en cualquiera de la maquinaria son considerados como la mayoría de los componentes de fracaso como indica el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (ERPI) y los investigadores que trabajaron en la fiabilidad de las máquinas eléctricas. En esta literatura, la degradación de este componente se modela utilizando Mixure de Modelos Ocultos gaussianas Markov (Mog-HMM) representado por Dynamic Bayesian Networks (DBNs), que permite presentar la evolución de la degradación de estados ocultos. Calcularon el VUR en dos fases principales de una fase de aprendizaje para derivar la degradación de modelo de comportamiento y una fase de explotación para estimar la VURy su confianza asociado.
15. Lorton, A. (2013). Presentó el pronóstico de un sistema de resorte-masa simplificado y una válvula neumática para aplicación aeronáutica utilizando técnicas basadas en modelos estocásticos. En este caso, el pronóstico se compone de la informática la distribución de la VUR del sistema. El método propuesto aborda tres retos principales; primero, el modelo deberían unificar los dos enfoques clásicos a la descripción de los sistemas complejos, en segundo lugar, el pronóstico debe integrar información en línea para proporcionar un resultado específico para cada sistema en

función de sus eventos de la vida. En tercer lugar, el pronóstico debe proporcionar resultados numéricos significativos listos el error de que también deben estar bajo control.

16. Zhao, F. (2013). Desarrolló un método integrado pronósticos para predecir VUR de las partes mediante la utilización de dos modelos físicos de engranajes y los datos de monitorización de estado en tiempo real. Describieron un modelo FE engranaje para el estrés de engranajes y su análisis, un modelo de dinámica de marcha para el cálculo de la carga dinámica y un modelo de propagación daños utilizando París Ley. También utilizaron un método bayesiano para fusionar los datos de monitoreo de condiciones recogidos para actualizar las distribuciones de los factores de incertidumbre para la unidad específica actual y para lograr la predicción VUR actualizada. Los la eficacia del enfoque propuesto se demuestra en la base de datos de la degradación simulada por lo tanto, conduce a VUR predicciones más precisas.
17. Wang, Z. et al.(2014). Presentó un estudio de caso de la vida de almacenamiento restante basado en la condición (VUR) predicción para giroscopios en el sistema de navegación inercial (INS) sobre la base del monitoreo de condición (CM) de datos y la influencia de los datos CM teniendo proceso. Ellos desarrollaron un modelo basado en la degradación estocástico-filtrado para incorporar tanto en la predicción de la distribución de RSL. Los resultados mostraron que los VUR predichos dependen no sólo el CM datos, sino también el proceso de prueba de tomar los datos de CM que las técnicas y algoritmos pronósticos existentes no consideró.
18. Junqiang, L. et al. (2014). Desarrolló un enfoque novedoso para VUR de pronósticos de motores para aviación sometidos a degradación no estacionario y el método de espacio de estado, el algoritmo de filtrado de Kalman se utilizan para el cálculo. Los estudios de caso mostró que un pronóstico preciso de VUR se logra que proporciona una guía para que los operadores se dan cuenta CBM ayudando así a garantizar la seguridad de la aviación civil y la minimización de los costos de operación.

19. Luo, J. et al. (2003). Desarrollo un proceso de pronósticos integrado basado en los datos recogidos de modelo basado en simulaciones en condiciones nominales y degradadas. Se construyeron modelos de pronóstico basado en diferentes condiciones de carga al azar y Interactuar Modelo Múltiple (IMM), donde se utiliza para realizar un seguimiento de los daños ocultos. Ellos realizado predicción de VUR mezclando basados en el modo de vida predicciones con probabilidades modo promediados en el tiempo.
20. Sankavaran, CH. et al. (2009). Presento una metodología de un modelo basado híbrido, impulsado por los datos y el conocimiento diagnóstico integrado basado y el marco pronóstico con la aplicación de la suspensión de la automoción y electrónica sistemas (Li-Ion). El proceso de pronóstico se ha diseñado con una perspectiva del mundo real que permite experimentar con basado en el modelo / técnicas basadas en datos.
21. Shao, Y. et al. (2011). Propuso un método de pronóstico de fallos y diagnóstico basado en la combinación de base radial función (RBF) y de retro propagación (BP) redes neuronales. Los problemas que ocurren en la detección y diagnóstico de las fallas en un engranaje del eje trasero del automóvil debido a características no - lineal de vibración de engranajes bajo la fluctuante se analizan las condiciones de carga y velocidad. Finalmente llegaron a la conclusión de que la predicción de degradación en las condiciones de funcionamiento se puede utilizar para el pronóstico y el diagnóstico de fallos en forma práctica con la ayuda de la red RBF-BP.
22. An, D. (2012). Presentó un tutorial basado en Matlab para pronósticos basados en modelos que combina un físico los parámetros del modelo para predecir el VUR. Autor utiliza una degradación de la batería y unos modelos de crecimiento de grietas como ejemplo para la predicción VUR. Para la estimación de VUR se usaron algoritmos de filtro de partículas pronósticos basados en modelos método. Para ilustrar los resultados, el VUR en un ciclo arbitraria se predijo en la forma de distribución junto con la mediana y el 90% intervalo de predicción.

23. Hu, Y. et al. (2014). Propuso un método analítico de decisión para un programa de re fabricación que se basa en el VUR evaluación en línea. Utilizaron modelo SVM para estimar la VUR y la fiabilidad de rendimiento en base al umbral predefinido para el fracaso y las características de la manufactura. También establecieron el vector de soporte modelo de regresión para el modelado de la degradación del rendimiento y de la previsión de LSD.

2.8.2. Exigencias en materia de durabilidad contempladas en diversas normas de equipos electromecánicos

Las exigencias en materia de durabilidad correspondiente en diversas normativas internacionales en la fabricación de un monoblock están contempladas en las siguientes:

- INDECOPI – NTP: 1992 Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la protección de la Propiedad Intelectual- Normas Técnicas Peruanas (1992)
- Las Norma de ASTM: 1898 International se usan en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales por todo el mundo. American Society for Testing Materials.
- La Norma ANSI: 1969 Instituto Nacional Estadounidense de Estándares es una organización sin fines de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. Es miembro de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO).
- La Norma AISI/SAE: 1912 El Instituto Americano del Hierro y el Acero y la Sociedad de Ingenieros de la Industria Automotriz, cuya función es la normalización de los aceros y de aleaciones de metales no ferrosos
- La Norma DIN: 1917 Instituto Alemán de Normalización, es una organización de normas para diferentes productos, comercio, servicio etc.

Para construir o producir un equipo mecánico, sistema, componente o parte; se parte del principio de las organizaciones nacionales o internacionales que desarrollan normas sobre los procesos de servicio o producción de bienes de acuerdo a estándares de

calidad, las empresas o personales naturales que adquieren dicho bien toman como base las normas para sus diseños, construcción , materiales, etc.

El material metálico para la construcción de un monoblock de combustión interna por compresión desarrollamos las condiciones que deben cumplir los materiales del monoblock para condicionar la durabilidad o estimación de la vida útil de un activo según las normas mencionadas anteriormente.

Aspectos Generales de las Fundiciones de Hierro para Monoblock de Combustión Interna por compresión:

Las fundiciones de hierro y aluminio para los motores de combustión interna diesel en los últimos años a nivel mundial han tenido cambios significativos. Actualmente existen en el mercado nacional e internacional una gran variedad de tipos de acero y fundiciones de hierro que se usan profusamente en la industria de la construcción, naval, mecánica, petrolera y en diversas estructuras especiales, y que evolucionaron debido a las necesidades derivadas de los avances tecnológicos acelerados en los diversos campos de la ingeniería.

Propiedades relevantes: Las propiedades mecánicas de las fundiciones de hierro y aluminio están influenciadas de manera importante por el proceso de fundición, velocidad de enfriamiento, tratamiento térmico, temperatura de servicio, deformación en frío, tipo de solicitaciones, etc., por lo que es muy conveniente analizar cada uno de estos factores para establecer los criterios de selección de la calidad y tipo de material más recomendable para una aplicación específica como la obtención de motores diesel, caja de cambios, válvulas, cigüeñales , engranajes etc. Al diseñador es de suma importancia las características mecánicas, su composición química lo que determina la calidad de los mismos.

Fundiciones de hierro: Las fundiciones de hierro son aleaciones de hierro carbono del 2 al 5%, cantidades de silicio del 2 al 4%, del manganeso hasta 1%, bajo azufre y bajo fósforo. Se caracterizan por que se pueden vaciar del horno cubilote para obtener piezas de muy diferente tamaño y complejidad pero no pueden ser sometidas a deformación plástica, no son dúctiles ni maleables y poco soldables pero sí maquinables,

relativamente duras y resistentes a la corrosión y al desgaste. (Kalpakjian y Schmid. 2012). Las fundiciones tienen innumerables usos y sus ventajas más importantes son:

- Son más fáciles de maquinar que los aceros.
- Se pueden fabricar piezas de diferente tamaño y complejidad.
- En su fabricación no se necesitan equipos ni hornos muy costosos.
- Absorben las vibraciones mecánicas y actúan como auto lubricantes.
- Son resistentes al choque térmico, a la corrosión y de buena resistencia al desgaste.

De acuerdo con la apariencia de su fractura, las fundiciones pueden ser grises, blancas, atruchadas, aunque también existen las fundiciones maleables, nodulares y especiales o aleadas.

Propiedades: Es muy frágil, dureza baja de unos 80 a 100 HB, resistente al choque térmico, a la corrosión, absorbe las vibraciones, bajo costo y poco soldable comparado con el acero.

