

MANTENIMIENTO CENTRALIZADO EN LA CONFIABILIDAD.

La segunda mitad del siglo XX trajo consigo un incremento en la automatización y robotización de las líneas de producción, tanto del modo de manufactura como del modo de procesos continuos, en algunos casos el modo de servicios se vieron también inmersos en tal avance tecnológico.

Esto se nota en una proliferación de nuevos sistemas y productos con nuevas características, precios más bajos. Una calidad con un grado de exigencia tal para cumplir con los altos estándares del cliente.

Por otro lado también se requirieron, ciclos de producción más cortos, aumentos de subcontrataciones especializadas, nuevos ambientes, nuevos niveles de precisión, miniaturización y otros avances tecnológicos.

Estos cambios contribuyeron de gran manera a que la industria diseñara nuevos métodos de trabajo. Confiando inclusive en el trabajador para lograr el bienestar humano y la calidad.

Los cambios afectaron también notablemente la relación entre el precio de venta y el costo de producción, involucrando inclusive el costo de mantener el sistema o producto.

Con relación al mantenimiento y las líneas de fabricación se vieron también inmersas en estas exigencias de modernización y avance.

Una respuesta principal que se ha dado a estas causas y necesidades son las ideas de cuantificar la Confiabilidad de la maquinaria, equipos e instalaciones, este hecho ha dado como resultado el diseño de una nueva técnica llamada Mantenimiento Centralizado en la Confiabilidad. (RCM).

Para comprender estos términos, basta con saber que. La confiabilidad; se refiere a la probabilidad de que un sistema o componente, pueda funcionar correctamente fuera de falla, por un tiempo específico. Más sencillamente, Confiabilidad es la probabilidad de que un sistema o producto funcione.

Para los sistemas y productos de un solo servicio, (como un misil o los motores de un cohete de combustible sólido), la definición se reduce a la probabilidad de funcionar en las condiciones previstas.

Para encontrar la confiabilidad de maquinaria y equipos se requiere conocer los parámetros de diseño y de actuación, y procesarlos en distintos ambientes.

Una segunda respuesta importante es planificar una serie de tareas que deben asignarse a todos los departamentos asociadas con el uso de las facilidades instaladas y su mantenimiento. En la actualidad en producción no solo se operan los equipos, también se asocian tareas de mantenimiento. Incluyendo revisiones periódicas a maquinaria y equipos de alta confiabilidad.

Este proceso proporciona la nueva información, la cual se usa en el desarrollo de sistemas. (Maquinaria, equipos y productos).

La planificación de la confiabilidad exige la comprensión de las definiciones fundamentales.

1. Cuantificación de la confiabilidad en terminos de probabilidad.
2. Clara definición de lo que es un buen funcionamiento.
3. Del ambiente en que el equipo ha de funcionar.
4. Del tiempo requerido de funcionamiento entre fallos.

Si no es así, la probabilidad es un número carente de significado para los sistemas y productos destinados a funcionar a lo largo del tiempo.

Aquí hemos tratado dos conceptos que son: la cuantificación y probabilidad de la confiabilidad. (También existen conceptos paralelos para mantenibilidad).

En un proceso de calidad se sabe que: se puede alcanzar la calidad manteniendo dentro de los límites de control y especificación el comportamiento de una variedad de; parámetros, características y tolerancias. (Cuantificación de la calidad).

De forma análoga. En mantenibilidad los fallos en los equipos en el lugar de utilización seguirán ocurriendo, por lo que hay que arbitrar medios que permitan restaurar el servicio y que ha sido objeto de mucha atención por parte de fabricantes y usuarios, la cuantificación de la mantenibilidad se ha hecho una realidad con la creación de dos nuevos parámetros:

1. Un parámetro de tiempo, para expresar el tiempo necesario para restaurar el servicio, es decir el máximo de disponibilidad.
2. Un parámetro de probabilidad, para expresar el cumplimiento del parámetro de tiempo.

Mantenibilidad: probabilidad de que un sistema fallando se restaure en un tiempo específico, cuando el mantenimiento se realiza bajo condiciones determinadas.

Estímulos económicos para la confiabilidad y la mantenibilidad.

Los problemas de confiabilidad y mantenibilidad son grandes. Como consecuencia de una confiabilidad inferior al 100%, las empresas invierten en repuestos y reparaciones aproximadamente un 30% del costo de la inversión total de la capacidad instalada, en algunos casos la inversión en este concepto es de un 10% a un 40% anual.

(Estudios de la fuerza Aérea de USA han indicado que los costos anuales del mantenimiento varían entre 3 y 29 veces el costo original del equipo.)

Esto fue lo que ocurrió en la aviación a finales del siglo XX

El problema de la confiabilidad fue muy grande: —Como consecuencia de una confiabilidad inferior al 100%, las United Airlines necesitaron un stock de repuestos de 122 millones de dólares, aproximadamente el 20% de su inversión total en aviones—.

Cabe hacer notar que fue en la aviación donde se implemento por primer vez el RCM para lograr la confiabilidad de las naves, pero no es en el único lugar donde se ha implementado como inicial.

Estudios de la Fuerza Aérea indicaron que:

Los costos anuales de mantenimiento variaron entre 10 y 30 veces el costo original del equipo. Fueron necesarias 24 horas-hombre de mantenimiento por hora de vuelo en los aviones de la Marina.

Se estimó que la cifra subiría a 80 en 1965, principalmente a causa del aumento de complejidad del equipo electrónico.

RCM en la industria

Una realidad que enfrentan las industrias en lo general, es que: Los fallos de los equipo se deben a la mala calidad de fabricación y de diseño, y causas ajenas, un gran porcentaje es debido al diseño inadecuado e incorrectas condiciones operativas, mal o nulo mantenimiento, malas condiciones de manejo, malas condiciones de almacenamiento etcétera.

Además muchas causas consideradas como operativas, exigen un cambio de diseño en la maquinaria y equipos para eliminar en el futuro los problemas, este cambio puede ir desde un sistema ergonómico en la operación de los mismos, Modificaciones al diseño de la maquinaria y equipos, hasta los tiempos de rotación del personal en la línea (dentro de un sistema polivalente), en un jornal de 8 hrs. , O bien el diseño de un nuevo sistema de producción.

Un técnica útil en la confiabilidad es la metodología del mantenimiento productivo total, TPM. Esta metodología es un sistema de producción.

El TPM no es una nueva forma de hacer el mantenimiento de los equipos, o para mejorar la eficiencia del mantenimiento, si así fuera, se llamaría sistema dedicado al mantenimiento. SDM. La palabra total indica toda la organización y la palabra productivo, significa sistema de producción.

El Mantenimiento Centralizado en la Confiabilidad (RCM), requiere también de un involucramiento total, y por consecuencia de un sistema de producción.

La siguiente carátula es un programa de confiabilidad de los equipos e instalaciones de una organización, también es un programa de trabajos en relación con el mantenimiento productivo total, así mismo es un programa para mantenibilidad.

Elementos de un programa típico de confiabilidad.

De aquí en adelante nos referiremos RCM como **Confiabilidad**. Las 20 tareas de éste programa de confiabilidad para una hipotética planta de manufactura, muestra tareas comprenden muchas acciones que exceden de las habitualmente realizadas por los diversos departamentos de la empresa.

Las necesidades de estas acciones proviene del hecho de que los diseños de las maquinarias y equipos son terreno abandonado en la industria y en muchas ocasiones del desconocimiento de la técnica en ellos, provocaron causas de baja confiabilidad.

Un sistema de producción basado la confiabilidad es muy amplio. En aplicaciones militares, las empresas contratadas para realizar algún trabajo, pieza o parte, presentan un programa detallado de confiabilidad como parte de la propuesta para obtener el contrato.

Éste detalla la definición de las tareas en la propuesta y contribuye a asegurar que se ha previsto con respeto al contrato una asignación de fondos del programa de confiabilidad.

Estas tareas exigen acciones determinadas que deben ser realizadas por todas las funciones que participan en la fabricación del producto. Desde investigación y desarrollo, hasta servicio post-venta.

Para asegurar estas acciones suele necesitarse una planificación adecuada y en forma debida, si quiere uno que las cosas se hagan a tiempo. Es más, puesto que intervienen muchos departamentos y personas, es útil fijar detalladamente las tareas a realizar, quién debe realizarlas, plazos de realización, etc.

COMO LO HEMOS DICHO YA, NO IMPLEMENTE SOLO UNA PARTE DEL RCM, PUESTO QUE NECESITA UNA ESTRUCTURA TAL QUE SOPORTE ESTA TÉCNICA. UNA FLASA COMPRENSIÓN DE ESTA METODOLOGÍA TAMBIÉN CONDUCE AL FRACASO EN LA IMPLANTACIÓN

Programa de confiabilidad.

MANTENIMIENTO CENTRALIZADO EN LA CONFIABILIDAD

PUNTO Nº	DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE REALIZACIÓN				
		1	2	3	4	5
1	Revisión de las especificaciones del diseño.					
2	Determinación de requerimientos ambientales.					
3	Estudios de complejidad de los sistemas.					
4	Reparto de confiabilidad y predicción de la confiabilidad de los sistemas					
5	Formación del personal en las metodologías del TPM y RCM					
6	Revisiones del diseño de los equipos.					
7	Determinación de componentes críticos.					
8	Calificación de componentes (mantenibilidad y calidad).					
9	Planificación de pruebas y ensayos.					
10	Sistemas de datos y codificación de fallos a mínima expresión.					
11	Análisis de datos (historiales de fallos y tiempos de funcionamiento).					
12	Análisis de componentes fallados.					
13	Evaluación de datos y reportes de la acción correctiva.					
14	Ensayos ambientales y de diseño.					
15	Comparación con prototipos.					
16	Ensayo de la confiabilidad hasta el fallo incluir el sistema.					
17	Coordinación con control de calidad.					
18	Coordinación con producción.					
19	Coordinación con servicio post-compra.					
20	Presentación de resultados.					

CORRESPONDENCIA DE LOS 20 PUNTOS DEL RCM.

MANTENIMIENTO CENTRALIZADO EN LA CONFIABILIDAD.		AVANCE DE DOMINIOS DE PUNTOS
PUNTO	DESCRIPCIÓN	10...20...30...40...50...60...70...80...90...100
1	FIJACIÓN DE OBJETIVOS GLOBALES.	
2	PRORRATEO DE CONFIABILIDAD. PUNTO 4.	
3	PREDICCIÓN DE CONFIABILIDAD. PUNTO 4.	
4	REVISIÓN DEL DISEÑO. PUNTO 6.	
5	IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES Y CONTROLES EXISTENTES. PUNTO 7.	
6	TÉCNICAS Y DISCIPLINAS DE ORGANIZACIÓN RIA, ANÁLISIS DE FALLA CAUSA RAÍZ. DIAGRAMA CAUSA EFECTO, A.M.E.F. ETC. PUNTO DEL 6 AL 16.	
7	CORRIDAS DE LOS ENSAYOS. PUNTOS 8, 9, 15, 16, 17, 18 Y 19.	
8	REPORTES DE LOS FALLOS Y ACCIÓN CORRECTIVA. PUNTOS 10, 11 Y 12.	
9	MÉTODOS PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD. PUNTOS 5, 13 Y 14.	
10	REPORTES DE RESULTADOS.	

Los requerimientos son:

1. Procedimientos claramente escritos que indiquen a cada individuo lo que se espera que el tenga que el haga y como debe hacerlo.
2. Sistema de verificación y controles de evaluación para asegurar que las tareas se han hecho adecuadamente.

Fijación de objetivos globales de confiabilidad.

Los directivos, así como los usuarios, están convencidos desde hace mucho tiempo de la importancia de una alta confiabilidad. Las especificaciones han exigido a menudo que el producto tenga "alta confiabilidad" o "confiabilidad máxima", similarmente se espera lo mismo de la maquinaria y equipos.