Aspecto: La superficie exterior en la fundición es de color gris oscuro, mientras que la fractura es oscura (fundición negra) o gris (fundición gris) o atruchada (puntos claros sobre fondo oscuro, o viceversa) o clara (fundición blanca); al aire libre, la superficie externa se cubre de herrumbre (óxido hidratado de hierro) de color rojo pardo que penetra lentamente en el interior.

Peso específico: El peso específico varía con la composición y por consiguiente con el aspecto de la fundición; se puede admitir, por término medio:

Fundición gris = 7 a 7.2

Fundición atruchada = 7.3 a 7.4

Fundición blanca = 7.4 a 7.6

Temperatura de fusión: Varía con la composición y el aspecto de la fundición en promedio es: Fundición negra gris 1200 °C

Fundición blanca 1100 °C.

Fluidez: Es la propiedad del metal líquido de correr y de llenar bien los moldes: en igualdad de temperatura, la fundición fosforosa es más fluida que la fundición con poco fósforo.

Contracción: Como se ha visto, el metal, al solidificarse, sufre una contracción: en la fundición blanca la contracción es casi igual a la del acero (16 a 18 por 1000). En las fundiciones grises, en las cuales en el momento de la solidificación se segregan las laminillas de grafito (de peso específico - 2) con aumento de volumen de la masa, la contracción final resulta menor (10 por 1000); la contracción varía también según los obstáculos mayores o menores que encuentra la colada en el molde.

Resistencia a la tracción: La fundición gris tiene una carga de rotura a la tracción que, de cerca de 15 Kg/mm², llega a los 30, 40 y 45 Kg/mm². Las fundiciones aleadas y las esferoidales sobrepasan este límite llegando a cargas que se pueden comparar a las de los aceros de calidad (70 y hasta 80 Kg/mm².) en las fundiciones maleables las cargas de rotura son de por lo menos 32 Kg/mm², generalmente en torno a 40 Kg/mm². La resistencia a la compresión es mayor, y para las fundiciones grises normales resulta cerca de tres veces la de la tracción: por eso, como vemos, es aconsejable someter las piezas de fundición a esfuerzos de compresión, más bien que a los de tracción.

Resistencia a la flexión: Puesto que en la flexión las fibras del elemento quedan tensas en la parte convexa, y comprimidas en la cóncava, la resistencia a la flexión varía según la orientación de la sección.

Resistencia al choque: El choque y la resiliencia son sollicitaciones dinámicas, y en su confrontación la fundición se comporta de un modo particular. Las fundiciones grises, resisten no muy bien los choque y son frágiles porque no sufren deformaciones plásticas. Las fundiciones maleables, por el contrario, y las de grafito nodular (fundiciones dúctiles) resisten bien; no obstante, si los choques está 4 contenidos en el límite de seguridad; las fundiciones grises tienen un óptimo comportamiento, por su propiedad característica de amortiguar las vibraciones, por esto (además de por razones económicas) se ha llegado a sustituir los cigüeñales de acero tratado para compresores y para motores de combustión interna, por árboles colados con fundición gris, obteniéndose un funcionamiento más regular más suave y menos ruidoso.

Dureza: La dureza de la función es relativamente elevada. La fundición gris tiene una dureza de 140 a 250 Brinell, se puede mecanizar fácilmente, porque la viruta se desprende mejor y por la presencia de grafito liberado, que lubrica el paso de la viruta sobre el corte de la herramienta, la Viruta es siempre escamosa, excepto en las fundiciones maleables y en las de grafito nodular. Las fundiciones blancas tienen una dureza superior a 350 a 400 Brinell. Hasta cerca de 550 Brinell se pueden mecanizar con herramientas de carburo; más allá, requieren la muela de esmeril. (Kalpakjian y Schmid. 2012).

La Norma establecida ASTM A48 para fundiciones grises para monoblock diesel sus características mecánicas están indicadas en el Cuadro N°14.

Cuadro N°14: Propiedades según la norma ASTM A48 para las clases de fundiciones

Clase	Resistencia a la tracción [Ksi]	Resistencia a la compresión [Ksi]	Módulo de tracción (E) [10 ⁶]
20	22	33	10
30	31	109	14
40	57	140	18
50	62.5	187.5	21

Fuente: Norma ASTM

2.9. Metodologías para predecir la vida útil del monoblock de combustión interna por compresión

2.9.1. Principales métodos para predecir la vida útil

Los principales métodos utilización en la predicción de la vida útil se pueden dividir según los siguientes enfoques:

- Métodos Deterministas: **pronósticos basados en datos**

- Métodos Probabilísticos: **pronósticos basados en datos**
- Métodos de Ingeniería: **pronósticos basado en conocimientos**
- Métodos Lógica difusa: **pronósticos basados en datos**
- Método Redes Neuronales Artificiales (RNA): **pronósticos basados en datos**
- Métodos Físicos: **pronósticos basados en modelos**
- Método de los Factores: **pronósticos basado en datos**

2.9.1.1. Métodos deterministas

Los métodos deterministas se basan en el estudio de los factores que influyen en la degradación de los componentes, en la comprensión de sus mecanismos de actuación y por último en su determinación traducida en funciones de degradación. Los factores se traducen en fórmulas que expresan su acción en el tiempo, hasta que se alcanza el rendimiento mínimo aceptable del componente estudiado. Estos métodos son fáciles de entender, pero están sujetos a diversas críticas sobre la simplicidad con la que se refieren a fenómenos complejos, como los fenómenos de degradación. Los métodos deterministas de durabilidad no tienen en cuenta la dispersión de la degradación o el rendimiento o la vida útil, sin tener en cuenta que el fenómeno estudiado puede sufrir cambios en el tiempo, razón por la cual el modelo determinístico no permite tratar con un buen grado de exactitud aquellos acontecimientos que pueden ser modificados por variables externas y esto no permite poder hacer predicciones acerca del fenómeno estudiado. Con valores conocidos de los parámetros, el modelo abarca sólo un valor, que es a menudo el valor medio de la degradación, rendimiento o la vida útil. Debido a esto, en muchos casos, la información obtenida por los modelos deterministas no es suficiente para evaluar el riesgo de no llegar a la vida útil objetivo.

2.9.1.2. Métodos probabilísticos

Los métodos probabilísticos consideran la degradación como un proceso estocástico, donde se define la probabilidad de deterioro para cada componente durante un período

de tiempo. Para su aplicación es necesario poseer datos reales recogidos durante un dilatado periodo de tiempo.

El método probabilístico tiene en cuenta que el fenómeno que se estudia puede sufrir cambios en el tiempo ocasionados por variables externas, expresándolos por medio de un margen de error calculado estadísticamente, permitiendo hacer mejores aproximaciones a la realidad y poder realizar predicciones futuras, estas variables externas representan las incertidumbres que se pueden generar con el transcurso del tiempo.

Las incertidumbres tienden a ser cambiantes por impactos tecnológicos, la expansión de la empresa, el incremento o disminución en nivel de producción, por ello el modelo probabilístico maneja un nivel mucho más confiable de exactitud, ya que este puede manejar todo tipo de comportamiento, incluyendo aquellos que manipulan unas variables que poseen incertidumbre.

Estos métodos, debido a la dificultad de aplicación en situaciones reales, sólo son rentables en proyectos a gran escala. Para la aplicación de métodos probabilísticos, es necesario poseer datos reales recogidos durante un dilatado periodo de tiempo. Este tipo de métodos sirven para mejorar la comprensión de los fenómenos físicos de degradación y deben ser utilizados para completar la experiencia y el conocimiento de los materiales. Se establecen tres inconvenientes que pueden producir una reducida aplicación de estos métodos: La complejidad de los métodos matemáticos utilizados; la necesidad de recopilación de un gran número de datos durante largos periodos de tiempo y la fuerte dependencia del trabajo de campo (Ortega, 2012).

La aplicación de este modelo reside en lo bien fundamentada que se encuentran sus herramientas de estudio resaltando que los enfoques de prueba y error ha sido la aproximación más exitosa de cualquier medición. El modelo probabilístico permite realizar mejor esa medición, ya que no precisa cuando concluirá dicha capacidad de servicio, sino que computa las probabilidades de que ese hecho suceda. Las incertidumbres tienden a ser cambiantes por impactos tecnológicos, la expansión de la empresa, el incremento o disminución en nivel de producción, por ello el modelo

probabilístico maneja un nivel mucho más confiable de exactitud, ya que este puede manejar todo tipo de comportamiento, incluyendo aquellos que manipulan unas variables que poseen incertidumbre.

El modelo más utilizado en los métodos probabilísticos es el modelo de Markov:

Modelo de Markov: Este método se basa en la hipótesis de que un modelo de deterioro se puede definir a partir de un número limitado de condiciones. El modelo de Markov supone que el deterioro es un proceso estocástico que se rige por variables aleatorias. La estructura se puede dividir en un número de componentes, que se deterioran al azar. Para cada componente se establecen los parámetros principales de la degradación, junto con las variables de deterioro, todo ello en función del tiempo. En la Figura N°15, siguiente se muestra una función de deterioro utilizando porcentajes.

2.9.1.3. Métodos de ingeniería

El método de ingeniería es el que armoniza los dos métodos anteriores. Así surgieron los métodos de ingeniería que son de fácil aplicación como el método de los factores, y además describen los procesos de degradación de una forma probabilística. Los métodos de ingeniería se pueden utilizar para identificar los fenómenos de degradación de forma más analítica, pudiendo así controlarlos en proyecto a través de la planificación del mantenimiento. Algunos de los métodos de ingeniería más conocidos son:

El Análisis de Modos de Fallos y Efectos del Proceso AMFE: Fue aplicado por vez primera por la industria aeroespacial en la década de los 60, donde se analiza el procedimiento para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad; en la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles, en la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores, donde es importante su utilización en la evaluación de la vida útil de productos.

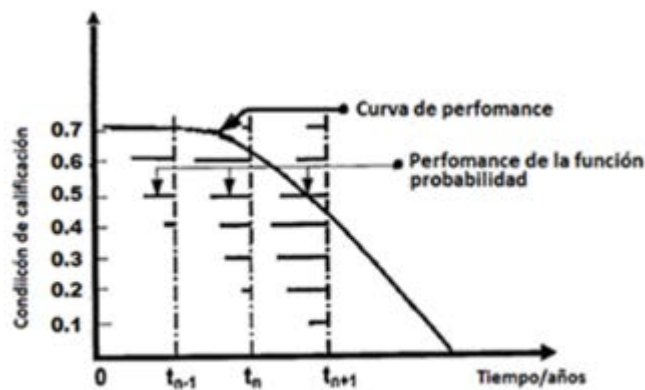


Figura N°15: Función deterioro de Markov
Fuente: (Moser y Hovde. 2004)

(Moubray, 2004). Jhon Moubray dice que el AMFE es un método cualitativo que permite relacionar de manera sistemática una relación de fallos posibles, con sus consiguientes efectos, resultando de fácil aplicación para analizar cambios en el diseño o modificaciones en el proceso para evaluar la degradación de los sistemas y componentes, así poder determinar su vida útil remanente.

El AMFE es una metodología que se aplica a la hora de diseñar nuevos productos, servicios o procesos. Su finalidad es estudiar los posibles fallos futuros de nuestro producto para posteriormente clasificarlos según su importancia. A partir de ahí, obtendremos una lista que nos servirá para priorizar cuáles son los modos de fallo más relevantes que debemos solventar bien por ser más peligrosos, más molestos para el usuario, más difíciles de detectar o más frecuentes- y cuáles son los menos relevantes de los cuáles no nos debemos preocupar bien por ser poco frecuentes, bien por tener muy poco impacto negativo o bien porque son fáciles de detectar por la empresa antes de sacar el producto al mercado.

Método de Estados Límite (Performance Limits Methods). Este método pretende evaluar la durabilidad de los elementos de construcción mediante la simulación de su comportamiento en el tiempo, hasta que llegue al final de su vida útil. En este método, el fenómeno de degradación se mide por una cadena de relación:

Agentes → Acciones → Efectos → Degradación

2.9.1.4. Métodos lógica difusa

Las fallas que sistemas de ingeniería son inevitables y pueden ocasionar consecuencias serias como paradas no programadas, disminución de vida útil, generar costos elevados o remplazo y afectar la calidad del productos de los equipos que conforman; por medio de un apropiado monitoreo de los equipos y el uso de esquemas de detección de fallas pueden obtenerse alertas tempranas para llevar a cabo acciones de mantenimiento preventivo o detección de fallas a través de lógica de difusa, donde se considera la inteligencia artificial la posibilidad de analizar, comprender y comparar las fallas o aplazar el término de su vida útil.

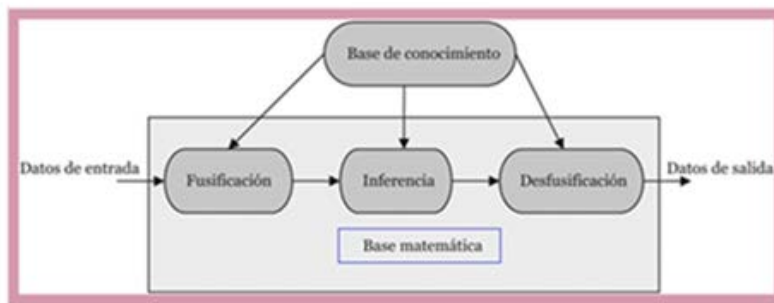


Figura N°16: Esquema de funcionamiento de un componente difuso
Fuente: Universidad de Sevilla- España

Un equipo que es un sistema complejo de relaciones entre factores o variables, cuando afrontamos una situación sobre la que tenemos un conocimiento impreciso y los datos que disponemos tienen un alto grado de incertidumbre, el enfoque del método científico clásico, necesitaría obtener muchos datos de diverso tipo, físicos o estadísticos, costosos de obtener y que muchas veces no amortizarían su inversión. La inteligencia artificial propuesta la teoría de conjuntos «borrosos» o «difusos» Fuzzy set, en la que se utiliza el siguiente esquema de proceso matemático para imitar el razonamiento humano, cuyos principios básicos son:

- Se trata de una metodología matemática que representa el conocimiento impreciso donde la incertidumbre está presente.
- Nos permite aplicar la experiencia de expertos para imitar el razonamiento humano.

2.9.1.5. Métodos redes neuronales artificiales- RNA

Todo componente se encuentra expuesto al daño y deterioro durante su vida útil. La información oportuna del deterioro que presenta puede incrementar la seguridad en su uso y mejorar su confiabilidad, además de reducir significativamente los costos asociados al mantenimiento. El uso de Redes Neuronales Artificiales ha sido considerado en la detección de daño porque luego que la RNA es entrenada, utilizarla implica solo un gasto menor de recursos computacionales, lo que la hace idónea para monitoreo en tiempo real. Sin embargo, en la etapa de entrenamiento es necesaria gran capacidad computacional, la cual crece con la complejidad de la estructura. (Hilera, 1995).

Además, mientras más elementos se quieran detectar con una red, más difícil se vuelve el entrenamiento y peores son los resultados. Esto último hace que la aplicación directa de redes neuronales en estructuras complejas sea casi imposible.

2.9.1.6. Métodos físicos

Para llevar a cabo el pronóstico del componente, sistema por un modelo físico, para cada modo de fallo se utiliza en forma física de los modelos. Estos modelos pueden dar la vida útil estimada altamente exacta y precisa. En este caso los modos de fallo se conocen bien y están definidos específicamente en el transcurso de la experimentación de laboratorio.

Las pruebas de aceleración de la vida útil en laboratorio es quizá la metodología más empleada hoy día para calcular la estimación de la vida útil de un componente de las grandes corporaciones cuya data específica es reserva, esta técnica permite además estudiar varias combinaciones de esfuerzos, corrosión, condiciones de uso, medio ambiente examinando el componente hasta el fin de la vida útil. Los resultados obtenidos demuestran la veracidad del método físico para proyectar la vida útil del componente.

Ventajas: Se pueden proporcionar estimaciones más exactas y precisas de todas las acciones de modelado. Se requiere el conocimiento detallado y completo del comportamiento del componente o sistema.

Limitaciones: La precisión y robustez son sometidas a las condiciones experimentales en las que se desarrollaron los modelos.

Los costos de implementación de cada experiencia para cada componente con la subsiguiente simulación determinar la comparabilidad del método.

2.9.1.7. Métodos de los factores

Se usa para estimar la vida cuando existen datos limitados acerca del rendimiento a largo plazo de los equipos y componentes.

2.9.1.7.1. Orígenes del método

Inicialmente el método fue promovido por los Japoneses en la década de los noventa con la publicación «Guide for service life planning of buildings» (AIJ 1993). Más recientemente, ya en la década actual, se ha publicado la Norma ISO 15686 «Service life planning» que describe este método en su parte 1, (ISO 2011).

En el método propuesto por los japoneses se enumeran los siguientes factores:

- Factores relativos a las características de durabilidad inherentes al:
 - Rendimiento de los materiales
 - Nivel de diseño
 - Nivel de calidad en la ejecución
 - Nivel de mantenimiento

- Factores relacionados con el deterioro:
 - Lugar de emplazamiento y condiciones ambientales
 - Condiciones del edificio

El método de los factores utiliza un enfoque determinista permitiendo determinar la vida útil de un componente o sistema sujeto a unas condiciones específicas basándose en una vida útil de referencia y modificándola mediante unos factores relativos a las condiciones específicas de cada caso.

2.9.1.7.2. Descripción del método como se presenta en la norma ISO 15686

En la Norma ISO 15686 Parte 1. (ISO 2011) se describe el método de los factores para estimar la vida útil, indicando cómo establecer la vida útil de referencia, cada uno de los factores.

El método de los factores utiliza un enfoque determinista permitiendo determinar la vida útil de un elemento o sistema sujeto a unas condiciones específicas basándose en una vida útil de referencia y modificándola mediante unos factores relativos a las condiciones específicas de cada caso.

Los factores que luego son cuantificados y combinados en diferentes ecuaciones, dependen de una evaluación de cómo y en qué medida influyen en la vida útil del edificio actual sus sistemas constructivos y materiales. La vida útil estimada se calcula como la vida útil estándar multiplicada por los diversos factores combinados de diferentes maneras, dependiendo del producto real a ser evaluado. A fin de ilustrar el método, se presentan dos ejemplos contenidos en la guía:

El método de los factores puede expresarse como una fórmula:

$$\text{VUE} = \text{VUR} \times \text{Factor A} \times \text{Factor B} \times \text{Factor C} \times \text{Factor D} \times \text{Factor E} \times \text{Factor F} \times \text{Factor G.}$$

Dónde:

VUE= Vida útil estimada

VUR= Vida útil de referencia

El método utiliza la modificación mediante los siguientes factores:

- Factor A: Calidad de los componentes
- Factor B: Nivel de diseño

- Factor C: Nivel de calidad en la ejecución de las obras
- Factor D: Condiciones interiores
- Factor E: Condiciones de exposición exteriores
- Factor F: Condiciones de uso
- Factor G: Nivel de mantenimiento

En la Norma se dan indicaciones de cómo establecer la vida útil de referencia y cada uno de los factores.