Hay quienes no aceptan estas frases, por ejemplo. Los diseñadores no solían modificar sus decisiones de diseño. No era que un diseñador prefiriera "baja confiabilidad", como ningún maestro de taller preferirá "baja calidad", los adjetivos "alta" y "máxima" sencillamente no permiten un acuerdo, entre las partes interesadas.

Además, los términos "alta" y "máxima" habían estado oyéndose mucho tiempo y se han hecho invulnerables a ellos. Hemos presenciado reuniones en las que se pedía a cierto número de personas que describiesen su cota numérica para una "alta Confiabilidad".

El resultado. No sólo difieren las cifras en varios órdenes de magnitud; ellos no están de acuerdo ni siquiera en la unidad de medida, es decir, si debía ser período de tiempo, vida media, disponibilidad, etc.

Una parecida falta de acuerdo ha existido respecto de los ambientes operativos. Un producto se diseña para funcionar a temperaturas máximas de 180º; en ciertas aplicaciones, la temperatura

sube a 200°.

Otro producto está diseñado para soportar cargas máximas de 30,000 Kg; algunos usuarios lo cargan a 35,000 Kg.

Los fallos resultantes han dado lugar a vivas discusiones sobre quién tiene la culpa. Hay, desde luego, algunos casos notorios de "culpa", pero en su mayoría estos fallos pueden atribuirse a falta de conocimiento, de los verdaderos ambientes y cargas que el producto encontrará en servicio. (En algunos casos, el usuario puede ignorarlo también).

Una de las contribuciones de la confiabilidad ha sido forzar a ambas partes a profundizar más para poner de manifiesto cuáles serán esos verdaderos ambientes.

Por lo tanto, la fijación de objetivos globales de confiabilidad requiere un acuerdo sobre la confiabilidad como un número, sobre las condiciones ambientales a las que este número debe aplicarse y sobre una definición de lo que es buen funcionamiento.

En algunos casos, el cliente fija la cota numérica y el diseñador debe enfrentarse con el problema de alcanzarlas. En los casos en que el cliente no ha fijado la cota, la buena práctica exige que la fije el fabricante y la comunique a todos los interesados.

La cota puede expresarse en diversas unidades de medida. Las más corrientes son:

1. *En términos de confiabilidad*; por ejemplo, el misil tendrá una confiabilidad del 99% durante un tiempo de misión de 1.45 horas.
2. *En términos de tasa de fallo*; Por ejemplo, las baterías (acumulador) tendrán una tasa de fallo no superior al 1% durante el periodo de garantía de 1 año.
3. *En términos de tiempo*; por ejemplo, el tiempo medio entre fallos del transmisor será al menos de 9000 horas.

Prorrateso y predicción de la confiabilidad.

La confiabilidad de un sistema es la función de la suma de las confiabilidades de los diversos subsistemas. Cuanto más confiables sean estos subsistemas, más confiable será el sistema total.

A su vez, si existe una cuota de confiabilidad para el sistema completo, debe haber cotas subsidiarias para los subsistemas. El proceso de fraccionar o distribuir la cota final de la confiabilidad entre los subsistemas (y sub-subsistemas, hasta componente o pieza), se conoce como: Prorrateso de la confiabilidad.

Un ejemplo lo encontramos en: Máquina automática, el proceso es "jugar" con las fallas ocurridas en un periodo, historial de equipo., (**tasas de fallo**). Estas jugadas se apoyan en datos sobre los componentes fallados., (**diseño del producto**). datos sobre la utilización, operación, carga, etc., (**ambiente**), Examen físico., (**resultados de ensayos**). Estos datos sobre determinadas partes., (**componentes**) se suplementan con datos sobre tasas de utilización en otras máquinas y equipos, y tiempo de garantía de vida, (**verificación con la realidad**), tendencias a largo plazo, y nuevos datos de seguridad. (**Diseño del sistema**).

Combinando todos estos datos de la experiencia con relaciones causa-efecto deducidas del análisis de falla causa raíz y análisis del modo y efecto del fallo (**estadístico**), que predicen la vida útil. (**Verificación con los resultados**).

De forma análoga al ejemplo, la predicción de la confiabilidad es el proceso de estimar cuantitativamente la probabilidad de que un sistema o producto. (Componente, subsistema,

parte, realice su función.)

Estas dos nuevas herramientas, el prorrateo y la predicción de la confiabilidad, están estrechamente relacionadas entre sí.

Un ejemplo del prorrateo de la confiabilidad. Hay que fijar un nivel de confiabilidad para un nuevo vehículo completo y el prorrateo (entre transmisión, motor, sistemas hidráulico y de acoplamiento, componentes eléctricos y chasis) se determina evaluando los datos reales de un vehículo análogo y fijando nuevas cotas basadas en mejoras esperadas. También en el nivel de confiabilidad para el vehículo completo se fija en términos de tiempo medio entre fallos (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR) más costo de reparación en tanto por ciento del precio.

Etapas de la predicción de la confiabilidad.

La predicción de la confiabilidad es un proceso continuo que comienza con las "predicciones sobre el papel", basadas en un diseño (Máquina O equipo) y en la información anterior de tasas de fallo, y termina con la medición de la confiabilidad, basada en datos de utilización del producto por el cliente. (Usuario, entiéndase producción, mantenimiento.)

La cuantificación y la predicción de la confiabilidad están siendo objeto de creciente énfasis incluso en máquinas, equipos o sistemas aún en fase de investigación. Sin embargo, el procedimiento de predicción numérica no debe considerarse como un fin en sí mismo. El proceso de predicción de la confiabilidad sólo está justificado si demuestra ser útil proporcionando un producto final más confiable.

El proceso de predicción puede ser tan importante como los números resultantes, esto se debe a que no se puede hacer la predicción sin obtener una información bastante detallada sobre.

1. Función del producto.
2. Ambientes.
3. Datos de uso del fabricante. (Confiabilidad dada por el fabricante).
4. Historial de los componentes.
5. Listado de componentes críticos.
6. Proveedores.

El conseguir esta información da a menudo al Ing. de confiabilidad nuevos conocimientos no disponibles previamente. La incapacidad para obtener esta información identifica las áreas de ignorancia en que se ha de trabajar forzosamente.