La norma incluye en el anexo F dos ejemplos de aplicación: un dintel metálico en un muro de ladrillo con cámara y una ventana de madera blanda. Se expone a continuación el siguiente ejemplo:

Vida de servicio estimada de una ventana de madera blanda:

$VUE = VUR \times \text{Factor A} \times \text{Factor B} \times \text{Factor C} \times \text{Factor D} \times \text{Factor E} \times \text{Factor F} \times \text{Factor G}$.

VUR Vida de servicio de referencia: Z años

Factor A Calidad de los componentes, madera roja de baja durabilidad pero con un tratamiento de doble capa para una mejor conservación: 1.2

Factor B Nivel de diseño Bueno, aristas redondeadas, antepecho debidamente proyectado: 1.2

Factor C Nivel calidad en la ejecución de las obras El vidrio viene montado de fábrica: 1.2

Factor D Condiciones interiores No es agresivo, bajo riesgo de condensaciones: 1

Factor E Condiciones de exposiciones exteriores Protegida del viento/lluvia y partículas: 1.2

Factor F Condiciones de uso: Acceso ocasional de niños: 1

Factor G Nivel de mantenimiento: Reposición del sellado de las juntas cada 3 o 4 años: 1.2

$VUE = Z \times 1.2 \times 1.2 \times 1.2 \times 1 \times 1.2 \times 1 \times 1.2 = 2.5 \times Z$ años

Si la VUR son 25 años, el valor de la VUE son aproximadamente 62 años (ISO 15686-2011).

2.9.1.7.3. Ejemplo de aplicación del método de los factores

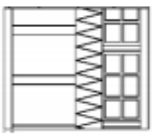
El siguiente ejemplo se toma de la Tesis Doctoral Propuesta metodológica para estimar la vida útil de los sistemas constructivos de fachadas y cubiertas utilizadas actualmente con más frecuencia en las edificaciones a partir del método propuesto por la norma ISO-15686 por Leticia Ortega Madrigal en la Universidad Politécnica de Valencia en el año 2012.

A continuación se expone la aplicación del método de predicción propuesto de un proyecto real de la fuente indicada, el ejemplo de referencia permite comprobar la viabilidad del procedimiento propuesto, hacen del método sencillo de proceder, donde los factores son obtenidos por las funciones determinísticas, normal, lognormal, Gumbel y otras.

La fórmula siguiente es:

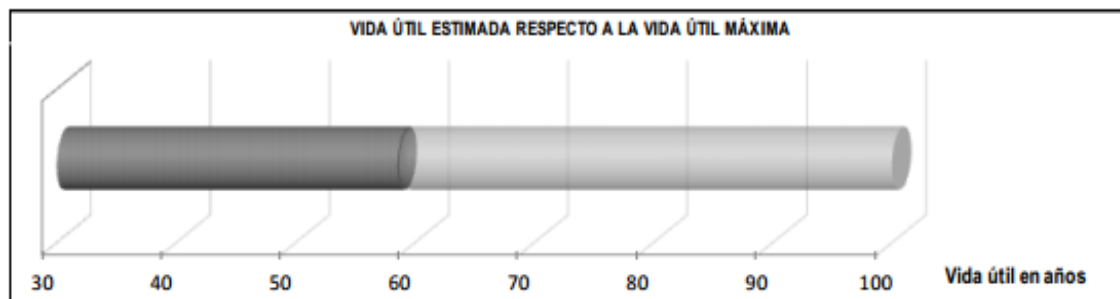
$VUE = VUR \times \text{Factor A} \times \text{Factor B} \times \text{Factor C} \times \text{Factor D} \times \text{Factor E} \times \text{Factor F} \times \text{Factor G}.$

Cuadro N°15: Ejemplo de Aplicación Método de los Factores

FACHADA CON REVESTIMIENTO CONTINUO				Vida útil de referencia V_R	
				81	
Factores				Valor asignado	
Factor E: Condiciones de exposición exterior	E.1 Clase de ambiente: Contaminación atmosférica	Ambiente marino o con polución industrial.	<input type="checkbox"/>	0,974	
		Medio urbano interior.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
		Medio rural interior sin polución.	<input type="checkbox"/>	1,030	
	E.2 Exposición a la radiación	Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona climática IV o V (según CTE DB H5) sin sombras arrojadas que la protegen las horas de mayor radiación en los meses de verano.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974	
		Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona I, II o III (según CTE DB H5). Fachada orientada a este, oeste o sur ubicada en zona climática IV o V (según CTE DB H5) con sombras arrojadas que la protegen las horas de mayor radiación en los meses de verano.	<input type="checkbox"/>	1,000	
	E.3 Frecuencia de exposición al agua de lluvia	Zona pluviométrica de promedios I ó II (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	0,974	
		Zona pluviométrica de promedios III ó IV (según CTE HS1).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
		Zona pluviométrica de promedios V (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	1,030	
	E.4 Grado de exposición al viento	Grado de exposición al viento V1 (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	0,974	
		Grado de exposición al viento V2 (según CTE HS1).	<input type="checkbox"/>	1,000	
		Grado de exposición al viento V3 (según CTE HS1).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,030	
	E.5 Condiciones previstas de puesta en obra	Posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o por encima de 30°C en la ejecución del revestimiento de fachada.	<input type="checkbox"/>	0,974	
		Escasa o ninguna posibilidad de temperaturas por debajo de 5°C o por encima de 30°C en la ejecución de la fachada.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,030	
	Factor E: Condiciones de exposición exteriores				1,03
	Factor A: Calidad de los componentes	A.1. Heladicidad de las piezas cerámicas	Ladrillo heladizo.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974
Ladrillo no heladizo.			<input type="checkbox"/>	1,000	
A.2 Contenido en sales solubles activas de las piezas cerámicas		Ladrillo de categoría S0 (Marcado CE).	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974	
		Ladrillo de categoría S1 (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,000	
A.3 Uso de morteros industriales		No uso de morteros industriales.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974	
		Uso de morteros industriales.	<input type="checkbox"/>	1,000	
A.4 Clase del mortero de juntas (no aplicable para morteros ligeros o de junta delgada)		Mortero de clase M1 o M2,5.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974	
		Mortero de clase M5 (siempre que la resistencia a la compresión de los ladrillos sea mayor de 0,75 la del mortero).	<input type="checkbox"/>	1,000	
		Mortero de clase M7,5 o superior (siempre que la resistencia a la compresión de los ladrillos sea mayor de 0,75 la del mortero).	<input type="checkbox"/>	1,030	
A.5 Permeabilidad al agua del mortero de revestimiento		Mortero de categoría W0 en absorción de agua (Marcado CE).	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974	
		Mortero de categoría W1 en absorción de agua (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,000	
		Mortero de categoría W2 en absorción de agua (Marcado CE).	<input type="checkbox"/>	1,030	
A.6 Tipo de mortero de revestimiento		Categoría CSI o CSII (UNE-EN 998-1:2010).	<input type="checkbox"/>	0,974	
		Categoría CSIII (UNE-EN 998-1:2010).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000	
		Categoría CSIV (UNE-EN 998-1:2010).	<input type="checkbox"/>	1,030	
A.7 Tipo de revestimiento	Revestimiento a base de pintura al aceite, a la cal o al cemento sobre mortero de cemento.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,974		
	Revestimiento a base de pinturas al silicato de potasio o plásticas sobre mortero de cemento.	<input type="checkbox"/>	1,000		
	Revestimiento a base de mortero monocapa.	<input type="checkbox"/>	1,030		
A.8 Tipo de acabado del revestimiento	Acabado liso.	<input type="checkbox"/>	0,974		
	Acabado raspado, texturizado u otros acabados rugosos.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000		
A.9 Resistencia a la oxidación de elementos metálicos	Elementos metálicos presentes en fachada sin protección.	<input type="checkbox"/>	0,974		
	Elementos metálicos presentes en fachada protegidos (acero galvanizado o aluminio anodizado o lacado).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000		
	Elementos metálicos presentes en fachada de acero inoxidable o inexistencia de elementos metálicos en fachada.	<input type="checkbox"/>	1,030		
Factor A: Calidad de los elementos				0,85	

Factor B: Nivel de diseño	B.1 Forma de la cubierta	Forma de la cubierta irregular con ángulos en esquinas diferentes a 90° con esquinas con ángulos de 90° pero de forma no cuadrada o rectangular.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Forma de la cubierta básicamente cuadrada o rectangular con todos los ángulos de las esquinas de 90° pero con algunas hendiduras o salientes.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Forma de la cubierta totalmente cuadrada o rectangular sin hendiduras ni salientes.	<input type="checkbox"/>	1,011
	B.2 Pendiente de la cubierta	Pendiente de la cubierta mayor de 1% y menor de 2%.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961
		Pendiente de la cubierta mayor de 2% y menor de 4%.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Pendiente de la cubierta mayor de 4% y menor de 5%.	<input type="checkbox"/>	1,011
	B.3 Definición de los detalles constructivos	No se definen en proyecto la mayoría de los siguientes detalles: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961
		Se definen en proyecto la mayoría de los siguientes detalles: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Se definen en proyecto todos los detalles siguientes: encuentros con sumideros, desagües o canalones, encuentros con petos, solución de impermeabilización sobre juntas de dilatación, solución de impermeabilización en anclajes y fijaciones, solución de impermeabilización en el paso de canalizaciones, chimeneas u otro elemento pasante y soluciones de impermeabilización en umbrales de puertas.	<input type="checkbox"/>	1,011
	B.4 Sistema de fijación de la impermeabilización	Sistema de fijación de la impermeabilización adherido.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Sistema de fijación de la impermeabilización semiadherido.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Sistema de fijación de la impermeabilización no adherido o flotante.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,011
	B.5 Sistema constructivo del peto de cubierta	Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por una sola hoja de ladrillo cerámico o sistema equivalente.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961
		Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por un muro capuchino ventilado de dos hojas de ladrillo cerámico eficazmente enlazadas o sistema	<input type="checkbox"/>	1,000
		Sistema constructivo del peto de cubierta constituido por un muro capuchino ventilado de dos hojas de ladrillo cerámico eficazmente enlazadas y reforzado con pilastras o sistema equivalente.	<input type="checkbox"/>	1,011
	B.6 Color de la protección	Oscuro.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Medio.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Claro.	<input type="checkbox"/>	1,011
Factor B: Nivel de diseño				0,90
Factor C: nivel calidad en la ejecución de las obras	C.1 Nivel de control en la ejecución de las obras	Control de ejecución de las obras inferior al establecido en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961
		Control de ejecución de las obras según se establece en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.	<input type="checkbox"/>	1,000
		Control de ejecución de las obras superior al que se establece en el Pliego general de condiciones técnicas en la edificación publicado por el Instituto Valenciano de la Edificación.	<input type="checkbox"/>	1,011
Factor C: Nivel calidad en la ejecución de las obras				0,96

Factor D: Condiciones interiores	D.1 Clase higrométrica	Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 1 ó 2 (Zonas de almacenamiento, oficinas o tiendas).	<input type="checkbox"/>	0,961
		Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 3 (viviendas de baja ocupación).	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Espacio bajo cubierta de clase higrométrica 4 o 5 (viviendas de alta ocupación, pabellones deportivos, cocinas, cantinas, edificios calefactados con estufas sin chimeneas de evacuación de humos, lavanderías, restaurantes, piscinas...etc).	<input type="checkbox"/>	1,011
		Factor D: Condiciones interiores		
Factor F: Condiciones de uso	F.1 Condiciones de acceso a la cubierta	Cubierta transitable para vehículos o para usos deportivos.	<input type="checkbox"/>	0,961
		Cubierta transitable para peatones o ajardinadas.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
		Cubierta no transitable o de acceso exclusivo para mantenimiento.	<input type="checkbox"/>	1,011
Factor F: Condiciones de uso			1,00	
Factor G: Nivel de mantenimiento	G1. Accesibilidad de las instalaciones húmedas	No existe una fácil accesibilidad para la inspección y reparación de aquellas instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta.	<input checked="" type="checkbox"/>	0,961
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta son parcialmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1,000
		Las instalaciones húmedas que al tener una fuga pudieran causar lesiones en la cubierta son totalmente registrables permitiendo una correcta inspección y	<input type="checkbox"/>	1,011
	G.2 Accesibilidad para el mantenimiento	No se disponen elementos fijos para acceder a la cubierta .	<input type="checkbox"/>	0,961
		Se disponen elementos fijos para acceder a la cubierta.	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
	G3. Nivel de profundización del plan de mantenimiento	Elaboración de un plan de mantenimiento estableciendo operaciones de mantenimiento genéricas .	<input checked="" type="checkbox"/>	1,000
Elaboración de un plan de mantenimiento exhaustivo y riguroso estableciendo operaciones de mantenimiento específicas para los elementos constructivos y materiales constituyentes del edificio.		<input type="checkbox"/>	1,011	
VIDA ÚTIL ESTIMADA= factor A x factor B x factor C x factor E x factor F x factor G x Vida útil de referencia				59
VIDA ÚTIL ESTIMADA MÍNIMA				28
VIDA ÚTIL ESTIMADA MÁXIMA				100



Fuente: Ortega, L. M. 2012; Propuesta Metodológica ISO- 15686

2.10. Selección del método a emplear para estimar la vida útil del monoblock de combustión interna por compresión

2.10.1. Conclusión del método determinista

Los métodos deterministas, es decir, aquellos que se basan en el estudio de los factores que influyen en la degradación de los componentes y en su determinación traducida en funciones de degradación, han demostrado ser, en base a los

diferentes estudios llevados a cabo, una simplificación práctica excesiva de fenómenos complejos, como son los fenómenos de degradación. Los modelos deterministas de durabilidad no tienen en cuenta la dispersión de la degradación, del rendimiento o de la vida útil, es decir, con valores conocidos de los parámetros, el modelo abarca sólo un valor, que es a menudo el valor medio. Debido a esto, en muchos casos, la información obtenida por los modelos deterministas no es suficiente para evaluar el riesgo de no llegar a la vida útil objetivo. Ciertamente es que estos métodos presentan una gran ventaja de cara a su aplicación, son fáciles de entender, pero en muchos casos, la información obtenida por los modelos no es suficiente para evaluar el riesgo de no llegar a la vida útil objetivo.

Debido a estas razones, este tipo de métodos pueden ser utilizados como una aproximación a la materia hasta que los métodos probabilísticos, métodos de ingeniería, método de lógica difusa, método redes neuronales artificiales alcancen un nivel de desarrollo suficiente en relación a los diferentes elementos constructivos, pero se deberá tener en cuenta la predicción de la vida útil resultado de este tipo de métodos no es suficiente para evaluar el riesgo de no llegar a la vida útil objetivo.

Ahora bien, cierto es que pese a que el valor obtenido en sí mismo pueda no ser exacto, los valores calculados con el mismo método podrán ser comparables entre sí, pudiendo establecer escalas de durabilidad para diferentes componentes.

2.10.2. Conclusión del método probabilísticos

En comparación con los métodos deterministas, los métodos probabilísticos consideran la degradación como un proceso estocástico, donde se define la probabilidad de deterioro para cada propiedad durante un período de tiempo. Estos métodos se han empleado con éxito para predecir el comportamiento de diferentes componentes. Sin embargo el método requiere un gran número de componentes similares sometidos a las mismas condiciones de esfuerzos, condiciones de operación, cambio de temperaturas, un requisito que no se suele cumplir con frecuencia en el sector de los equipos electromecánico. A su vez el método requiere de modelos matemáticos complejos, lo que lo convierte en un método de difícil aplicación como método general

de predicción de la vida útil. Sin embargo este tipo de métodos sirven para mejorar comprensión de los fenómenos físicos de degradación y deben ser utilizados para complementar la experiencia, condiciones de operación, conocimiento de los materiales que están fabricados los componentes.

2.10.3. Conclusión del método de ingeniería

Los métodos de ingeniería, puede definirse como métodos de fácil aplicación, igual que en los métodos probabilísticos, describen los procesos de degradación de una forma probabilística, lo que conlleva todas las desventajas del enfoque probabilista. Este tipo de método aún no ha llegado a un nivel de desarrollo suficiente para su estandarización como método general en la predicción de la vida útil. Sin embargo, no se descarta que haya adelantos futuros que puedan suponer un cambio en el enfoque de los métodos de predicción de la vida útil de los equipos, sistemas, componentes en una aplicación a nivel de normativa internacional.

Mediante el uso de metodologías simples y claramente comprensibles, menos errores se producen en la aplicación y mejores serán los resultados. Por lo tanto, los métodos de ingeniería pueden ser aplicados por el ingeniero simple, obtener resultados tan buenos como el recurso a modelos probabilísticos sofisticados. Sin embargo, su aplicación es relativamente nueva y sus efectos y resultados en la predicción de la vida aún no están plenamente explotadas y bien conocida.

2.10.4. Conclusión del método de lógica difusa

Como podemos concluir la aplicación de la inteligencia artificial en la estimación de vida útil de un componente o sistema electromecánico, a través de esta metodología de la lógica difusa falta investigaciones definidas, por consiguiente en el área de la ingeniería electromecánica no está definida como conocimientos de la especialidad. Esta metodología de suma importancia debe ser difundida en las áreas de investigación para estimar la vida útil de los activos.

La estimación de vida útil a través de la lógica difusa podemos definir sus ventajas y desventajas:

Ventajas de la lógica difusa:

- Se requieren menos reglas que los sistemas expertos.
- Modo de funcionamiento es similar al comportamiento humano
- No necesita conocer el modelo matemático que rige su comportamiento

Desventajas de la lógica difusa:

- Ante un problema que tiene solución mediante un modelo matemático, obtenemos peores resultados usando Lógica Difusa.
- Múltiples definiciones de operadores y reglas de inferencia difusas.
- Dificultad de interpretación de valores difusos (semántica no clara).
- Expertos de dominio necesarias para desarrollar normas.
- En un sistema de detección de fallas es difícil de definir una función y una regla confiable sin la participación y modificaciones previas de un experto humano

2.10.5. Conclusión método de redes neuronales artificiales

Esta Metodología demuestra un potencial real para aplicaciones prácticas, sin embargo, requieren un esfuerzo considerable de investigación en la búsqueda de mejoras y actualizaciones frecuentes para la introducción de datos precisos.

Cuando se requiere la estimación óptima exacta de la vida útil estimada entonces se utilizan modelos RNA para predecir. Este tipo de modelos pueden manejar gran cantidad de datos ruidosos, numéricos y temporales. Estos modelos son los más adecuados cuando el modelo físico, estadístico no es conocido o poco práctico para aplicar.

Este método es adecuado sólo para la investigación o el uso específico de proyectos singulares y únicos, lo se requiere es una metodología normalizada de predicción global vida útil y ajustable a cualquier sistema, componentes de equipos insertados en cualquier contexto

Ventajas: Los sistemas complejos, multidimensionales y no lineales pueden ser modelados. Comprensión física de la modelación, no requiere el comportamiento del sistema.

Limitaciones: Requiere una cantidad significativa de datos representativos y de gran variabilidad para la obtención de la vida útil estimada en tiempo real.