El enfoque (en productos complejos) de sumar tasas de fallo para predecir la confiabilidad del sistema es análogo al control de peso en las estructuras de los aviones, en el que se lleva un registro continuo de peso según se añaden nuevas partes al diseño. Otra analogía se presenta con el registro continuo de los costos crecientes al aumentar la complejidad de un sistema.

La confiabilidad, pues, pide que se mantenga un registro continuo de la creciente tasa de fallo y su magnitud dado que es allí donde se encuentran los verdaderos costos, cuando se exige de los productos complejidad y más elevado rendimiento.

Revisiones del diseño.

La revisión del diseño, en su sentido más amplio, es un mecanismo para pasar una completa revista a un diseño propuesto a fin de asegurarse de que dicho diseño puede fabricarse u obtenerse al costo más bajo posible y funcionar con éxito bajo las condiciones de utilización previstas.

La revisión de diseño no es nueva, pero en el pasado se hacía informalmente, con poca planificación previa y escaso control. Los productos complejos requieren a menudo un programa más estudiado.

Los programas bien planeados son relativamente nuevos y a menudo han sido los ingenieros de confiabilidad los que los han promovido. Una revisión sistemática del diseño y reconocen que posiblemente nadie sabe todas las respuestas para conseguir un diseño óptimo.

Un programa adecuado usa estos principios:

1. Se hace incapié en el equipo de revisión, compuesto de los mejores técnicos disponibles, dentro o fuera de la empresa.
2. La revisión incluye la participación de personal que no tenga relación con el diseño propuesto.
3. La revisión incluye generalmente no sólo confiabilidad, sino también disponibilidad, productividad, mantenibilidad y otros parámetros similares.
4. La revisión se hace generalmente en función de criterios definidos, como son los requisitos de las especificaciones y listas de comprobación de prácticas correctas e incorrectas.
5. Los problemas en potencia descubiertos por la revisión de diseño se documentan, asignando a individuos determinados la responsabilidad de indagar más.
6. La decisión final sobre si hace falta una revisión de diseño suele recaer en el individuo responsable del diseño más bien que sobre el equipo. El equipo aporta una crítica constructiva sobre el diseño, pero no releva al supervisor de diseño de su responsabilidad final de crear el diseño.

La preparación de las reuniones de revisión exige que todos los participantes estudien antes, a fondo, la especificación y los documentos con ella relacionados y aporten durante las reuniones comentarios constructivos concretos. Esto contrasta con las reuniones en las que se reúne a cierto número de personas en una sección breve y se les pide su impresión sobre un diseño que han visto por primera vez.

Programa de componentes críticos

Este programa se dirige a identificar los pocos componentes "vitales" que contribuyen decisivamente a la confiabilidad del sistema total. Generalmente, un componente se considera crítico si se da cualquiera de las condiciones siguientes:

1. Se usa en el equipo en gran número.
2. Sólo puede obtenerse de una única fuente.
3. Ha de usarse dentro de estrechos límites.
4. No tiene un historial probado de confiabilidad.
5. EL historial de uso arroja demasiadas incidencias de fallo del componente.

A menudo, Es difícil percatarse de la existencia de todas estas condiciones. Incluso se puede ser incapaz de identificar correctamente los componentes cuyo historial revela escasa confiabilidad.

Ejemplo. Se pide a los ingenieros que digan cuál de los distintos tipos de componentes tenían

más probabilidad de plantear problemas.

De ordinario, el consenso del grupo no coincide con el componente con mayor tasa de fallo.

Las opiniones sobre qué componentes causarían más trastornos varían mucho. Esto ocurre incluso cuando los ingenieros son de la misma empresa y han estado en contacto con el propio producto básico.

Todo esto quiere decir que lo que un ingeniero piensa que será el principal problema de confiabilidad se basa en su limitada experiencia personal. Las tasas de fallo de los manuales de confiabilidad se basan en toda la experiencia disponible.

Los datos brutos de tales tasas de fallo son probablemente más dignos de crédito que los recuerdos de un ingeniero para definir los pocos componentes vitales.

Todos tenemos a dejarnos influir por los fallos esporádicos (pero dramáticos) que constituyen noticias sensacionales. Sin embargo, el gran potencial está en los fallos crónicos de cada día: éstos son los "poco vitales".

Análisis del modo de producirse y efecto de los fallos.

Esta técnica preventiva estudia las causas y efectos de los fallos antes de finalizar un diseño o para despejar incógnitas de mantenimiento y reposición de partes. Su única particularidad consiste en que proporciona una manera metódica de examinar el diseño de un sistema, máquina o equipo.

En esencia, un producto (A nivel sistema y/o a otros niveles inferiores), se examina en cuanto a todas las formas en que puede producirse un fallo- el efecto del fallo se evalúa entonces y se hace una revisión de la acción ya realizada o planeada para hacer mínima la probabilidad del fallo o hacer mínimo el efecto del mismo. Los siguientes elementos pueden incluirse en el análisis.

1. Nombre del componente.
2. Mecanismo de fallo (la causa del fallo).
3. Modo de fallo: reacción del componente al mecanismo de fallo.
4. Medios por los que el fallo se indica y/o detecta.
5. Probabilidad del fallo.
6. Efecto inmediato del fallo del componente.
7. Efecto último del fallo del componente sobre el funcionamiento del sistema.
8. Efecto sobre la disponibilidad: ¿hay que parar el sistema y repararlo inmediatamente o puede repararse más tarde durante un ciclo de descanso? Piezas o conjuntos que es necesario quitar para tener acceso al componente fallado
9. Herramientas especiales (distintas a las habitualmente disponibles), necesarias para reparar o sustituir el componente.
10. Tiempo estimado de reparación. (MTTR)
11. Comentarios y/o recomendaciones
12. Cambios de diseño recomendados.
13. Requisitos a introducir en las especificaciones para reducir al mínimo la probabilidad del fallo.
14. Instrucciones a introducir en los manuales de inspección, mantenimiento o utilización para hacer mínima la probabilidad de fallo.
15. Ensayos a realizar para evaluar más completamente los modos discutibles de fallo

El análisis suele documentarse en una tabla. Cada componente se escribe en una línea, y en distintas columnas se anota la información correspondientes a los diversos aspectos que acabamos de reseñar. El Ing. De Confiabilidad no tendrá respuestas para todos estos puntos, pero el análisis le obliga a buscarlas. Además, la información sobre el modo de producirse y el

efecto de los fallos de un elemento es útil para todos los otros elementos del sistema u otros sistemas.

ENSAYOS DE CONFIABILIDAD

Entendemos aquí por ensayos de confiabilidad la verificación de que un producto funcionará durante un tiempo dado. Los problemas de los ensayos de confiabilidad se concentran, pues, en tres elementos: requisitos de **actuación**, condiciones **ambientales** y requisitos de **tiempo**.

Los requisitos de actuación se definen especialmente para cada producto, por ejemplo, potencia en caballos de un motor, amplificación de un amplificador.

El esfuerzo que un producto ha de soportar es buen ejemplo. La dificultad es que el esfuerzo no suele ser constante. Variará de una a otra aplicación del mismo producto; por ejemplo, el esfuerzo a la tracción de un arado trabajando en suelo arenoso es distinto que en suelo rocoso. El esfuerzo puede variar durante un día de uso del mismo producto. Así pues, el esfuerzo debe ser considerado más bien una distribución que un valor único.

Análogamente, la resistencia varía y debe considerarse una distribución. En análisis el problema estriba en obtener los datos necesarios para construir la distribución.

Estos datos son costosos y a menudo se resiste uno a hacer la inversión porque hay demasiadas variables entre ellos.

La respuesta reside en determinar el uso real del producto y hacer prototipos típicos.

Otra alternativa es simular el uso por el usuario (**en un campo de pruebas de la empresa**) y registrar los niveles de esfuerzo encontrados. Una vez disponible esta información, hay que realizar ensayos para verificar que el producto puede resistir los esfuerzos, esperados durante el periodo de tiempo requerido.

Las condiciones ambientales (**temperatura, humedad, vibración, etc.**) Son críticas para muchos productos. El problema es doble: primero, determinar los niveles ambientales esperados y, luego, ensayar para verificar que el producto puede soportarlo.

Los siguientes son dos métodos para resolver esto:

1. Hacer funcionar simultáneamente gran número de unidades durante menos tiempo. (Esto exige ciertas hipótesis estadística).
2. Acelerar el ensayo haciendo funcionar las unidades bajo esfuerzos y/o niveles ambientales más severos para que fallen antes. Luego se hacen extrapolaciones para convertir la vida útil bajo condiciones severas en vida bajo las condiciones esperadas.

MÉTODOS PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE UN DISEÑO

La confiabilidad de un diseño se mejora mediante sucesión entre diagnosis y acción. La diagnosis para identificar síntomas de debilidad en el diseño y rastrear estos síntomas hasta sus causas probables puede ser ayudada por las técnicas de cuantificación y predicción de la confiabilidad.

Las siguientes acciones indican algunos enfoques usados por el diseñador trabajando conjuntamente con el ingeniero de confiabilidad para mejorar un diseño.

1. Revisar el índice elegido para definir la confiabilidad del producto, a fin de asegurarse de

que refleja las necesidades del usuario por ejemplo; la disponibilidad. En este caso, un adecuado programa de mantenimiento puede contribuir a alcanzar la disponibilidad requerida.

2. Discutir la función de las partes no confiables con vistas a eliminarlas totalmente si se encuentra alguna de mejor calidad o si es o no reemplazable.
3. Revisar la selección de todas aquellas partes que sean relativamente nuevas y difíciles de probar. Usar piezas normalizadas cuya confiabilidad haya sido probada en su utilización real anterior. No, obstante, asegurarse de que las condiciones del uso previo son aplicables al nuevo diseño.
4. Realizar un programa de investigación y desarrollo para aumentar la confiabilidad de aquellas partes que más contribuyen a reducir la velocidad del equipo. Especificar tiempos prudentes de sustitución para aquellas partes no confiables y sustituirlas antes de que fallen. (Preventivo y Predictivo.) Revisar la necesidad de ensayos de selección para eliminar fallos a mortandad prematura.
5. Seleccionar partes que vayan a someterse a esfuerzos inferiores a los que normalmente pueden soportar. Esto se llama sub-valoración. Equivale a usar un elevado coeficiente de seguridad. Por ejemplo, una bomba hidráulica diseñada para 210 kg/cm² se usan en una aplicación a 140 kg/cm²; un condensador para 300 voltios nominales se usa en una aplicación a 150 voltios. Para algunos componentes, existen datos que muestran la tasa de fallo en función del nivel de esfuerzo impuesto al componente.
6. Controlar el ambiente operativo de modo que los componentes funcionen en condiciones que den una menor tasa de fallo. Por ejemplo, instalar un sistema de refrigeración para reducir la temperatura de funcionamiento en un sistema hidráulico o revestir algunas partes para protegerlas contra el choque y los agentes atmosféricos, así se reducirá la tasa de fallo de ciertos componentes.
7. Aplicar sub-sistemas dual de manera que si falla una unidad se disponga de otra unidad para realizar la función.
8. Considerar posibles componentes de confiabilidad a cambio de actuación funcional, peso u otros parámetros. Aunque una reducción de la actuación funcional tiene desventajas, la efectividad total del producto para el usuario puede ser mayor si puede darse un nivel más alto de confiabilidad incluso a expensas de cierta actuación funcional.

ORGANIZACIÓN DE LA ACCIÓN CORRECTIVA.

La mayoría de los primeros esfuerzos que se realizan en programas de confiabilidad se concentran en documentar fallos, preparar y analizar resúmenes de actuación correctiva que fuese necesaria.

Estos informes de fallos y acción correctiva, tienen tres objetivos básicos:

1. Detectar y asegurar la resolución de los problemas que afecten a la confiabilidad.
2. Recoger y dar a conocer historiales de fallos y otros datos de referencia para usarlos en la prevención de fallos parecidos en la modificaciones de las actuales máquinas y en maquinaria en el futuro.
3. Mantener a la dirección enterada de la situación de los problemas que afectan al producto.