Tecnología en la especialidad de ingeniería de reciente aplicación en estimación de vida útil, donde todavía resulta desconocida y compleja.

2.10.6. Conclusión método físicos

Esta metodología propuesta demuestra un potencial real para aplicaciones prácticas sencillas, esta metodología demuestra una simulación en laboratorio del modelo o prototipo, que en caso de componentes sencillos es fácil de estimar la vida útil, como por ejemplo la duración de un rodamiento con una aplicación de carga axial o combinada, nos dará exactamente su vida útil remanente.

Sn embargo, antes de establecer una sentencia final sobre la validez o exactitud de predicción para unas aplicaciones en general es necesario examinar una serie general de factores que influyen sobre la vida útil del componente como son propiedades mecánicas de los materiales, los esfuerzos a que serán sometidos en la práctica de operación normal, condiciones del medio ambiente etc. Esto método determina la complejibilidad cuando los componentes tienen otras funciones o conllevan otras funciones con otros componentes, además que para cada componente se tendrá que realizar diseñar su dispositivo de simulación y su instrumentación y los protocolos de pruebas y toma de datos.

2.10.7. Conclusión método de los factores

Los métodos de los factores es un método determinista , que se basan en el estudio de los factores que influyen en la degradación de los componentes y en su determinación traducida en funciones de degradación, han demostrado ser , en

base a los diferentes estudios llevados a cabo, una simplificación práctica. El método factorial podría ser hasta la fecha una propuesta práctica con mayor aceptación de los interesados para estimación de vida útil con el objetivo de determinar una adecuada gestión de mantenimiento, una reingeniería o la durabilidad del componente.

Ventajas del método factorial:

- Forma sencilla y práctica de aplicación.
- Alta funcionabilidad
- Definición de los factores de degradación en la durabilidad del componente.
- Tomar decisiones sobre el componente evaluado.
- Aplicabilidad de funciones de densidad de probabilidad par los factores.
- Aplicación de técnicas de ingeniería confiables, sistemáticamente y fácilmente.

Desventajas del método factorial:

- No tome en cuenta la incertidumbre.
- Usando sólo operaciones de multiplicación, así como para relacionar los factores.
- Dependencia de la precisión de los datos de entrada.

2.10.8. Selección del método a emplear

El método seleccionado es el Método de los Factores por el siguiente análisis:

De las metodologías de predicción de vida de sistemas o componentes de electromecánicos en temas de investigación para cada caso específico no existe ninguno método normalizado. Sin embargo, los documentos publicados en estos estudios abordan esencialmente una base teórica de las metodologías y no son descriptivos para aplicaciones prácticas.

Tras haber analizado los diferentes enfoques que actualmente se emplean en materia de predicción de la vida útil de equipos, sistemas o componentes electromecánicos se

establece que la propuesta metodológica objetivo de esta tesis para la predicción de la vida útil, se basará en un enfoque determinista, concretamente se utilizará el método de los factores publicado en la norma ISO 15686 -1 (ISO 2011) adaptado al componente monoblock e combustión interna diesel. Tal como se explica en los párrafos anteriores, este tipo de métodos pueden ser utilizados como una aproximación a la materia hasta que los métodos probabilísticos, métodos de ingeniería, métodos de lógica difusa, método de redes neuronales artificiales, método físicos alcancen un nivel de desarrollo suficiente en relación a los diferentes equipos, sistemas y sus componentes, pero se deberá tener en cuenta la predicción de la vida útil resultado de este tipo de métodos no es suficiente para evaluar el riesgo de no llegar a la vida útil objetivo. Hay que destacar que pese a que el valor obtenido en sí mismo pueda no ser exacto, los valores calculados con el mismo método podrán ser comparables entre sí, pudiendo establecer escalas de durabilidad para diferentes componentes.

Asimismo, la determinación de los factores que afectan a la degradación de los componentes y su ponderación puede ayudar al ingeniero, en la parte técnica en la toma de decisiones de bien, pudiendo conocer de antemano que combinación de gestión de mantenimiento, reingeniería puede prolongar la durabilidad de su componente de análisis. Los valores obtenidos mediante este método también pueden ser utilizados como valores orientativos en los cálculos de Análisis del Ciclo de Vida, campo de estudio en el que los valores de durabilidad no tienen el objetivo de evaluar el riesgo de no llegar a la vida útil objetivo sino que necesita valores orientativos de cara a evaluar los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia.

III.- PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

3.1. Técnicas e instrumentos

3.1.1. Técnicas

Las técnicas que se utilizarán en el desarrollo del presente trabajo de investigación son:

- Observación.
- Entrevista.
- Cuestionarios.
- Analítica

3.1.2. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizarán en el desarrollo del presente trabajo de investigación son:

- El registro de observación.
- El cuaderno de notas.
- La cámara fotográfica.
- La grabadora.
- La filmadora.
- El ordenador personal

3.2. Estructuras de los instrumentos

Los instrumentos de investigación que se elaboran están diseñados para la recopilación de los datos que sirven no solo de sustento para la construcción de una base de datos, sino también como información de primera mano para el procedimiento de la metodología para la estimación de la vida útil del monoblock.

Con la aplicación de los instrumentos, se obtendrá la información suficiente para la creación de una base de datos que sustente el análisis para realizar el proyecto de investigación indicado.

3.3. Campo de verificación

3.3.1. Ámbito

El ámbito de la investigación lo constituye el área de gestión de bienes para la determinación y evaluación de la vida útil de una monoblock a través de un procedimiento adecuado y verificable.

3.3.2. Temporalidad

Se trata de una investigación de índole descriptiva y cualitativa en donde se partirá de la situación actual del bien y con una base histórica de datos de vida útil determinaremos por afectación de una serie de factores claramente determinaos evaluados cuantificados y corroborados a través de la metodología propuesta donde la realizaremos desde agosto 2014 hasta enero 2015, periodo en el cual se desarrollarán las actividades de investigación.

3.3.3. Unidad de estudio

a. Universo

Debido al crecimiento económico que se viene presentando en nuestro país, es que se han creado una gran cantidad de empresas productoras de bienes y servicios. Dichas empresas comienzan a darse cuenta de la importancia que tiene estos bienes por lo tanto es de suma importancia cuantificar su vida útil para tomar adecuadas decisiones en costos de operación y manutención.

Los monoblock presentes en los equipos son corazón principal de las máquinas, están presentes en todo el mundo cada año se producen más e allí la importancia para estimar su vida útil de estos componentes de los equipos.

b. Muestra

El trabajo de investigación pertenece al área de gestión de equipos por consiguiente se realizará en las diferentes empresas como Egasa, Supermix, Cruz del Sur, Tisur; Centro Minero Cerro Verde, Centro Minero Tintaya otras empresas de la Región Arequipa.

3.4. Estrategia de recolección de datos

Con el fin de recopilar los datos sobre la situación existente, haremos uso de:

- **Revisión documental:** Por medio de la cual se puede recopilar información necesaria de informes, manuales, historiales, prácticas operativas, entre otros, para la realización de la investigación.
- **Observación directa:** La que ayuda a determinar cuáles son las máquinas críticas que pertenecen al área de producción de la empresa a las que se les va a realizar el estudio.
- **Entrevistas y cuestionarios:** Estas se aplican al personal que labora en el área de producción de las empresas y que a su vez tiene a cargo las labores de mantenimiento. De esta manera se puede recopilar mayor información acerca de los equipos, el mantenimiento que se hace en la planta, su planificación, estado de los equipos, selecciones de los mismos, entre otros, gracias a la experiencia de estas personas.

3.5. Recursos necesarios

3.5.1. Humanos

- Investigador.
- Asesoramiento y entrevista a personas especialistas.
- Encuestas a personal de empresas de la especialidad.

3.5.2. Materiales

- Material bibliográfico.
- Ordenador personal.
- Software: Microsoft Word, Microsoft Excel.
- Memoria USB.
- Internet.
- Historia de máquinas

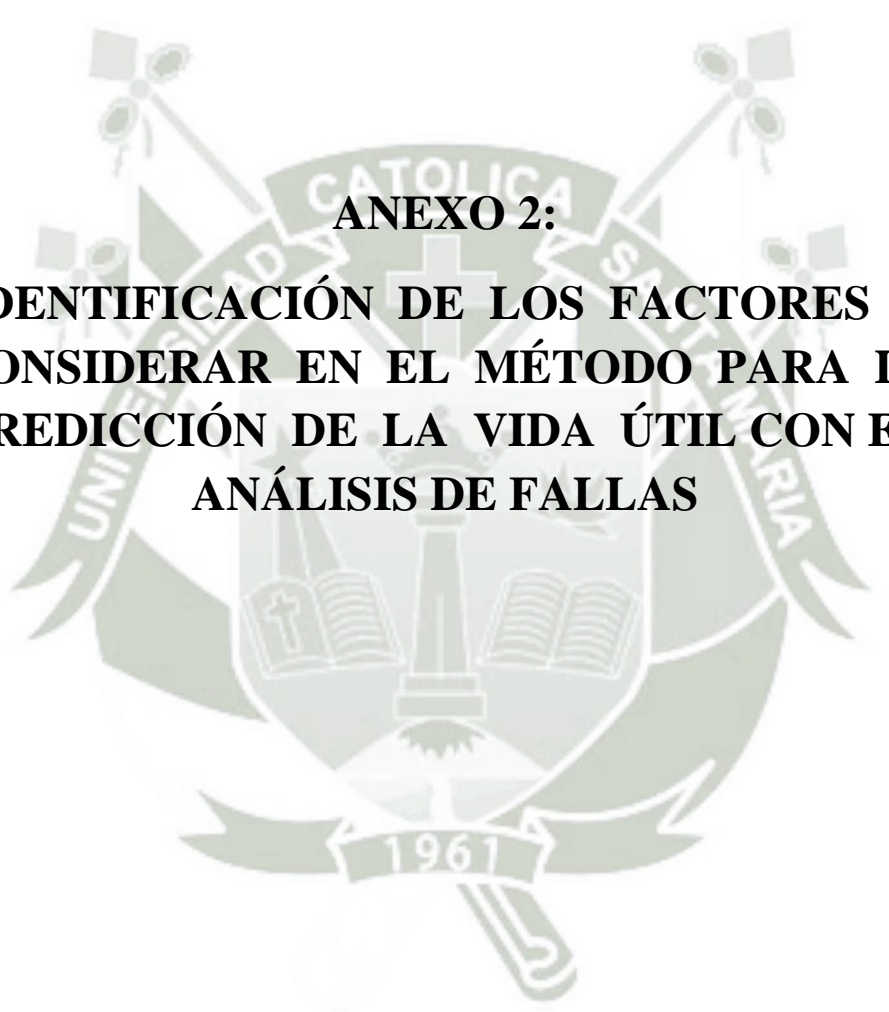
3.5.3. Financieros

La investigación será financiada con recursos propios.

3.6. Cronograma

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	TIEMPO																											
	Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Selección del Tema	■																											
Elaboración del Perfil	■	■	■	■																								
Presentación del Perfil					■																							
Procesamiento de Datos					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Elaboración y Presentación de Trabajo Final														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Correcciones del Trabajo Final																												
Exposición del Informe Final																												■



ANEXO 2:
**IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES A
CONSIDERAR EN EL MÉTODO PARA LA
PREDICCIÓN DE LA VIDA ÚTIL CON EL
ANÁLISIS DE FALLAS**

MONOBLOCK

CORROSIÓN Y OXIDACIÓN DEL MONOBLOCK

Descripción: Los procesos de corrosión y oxidación conllevan la transformación molecular y la pérdida de material en la superficie de los metales. En general se agrupan las dos acciones por ser simultáneas y/o sucesivas. La oxidación consiste en la transformación en óxido de la superficie de los metales en contacto con el oxígeno. La corrosión consiste en la pérdida progresiva de partículas de la superficie del metal como consecuencia de la aparición de una pila electroquímica, en presencia de un electrolito, en la que el metal en cuestión actúa de ánodo, perdiendo electrones a favor del polo positivo (cátodo), electrones que acaban deshaciendo moléculas, lo que se materializa en la pérdida del material.



Síntomas Corrosión y/o oxidación de la superficie de los elementos metálicos son vistos a simple vista por su color y degradación superficial que se produce paulatinamente, en casos con manchas y en toda la superficie con un color café claro.



Causas más comunes

- Falta de protección en metales de fácil oxidación como es el hierro.
- Corrosión por pila electroquímica en presencia de un electrolito en solución debido a la presencia de polvo y/o suciedad y con un determinado grado de humedad en el aire sumado a una pérdida de protección del elemento.
- Par galvánico por la proximidad de dos metales diferentes.
- Aireación diferencial que facilita la formación de un par electrolítico al aparecer zonas con humedad continuada, adyacentes a otras más fáciles de secarse, sumado a la pérdida o inexistencia de protección.
- Corrosión por inmersión debido a la aparición de hidróxido que se disuelve en
- función del pH del agua, perdiéndose material.

Prevención en el monoblock

- Utilización de metales o aleaciones metálicas resistentes a la corrosión en el medio correspondiente.
- Protecciones antioxidantes y anticorrosivas de los elementos metálicos. Aunque su materialización se lleva a cabo durante la ejecución, sin embargo su descripción debe contenerse estar contenida en el proyecto.
- Empleo de soluciones constructivas que impidan, en lo posible, la formación de pilas de corrosión, evitando la acumulación de humedad en superficies horizontales, recovecos, etc.

Factores que influyen en la aparición y/o avance de la falla

- Contaminación atmosférica.
- Reducción de dimensiones de una sección. ‰
- Pérdida de material en el espesor de un elemento.
- El agua interior que lleva el monoblock para enfriamiento del motor.
- Resistencia a la oxidación de elementos metálicos.
- Agua tratada con aditivos anticorrosivos
- Nivel de mantenimiento.

Factores que influyen en su durabilidad

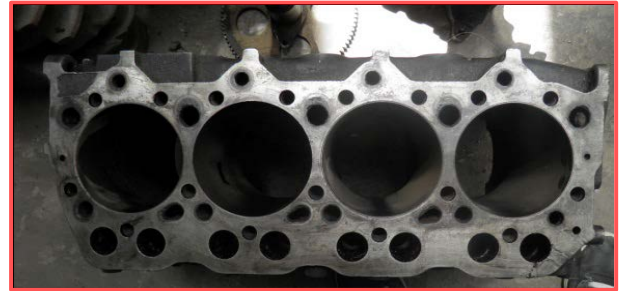
- Resistencia a la oxidación del material del monoblock.
- Nivel de mantenimiento.



MONOBLOCK

DESGASTE DE LOS CILINDROS O CAMISAS DEL MONOBLOCK

Descripción: Desgaste o pérdida de material superficial producida por fricción mecánica o abrasivo, que provoca su desaparición progresiva, siendo el resultado dependiente de las propiedades internas de los materiales y de la intensidad de dichos agentes externos.



Disgregación se produce cuando el material pierde cohesión interna, de forma que el material se desprende de forma natural o con un esfuerzo mínimo. Su presencia es claramente visible, pues, al perder masa, viene acompañada de un desnivel en la superficie del elemento.



DESGASTE

Síntomas: Falta de material en el monoblock.

Causas más comunes

- Fricción constante entre el monoblock y el conjunto de pistones.
- Falta de lubricación, desgaste acelerado.
- Falta de refrigerante causa de fricción agresiva.
- Erosión química

Prevención en proyecto

- La elección de los materiales adecuados, para mayor dureza y antifricción.
- Incorporación de elementos de protección de las zonas más susceptible de padecer erosión.
- Selección correcta de lubricación y de lubricante.
- Adecuado nivel de mantenimiento en cambios de partes.
- Diseño correcto y tipo de materiales utilizados.
- Prevención de desgaste prematuro con una política correcta de manutención

Factores que influyen en la aparición y/o avance de la falla

- Contaminación atmosférica.
- Mala operación del motor.
- Paradas y arrancadas del motor muy frecuentes.
- Mala selección del tipo de material.
- Mala gestión en la manutención del monoblock

MONOBLOCK

MEDIO AMBIENTE O EXTERNO DONDE OPERA – FRACTURA FRAGIL DEL MONOBLOCK

Descripción: Podemos apreciar que uno de los factores agresivos es donde opera el equipo, lo cual indica los esfuerzos adicionales que debe vencer el equipo para realizar las operaciones de trabajo por el medio que lo rodea, donde por mas mantenimiento realizado los agentes agresivos como el polvo que ingresa al interior del motor ocasionando fricción entre los elementos actuantes, por ello todos los materiales, en mayor o en menor grado tienen defectos como la mecánica de fractura.



La fractura rápida se produce por la iniciación de concentración de esfuerzos, defectos de soldadura, una grieta de corrosión con esfuerzo o una muesca de diseño tal como una esquina aguda, roscas, orificios o similares.



Fractura del monoblock

La fractura rápida es perpendicular al esfuerzo de tensión por lo que la dirección de tensión que causó la ocurrencia de la fractura se puede identificar fácilmente. Presencia de marcas características en la superficie de fractura que señalan el sitio en el cual se originó.

Síntomas: Falta de material en el monoblock.

Causas más comunes

- Medio donde opera el equipo
- Concentración de esfuerzos
- Fricción constante entre el monoblock y el conjunto de pistones.
- Falta de lubricación, desgaste acelerado.
- Mala operación del operador.
- Material utilizado que es

Prevención en proyecto

- La elección de los materiales adecuados, para mayor dureza y antifricción.
- Capacitación permanente del operador.
- Selección correcta de lubricación y de lubricante.
- Adecuado nivel de mantenimiento.
- Selección del motor con mayor potencia.

Factores que influyen en la aparición y/o avance de la falla

- Medio donde opera el equipo
 - Contaminación atmosférica.
 - Mala operación del operador.
 - Paradas y arrancadas del motor muy frecuentes.
 - Mala selección del tipo de material.
 - Mala gestión en la manutención del monoblock
-



MONOBLOCK

FRACTURA MONOBLOCK ESTACIONARIO – CONFIABILIDAD

Descripción: El motor generador CAT modelo 3516B queda inoperativo por fallas de grietas mixta dúctil – frágil, denominado falla creep vinculados con temperaturas moderadas y elevadas.

El creep tiende inevitablemente a la rotura debido a la reducción de sección transversal que siempre acompaña a la elongación, la fractura puede tener lugar de diversas maneras a altas tensiones y temperaturas moderadas, se desenvuelve como la rotura por tracción simple. A altas temperaturas o largos períodos de carga, los metales pueden fracturarse con muy poca deformación plástica. En tales casos el mecanismo de rotación de granos mencionado anteriormente, se transforma en importante, a tensiones bajas que actúan por largo tiempo la deformación es a veces casi insignificante, y la fractura tiende a ser de carácter frágil.