El sistema de acción correctiva sigue los principios del ciclo de control para mantener las mejoras de confiabilidad conseguidas por el ciclo de mejoramiento.

COORDINACIÓN DE LA ACCIÓN CORRECTIVA.

El esfuerzo de escoger y tratar los datos se perderá, si no se aportan medios para realizar una acción que ponga remedio en las áreas problemáticas descubiertas. Por lo tanto, son de máxima importancia la asignación de responsabilidad para la acción correctiva y el seguimiento para hacer

que la acción se realice y sea efectiva.

Por que la acción correctiva necesaria puede corresponder a una o más de una de las diversas áreas dentro de la organización, y puesto que no suele ser fácil decidir que acción debe realizarse, es imprudente que un análisis conjunto de los datos sea la base para asignar la responsabilidad de acción.

El método más eficaz es formar un comité de mejora de la confiabilidad o grupo de acción correctiva.

Estos comités suelen estar presididos por el ingeniero de confiabilidad concedor del producto, y se reúnen de forma regular y programada. La asistencia está regulada por los problemas a discutir y por las tendencias de la investigación sobre un problema particular.

Generalmente, el ingeniero de diseño responsable y un ingeniero de control de calidad asisten a todas las reuniones. Para necesidades determinadas de acción correctivas, se invita a representantes de compras, diseño del producto, control de producción, proyecto de componentes u otras actividades semejantes.

Se cita varios días antes de la reunión y se envía la orden del día. Se redactan formalmente actas de las reuniones, incluyendo un registro del estado de los problemas, y se documentan y distribuyen a todos los interesados las acciones a realizar.

Este registro resume el problema ante el comité y muestra las fechas de comienzo y terminación de las acciones, las responsabilidades y las acciones realizadas. Da a la dirección del proyecto una indicación de los problemas principales y el estado de los esfuerzos correctivos. Entonces se puede aplicar un esfuerzo adicional a las áreas con dificultades que se considere lo necesitan.

ORGANIZACIÓN PARA LA CONFIABILIDAD. GENERALIDADES.

El tamaño y la complejidad de la organización para la confiabilidad depende mucho del tamaño y complejidad del proyecto de que se trate. Además, la forma de la organización se ve influida por fuerzas que proceden de rasgos nacionales, histórico y culturales.

En algunos casos, la creación y formación de una categoría altamente especializada de ingenieros de confiabilidad ha progresado más en países industrializados. En otros países, los desarrollos históricos de sus forma de responsabilidad y formación son diferentes, por lo que difieren también los métodos de organización para la confiabilidad.

Idealmente, deben reconocerse las siguientes políticas al organizar las actividades de confiabilidad.

1. Un programa de confiabilidad ha de comenzar en la fase conceptual de un proyecto y continuar durante el diseño y desarrollo, producción, ensayos, evaluación en el campo de utilización y uso en servicio. Significa que el programa no puede restringirse a un punto de la organización, sino que ha de cubrir todas las secciones que afecten a la confiabilidad final en su lugar de uso.
2. Hay que proveer fondos adecuados para un programa de confiabilidad y dichos fondos han de determinarse durante la fase, de propuesta. Esto significa que hay que desarrollar durante la preparación de la propuesta un programa completo de confiabilidad con suficiente detalle para poder estimar el coste.
3. La ejecución de un programa de confiabilidad implica tanto tareas técnicas como una la tarea de dirección. Las tareas técnicas consisten en los esfuerzos para diseñar la confiabilidad y mantenerla durante la producción y la utilización con una degradación mínima. La tarea de dirección consiste en integrar todos los esfuerzos técnicos y controlarlos para asegurarse de que se dan todos los pasos necesarios a fin de conseguir la confiabilidad requerida.
4. Los resultados de confiabilidad solo pueden ser alcanzados mediante acciones realizadas

por la organización de línea: El diseñador, el personal de producción, el de compras, el especialista en confiabilidad etc., proporcionan guía y asistencia al personal de línea para ejecutar sus tareas fundamentales de confiabilidad.

5. El programa para cada proyecto ha de incluir un plan escrito y especificar responsabilidades, procedimientos y cuadro de fechas.
6. El programa ha de incluir controles que detectan y comuniquen a la dirección todas las desviaciones entre los planes y la actuación real.
7. El programa ha de abarcar tanto a los proveedores como a las operaciones internas de la empresa.
8. La integración y evaluación totales del programa de confiabilidad han de ser realizadas por una organización que sea independiente de aquellos que tienen la responsabilidad de dar los pasos detallados necesarios para alcanzar la confiabilidad requerida.

Este ideal es demasiado complicado para muchos casos situados en la mitad inferior de la gama de tamaños y complejidades. Sin embargo, en la mitad superior de dicha gama se hace necesario trabajar cerca del ideal.

Para un fabricante de componentes, su esfuerzo de confiabilidad será probablemente de naturaleza correctiva y se concentrará en la corrida y análisis de datos de actuación en el campo de utilización para medir la confiabilidad y definir áreas problemáticas.

Este esfuerzo suele situarse como una función de oficina técnica post-venta, ingeniería o calidad de la empresa. Los esfuerzos para alcanzar la confiabilidad requerida serán realizados por la función de línea correspondiente como parte de sus responsabilidades normales.

Para un fabricante de productos que implican montaje de conjuntos, puede ser necesaria una estructura más formalizada. El programa será tanto preventivo como correctivo e incluirá algunas técnicas específicas. A cada caso se asignan especialistas en confiabilidad de diseño, de fabricación y de otras funciones, a jornada completa o a tiempo parcial.

Los especialistas en confiabilidad realizan sus tareas específicas. Una coordinación informal puede ser suficiente, pero cuando los casos van siendo más complejos y se imponen requisitos escritos de confiabilidad cuantificada, la organización de la confiabilidad exige una estructura más estudiada.

FORMAS DE ORGANIZACIÓN EN LAS INDUSTRIAS DE ALTA CONFIABILIDAD.

En años recientes, las industrias de defensa, aeroespaciales, de ordenadores electrónicos y algunas otras han trabajado con nuevos requisitos para los productos de alta confiabilidad.

El cumplimiento de tales requisitos han exigido la participación de todas las áreas funcionales de la empresa y la creación de una nueva categoría de especialista, el ingeniero de confiabilidad. Cuando se crean estos especialistas fue necesario encajarlos en el esquema de la organización.

Algunas formas frecuentes de organización.

1. Un departamento de confiabilidad en staff, que depende del director técnico.
2. Un departamento de confiabilidad que es parte de la función del control de calidad y que depende de un director de fabricación.
3. Un departamento de confiabilidad, en staff, que depende del director general
4. Un departamento independiente, paralelo a oficina técnica y a fabricación y que incluye las funciones de control de calidad, mantenibilidad, fabricación y asistencia al usuario. Estas cuatro primeras tienen todas las actividades de habilidad centralizada en un departamento.
5. Las actividades están descentralizadas y son realizadas por los distintos departamentos de línea, siendo la función de calidad responsable de intervenir y coordinar la actuación de

todos ellos.

MANTENIBILIDAD.

Los fallos en el lugar de utilización seguirán ocurriendo aun durante mucho tiempo, por lo que hay que arbitrar medios que permitan restaurar el servicio.

El problema de la restauración es antiguo y han sido objeto de mucha atención por parte de fabricantes y usuarios, aunque sobre la imprecisa base del fácil de mantener en servicio se ha tratado de solucionar.

Ahora, cuando la seguridad, la salud y la comodidad humanas dependen tanto de la continuidad del servicio, la cuantificación de la mantenibilidad se ha hecho una realidad.

Esta cuantificación consiste en la creación de dos nuevos parámetros:

1. Un parámetro de tiempo para expresar el tiempo necesario para restaurar el servicio, es decir, el máximo tiempo de ineptitud. (MTTF).
2. Un parámetro de probabilidad para expresar la probabilidad de cumplir el parámetro de tiempo. Esto constituye también la definición de mantenibilidad: probabilidad de que un sistema fallado se restaure a la condición de utilizable en un tiempo especificado de falla-paro, cuando el mantenimiento se realiza bajo condiciones determinadas. (MTBF).

Como con la confiabilidad, estos parámetros se combinan en uno llamado tiempo medio de reparación o **MTTR**.

Una vez cuantificados estos parámetros, resulta posible (como en el caso de la confiabilidad cuantificada) asegurar un acuerdo entre todos los interesados sobre cuales son los objetivos, como planear su logro y como juzgar si se han alcanzado.

En la actualidad, los procedimientos y formas de organización para fijar y alcanzar objetivos de mantenibilidad cuentan con métodos "modernos". Se elaboraron técnicas para predecir y prorratear la mantenibilidad. (No desprecie la habilidad técnica y de operaciones, TPM.)

La tediosa ocupación de recoger información sobre tiempo de falla-paro, tiempo de reparación, costo de reparación, etc, está resuelto casi en su totalidad con los sistemas CMMS siempre y cuando su utilización sea amplia y de calidad.

Esto constituye un problema muy difícil, porque las actividades de reparación están muy dispersas entre muchos usuarios, y porque los talleres de mantenimiento se resisten tenazmente a llevar registros.

Para muchos productos complejos, el diseñador recibe poca realimentación de información sobre la bondad de su diseño desde el punto de vista de la mantenibilidad.

Solo en el caso de que su diseño de lugar a un problema serio de mantenibilidad, pero el bucle de realimentación es generalmente informal e incompleto.

Tampoco el diseñador sabe siempre el efecto de un fallo de su subsistema sobre la actuación total del sistema. Se pidió a varias personas de una empresa que clasifican ciertos fallos en cuanto a:

1. Si el fallo exigía parar la máquina y hacer la reparación inmediatamente o bien,
2. Si el fallo podía repararse más tarde cuando la máquina estuviese en un ciclo de descanso.

No pudieron ponerse de acuerdo en muchos de los fallos. Se puso de manifiesto que para

sistemas complejos el efecto del fallo de un componente no es evidente a menos que se tenga una imagen clara de como dicho componente encaja en el resto del diseño.

Desgraciadamente, el fabricante de un componente para una unidad compleja no siempre conoce en detalle el efecto de su componente sobre el sistema total desde el punto de vista de la mantenibilidad.

Esto significa que:

1. Puede ignorar si un fallo de su componente parará inmediatamente la máquina, y
2. Puede no percatarse de la dificultad de reparar su componente a causa de un problema tal como el de tener, o no acceso a dicho componente a fin de extraerlo y/o repararlo con un mínimo de especialización y de herramientas también especiales.

En el análisis de falla causa raíz y el Análisis de causas y efectos de los fallos, se incluyen puntos de esta naturaleza.

Finalmente, aunque cada diseñador desee que su diseño pueda ser fácilmente mantenido, su hincapié en esta característica se verá influido por la importancia que la dirección o el sistema de producción dé a la mantenibilidad.

Por ejemplo, si no se dan a un diseñador o fabricante objetivos suficientemente claros (cuantitativos o cualitativos) de mantenibilidad. La deducción natural es que no se toma tan importante como otras características que le han definido con mayor claridad.

CUANTIFICACIÓN DE LA MANTENIBILIDAD.

A un sistema se le puede fijar un objeto numérico total de confiabilidad. Esta meta global se reparte a fin de determinar un objetivo para cada sub-sistema.

La mantenibilidad puede predecirse sobre el papel durante la fase de diseño y puede ser finalmente medida cronometrando el periodo requerido para ciertas acciones de mantenimiento sobre unidades reales. (Esto es análogo a la fijación de objetivos, el prorrateo, la predicción y la medición referida a la confiabilidad).

Los métodos de prorrateo de la mantenibilidad aun cuando ya no están en curso de desarrollo en muchas industrias no se utilizan. Estos métodos difieren ampliamente unos de otros.