Al aumentar la temperatura de un metal o aleación disminuyen tanto su resistencia, como su vida de fatiga., existen dos mecanismos de falla relacionados con la temperatura; termo fluencia y fatiga térmica. Si la carga es constante se producirá una deformación dúctil y el material terminará fallando por termo fluencia. Esta expansión no uniforme introduce esfuerzos dentro del material y cuando el material se enfría y se contrae se introducen esfuerzos opuestos y como consecuencia de los esfuerzos y deformaciones inducidos térmicamente el material fallará por fatiga



Síntomas: Fisuras en el monoblock.

Causas más comunes

- Concentración de tensiones, cambios abruptos de sección.
 - Temperaturas elevadas en la operación.
 - Falta de confiabilidad en los materiales de fabricación.
 - Diseño mal concebido para esfuerzos ciclos.
 - Diseño mal concebido para esfuerzos ciclos térmicos
 - Falta de refrigerante causa de fricción agresiva.
-

Prevención en proyecto

- La elección de las aleaciones adecuadas en el proceso de fundición.
- Detalles del diseño por concentración de esfuerzos.
- Material no adecuado para esfuerzos térmicos para un monoblock de trabajo continuo.
- Factor de seguridad adecuado para soportar los esfuerzos ciclos.
- Diseño adecuado para una refrigeración eficiente.
- Selección correcta de lubricación y de lubricante.
- Adecuado nivel de mantenimiento en cambios de partes.

Factores que influyen en la aparición y/o avance de la falla

- Chequeo de las temperaturas de operación.
 - Sobrecargas de energía la operación.
 - Paradas y arrancadas del motor muy frecuentes.
 - Mala selección del tipo de aleación como material.
-



MONOBLOCK**APARIENCIA FISICA O ESTADO – FRACTURA TERMICA DEL MONOBLOCK**

Descripción: El motor generador CAT modelo 3116 queda inoperativo por fallas de fisuras longitudinales en el interior del monoblock vinculadas con temperaturas moderadas y elevadas.

Al aumentar la temperatura de un metal o aleación disminuyen tanto su resistencia, como su vida de fatiga. Existen dos mecanismos de falla relacionados con la temperatura; termo fluencia y fatiga térmica. Si por otra parte, los cambios cíclicos de temperatura favorecen la falla por fatiga térmica, cuando el material se calienta de manera no uniforme, algunas partes de la estructura se dilatarán más que otras.

Cuando se aumenta la temperatura de un material, tanto el límite de fluencia como el de rotura descienden. El material se hace mucho más dúctil, menos resistente; esto es general para todos los metales. En el caso de los aceros, la termo fluencia aparece a 600°C. Este fenómeno tiende inevitablemente a la rotura debido a la reducción de

sección transversal que siempre acompaña a la elongación. La fractura puede tener lugar de diversos modos. A altas tensiones y temperaturas moderadas, se desenvuelve como la rotura por tracción simple. A mayores temperaturas o tiempos más largos, los metales dúctiles comienzan a perder su capacidad para endurecerse por deformación: tiene lugar el comportamiento denominado acción térmica. Si la deformación es grande, la rotura sigue siendo dúctil.



Síntomas: Fractura en el interior del monoblock.

Causas más comunes

- Fricción constante entre el monoblock y el conjunto de pistones.
 - Temperaturas elevadas produce la termo fluencia.
 - Falta de refrigeración adecuada.
 - Esfuerzos localizados transversales por aumento de temperatura.
-


Prevención en proyecto

- La elección de los materiales adecuados, para mayor dureza y antifricción.
 - La elección de los materiales adecuados, para shocks térmicos y fatiga.
 - Selección correcta de lubricación y de lubricante.
 - Adecuado nivel de mantenimiento cambios de partes.
 - Diseño correcto y tipo de materiales utilizados.
 - Prevención de desgaste prematuro con una política correcta de manutención
-

Factores que influyen en la aparición y/o avance de la falla

- Falta de una adecuada refrigeración.
 - Paradas y arrancadas del motor muy frecuentes.
 - Mala selección del tipo de material.
 - Mala gestión en la manutención del monoblock
-





**ANEXO 3:
APLICACIÓN DEL MÉTODO DELPHI PARA
SELECCIÓN DE LOS FACTORES PARA EL
MONOBLOCK DE COMBUSTIÓN INTERNA POR
COMPRESIÓN**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
UNIDAD DE POSTGRADO
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Nombre de la Empresa:

Jefe de Mantenimiento:

CUESTIONARIO

**METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA VIDA ÚTIL DE UN MONOBLOCK DE
COMBUSTIÓN INTERNA DIESEL**

1. Objetivo:

La estimación de la vida útil de equipos, sistemas o componentes es de sumo de interés en todo tipo de empresas por dos motivos principales:

- Tener conocimiento cuánto de tiempo le queda al activo antes de ser dado bajo o en otros términos quedar inutilizable como bien productivo.
- Tener conocimiento cuanto le queda de tiempo para tomar decisiones de realizarle un plan de mantenimiento adecuado para prolongarle su vida útil.

2. Vida Útil Estimada:

La vida útil estimada de un activo fijo esta medida por dos factores: una es el periodo de tiempo, durante el cual la empresa espera utilizar el activo; y la otra es el número de unidades de producción o similares que se espera obtener.

Determinar la estimación de la vida útil de un activo fijo es un asunto de criterio de la Gerencia basado en la experiencia de la empresa con activos similares.

La base de medición de la Vida útil es:

- a. Tiempo: Se mide en días, meses, años.
- b. Trabajo: Se mide en unidades de producción.

3. Metodología Propuesta:

La formulación matemática es la siguiente:

$$VUE = VUR \times \text{Factor A} \times \text{Factor B} \times \text{Factor C} \times \text{Factor D} \times \text{Factor E} \times \text{Factor F}$$

Dónde:

VUE= Vida Útil Estimada o Remanente

VUR= Vida Útil de Referencia

- Factor A:
- Factor B:
- Factor C:
- Factor D:
- Factor E:
- Factor F:

Tabla: Evaluación de los Factores Propuestos

Escala de calificación de 0 – 10: Cero indica nula incidencia del factor y diez incidencias totales del factor propuesto.

Nº Factor propuesto	Nombre de los factores propuestos	Calificación de incidencia 0 - 10
1	Nivel de diseño	
2	Condiciones de uso	
3	Nivel de mantenimiento	
4	Calidad del material	
5	Obsolescencia tecnológica	
6	Obsolescencia comercial	
7	Apariencia física o estado	
8	Confiabilidad	
9	Disponibilidad	
10	Corrosión	
11	Medio ambiente o externo donde opera	
12	Obsolescencia programada	
13	Desgaste	



GLOSARIO

Se expone a continuación la terminología contenida en la ISO 15686 Parte 1 [ISO 2000], cambiada solo los términos civiles en términos mecánicos:

- **Vida Útil:** Periodo de tiempo desde que se fabrica un activo hasta que éste o alguna de sus partes deja de ser adecuado para el uso al que está destinado.
- **Vida Útil de Referencia:** Vida útil que se espera de un activo o alguna de sus componentes en unas determinadas condiciones de uso.
- **Vida Útil Estimada:** Vida útil que se espera de un activo o alguna de sus componentes en unas determinadas condiciones de uso calculada, corrigiendo por los factores la vida útil de referencia en términos de materiales, proyecto, condiciones ambientales, uso y mantenimiento.
- **Vida de Diseño:** Vida útil esperada por el proyectista.
- **Vida Útil Prevista:** Vida útil prevista teniendo en cuenta un estudio en el tiempo
- **Vida Útil Pronosticada:** Vida útil basada tanto en la vida útil prevista como en la vida útil estimada.
- **Planificación de la Vida útil:** Diseño del activo y todas sus componentes con el objetivo de conseguir la vida útil deseada.
- **Vida Útil Residual:** Lo que a un activo o alguna de sus partes le queda de vida útil en un determinado momento.
- **Ensayos de Envejecimiento:** Combinación de diferentes condiciones de exposición y evaluación del rendimiento del componente evaluado para hallar los cambios que se producen en las propiedades críticas con el propósito de la predicción de la vida útil.
- **Agentes Degradantes:** Cualquier cosa que afecte negativamente al comportamiento del activo o alguna de sus partes.
- **Mecanismos de Degradación:** Procesos químicos, mecánicos o físicos que conducen a cambios adversos en una propiedad fundamental de un componente.
- **Degradación:** Cambios a lo largo del tiempo en la composición, microestructura y propiedades de un componente o material que reduce su rendimiento.
- **Durabilidad:** Capacidad de los activos o alguna de sus partes para desenvolver el papel para el cual fueron diseñados durante un periodo específico bajo

la influencia de determinados agentes. La durabilidad no es una propiedad inherente de un material o componente.

- **Envejecimiento:** Degradación debido a la influencia de agentes que afectan a su comportamiento durante un largo periodo de tiempo.
- **Fallo:** Pérdida de la capacidad de un activo o alguna de sus partes de llevar a cabo una función específica.
- **Rendimiento:** Nivel cualitativo de una propiedad fundamental en cualquier momento del tiempo.
- **Reparación:** Devolver al activo o a alguna de sus partes a unas condiciones aceptables con la renovación, reposición o corrección de las partes dañadas o degradadas.
- **Mantenimiento:** Combinación de acciones técnicas y administrativas durante la vida útil para mantener al activo o a alguna de sus partes en un estado en el que pueda desarrollar la función que le es establecida.
- **Rehabilitación:** Modificaciones y mejoras de un activo existente o alguna de sus partes para continuar con unas condiciones aceptables.
- **Restauración:** acciones orientadas a devolver a una pieza su apariencia original.
- **Costo del Ciclo de Vida:** Coste total de un activo o alguna de sus partes durante su vida útil, incluyendo los costos de proyecto, adquisición, construcción, operación, mantenimiento y dado de baja.