Por ejemplo, el método de predicción extrapola la experiencia anterior sobre la mantenibilidad de equipos semejantes para hacer predicciones sobre un nuevo diseño.

Otro método descompone la tarea de mantenimiento en tareas de mantenimiento elementales y usan datos anteriores de estas tareas para componer un tiempo predicho de mantenibilidad para la reparación total.

Esto es análogo a predecir el tiempo necesario para una operación de fabricación trabajando con tiempos tipo elementales sacados de un manual de estudio de tiempos.

Todavía hay otro método de predicción de la mantenibilidad que usan una lista de comprobación para puntar las características importantes de un sistema y luego aplicar las puntuaciones a una ecuación de regresión para predecir el tiempo medio de reparación.

Se han realizado esfuerzos para comprobar la mantenibilidad de una manera parecida a la comprobación de la confiabilidad. Para ello, se provocan fallos en un equipo y se realizan reparaciones, usando procedimientos normalizados de mantenimiento y niveles medios de

habilidad y adiestramiento.

Los tiempos de reparación se registran en un esquema aceptación / rechazo que se usan para decidir si el requisito de mantenibilidad ha sido cumplido.

COMPENSACIÓN ENTRE PARÁMETROS.

El auténtico objetivo de una industria es alcanzar una óptima efectividad global a un óptimo costo total. Esto puede llevar a aumentar el costo en una fase para reducir el costo y aumentar la efectividad en otra parte.

Los cojinetes autolubricantes, el acero inoxidable y los circuitos redundantes implican todos ellos mayor costo inicial, pero pueden conducir a menores costos globales y mayor efectividad.

Este proceso de equilibrar costos y efectos se conoce como compensación. Mediante este concepto manipulamos los parámetros de confiabilidad, mantenibilidad, costos y otros para alcanzar el óptimo.

Los diseñadores han realizado siempre compensaciones entre variables. Al crecer la complejidad del sistema, el análisis cualitativo, informal, de las posibles compensaciones se hace difícil.

Recientemente se han prestado atención al desarrollo de enfoques cuantitativos. Debe subrayarse que las numerosas relaciones variables en sistemas complejos dificultan el desarrollo de cualquier método de compensación totalmente cuantitativo.

Como todas las técnicas cuantitativas relacionadas con la efectividad de sistemas, tiende a reducir el área de incertidumbre y dar, al que debe decidir, una evaluación de los distintos diseños que ayude a emitir los juicios definitivos.

Ejemplo: Se evalúan tres diseños opcionales, se grafican los resultados para localizar la disponibilidad, costo total del sistema durante su período de vida, para todas las unidades del producto.

Como la evaluación se realiza en tiempos de reparación se determina el efecto sobre el **MTTR** de las características que afectan a la mantenibilidad: accesibilidad, cantidad de elementos desechados, técnicas digitales, detección de averías, facilidad de diagnóstico de fallos, punto de prueba, normalización, habilidad de cambios de repuestos y seguridad.

Cuando uno de tres diseños se evalúa cuantitativamente en cuanto al efecto de cada característica sobre los costos de diseño y desarrollo y sobre el MTTR, y si el gráfico de accesibilidad muestra que tiene mayor accesibilidad para reparaciones, tendrá por lo tanto un MTTR más bajo.

Un árbol análogo mostrará las características que afectan a la confiabilidad: redundancia, calidad, encapsulado de elementos, tolerancia, robustez y duración.

ORGANIZACIÓN PARA LA MANTENIBILIDAD.

Un programa metódico de mantenibilidad para un producto complejo exige que ciertas tareas sean realizadas por varios departamentos como diseño, mantenimiento, fabricación y el servicio de post-compra.

Como ocurre con la confiabilidad, muchos problemas exigen acción de diseño y, por lo tanto, muchas empresas han organizado la función de mantenibilidad dentro del departamento de diseño. (El esfuerzo se combina a veces con confiabilidad de diseño, ingeniería y otras funciones

análogas.)

Sin embargo, como con la confiabilidad, otros puntos de la organización llevan mucho tiempo preocupados por la mantenibilidad. Por lo tanto, las alternativas de organización antes discutidas para la confiabilidad son también aplicadas a la mantenibilidad.

Recomendaciones.

La implementación del Mantenimiento Centralizado en la Confiabilidad (RCM) requiere de un a planeación completa y de un "Comprar" por toda la organización para tener éxito.

El RCM tiene su origen en la aviación, en la actualidad esta siendo adoptado principalmente en plantas de proceso continuo, dado la complejidad de sus sistemas productivos.

Sin embargo. El RCM está teniendo un gran impulso en implementaciones en todo tipo de industria, esto se debe principalmente a los beneficios que se obtienen.

Cuando una industria tiene ya implementado el Mantenimiento Productivo Total, podemos decir que esta ya preparada para la adopción del RCM.

Es posible implantar el RCM desde cualquier etapa de los distintos mantenimientos, pero en este caso el tiempo de implantación sería más prolongado. Esto se debe a el requerimiento de tener técnicas implementadas de mejoramiento.

Por último, implemente el RCM bajo una asesoría especializada, por toda la capacitación que implica y porque ingeniería tiene que cubrir muchas horas en la preparación. De los nuevos métodos de trabajo.

Cuando logre su implementación su industria en lo general disfrutara de alta disponibilidad de todas sus instalaciones.

Suerte.

www.mantenimientoplanificado.com

[Software mantenimiento preventivo](#)

[Software gestion recambios](#)

[Software gestión herramientas](#)

[Software gestión lubricación](#)

[Equipos de mantenimiento predictivo](#)

[Equipos alineación laser](#)

[Articulos de mantenimiento.](#)

[Arriba](#) [Principal](#) [SIMA](#) [TPM](#) [CINCO Ss](#) [RCM](#) [Ergonomía](#) [Capacitación](#)
[Clientes](#) [Polivalencia](#) [Creatividad](#) [MP](#) [SDM](#) [Seminario TPM](#) [Seminario](#)
[Cinco Ss](#) [Logica secuencial](#) [Mantenimiento Autónomo](#) [TPM.ppt](#) [CINCO](#)
[Ss.pps](#)