

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACION DE MANTENIMIENTO E
INSTALACIONES
PLANTAS REYNOSA

PROCESO DE ADMINISTRACION DEL CICLO DE VIDA

Documento Ref: LCM01

Rev.	Descripción	Fecha	Originador	Verificado	Revisado	Aprobado
0	1a Emisión	2010				

Próxima Revisión : Dic. 2010

Rev 0 – Julio 2009

FICHA DOCUMENTO

Título: Proceso de Administración del Ciclo de Vida

Propósito y Alcance: Este documento es efectivo en las plantas de manufactura de Reynosa y puede ser aplicado a través de todo el ciclo de vida del equipo.

La intención de este documento es como a continuación se describe;

- Identificar los pasos requeridos para introducir los parámetros y consideraciones de la Confiabilidad y Mantenibilidad (R&M) a través del ciclo de vida de los equipos para poder lograr los costos óptimos de ciclo de vida del equipo (ver Fig. A)
- Identificar el rol activo que el personal de mantenimiento puede tomar en el establecimiento del criterio de la Confiabilidad y Mantenibilidad a través del ciclo de vida de la planta y de los equipos.
- Identificar las herramientas y técnicas de R&M que pueden ser utilizadas para mejorar la confiabilidad y mantenibilidad de ambas plantas nueva y existente y su equipamiento.
- Proveer datos dentro de las decisiones respecto al concepto del equipo, diseño y desarrollo, construcción e instalación, operación y mantenimiento y puesta fuera de servicio.

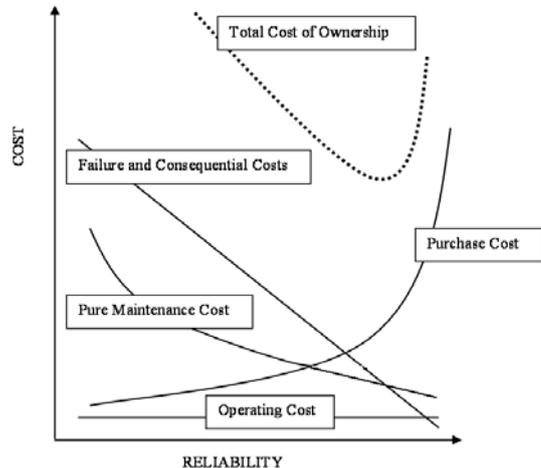


Figure A - 1 Life Cycle Cost Analysis

Objetivos: Este proceso está dirigido a dar soporte a los sitios de manufactura para lograr los objetivos de la administración del mantenimiento de la planta.:

- I. Minimizar los riesgos de tiempo caído de la producción o la degradación de la producción.
- II. Crear un ambiente que facilite la innovación resultando de soluciones armonizadas
- III. Lograr lo anterior con el menor costo de ciclo de vida y de una manera sustentable y segura.
- IV. Entrega a tiempo del soporte a los cambios de producción mientras se minimizan los riesgos futuros
- V. Crear valores agregados como un consultor confiable para todos nuestros clientes a través de un apuntalamiento de nuestras relaciones con los colaboradores y clientes primarios..
- VI. Construcción y puesta en marcha de nuevas instalaciones a tiempo minimizando los riesgos futuros

Documento No: Emisión No: 1 Fecha de Emisión: 13-1-10

Para Emisión: emitir después de revisión gerencial y de equipo participante.

Firma: Posición: Gerente de Mantenimiento

Name: Arturo Eliserio E-mail:

Función del Departamento: Administración del Mantenimiento e Instalaciones

APROBACION POR LOS DEPARTAMENTOS INVOLUCRADOS

Departamento	Firma	Fecha	Nombre	Posición
Administración de Proyectos				
EHS				



Operaciones				
Gerente de Planta				

Diagrama de Flujo de Proceso

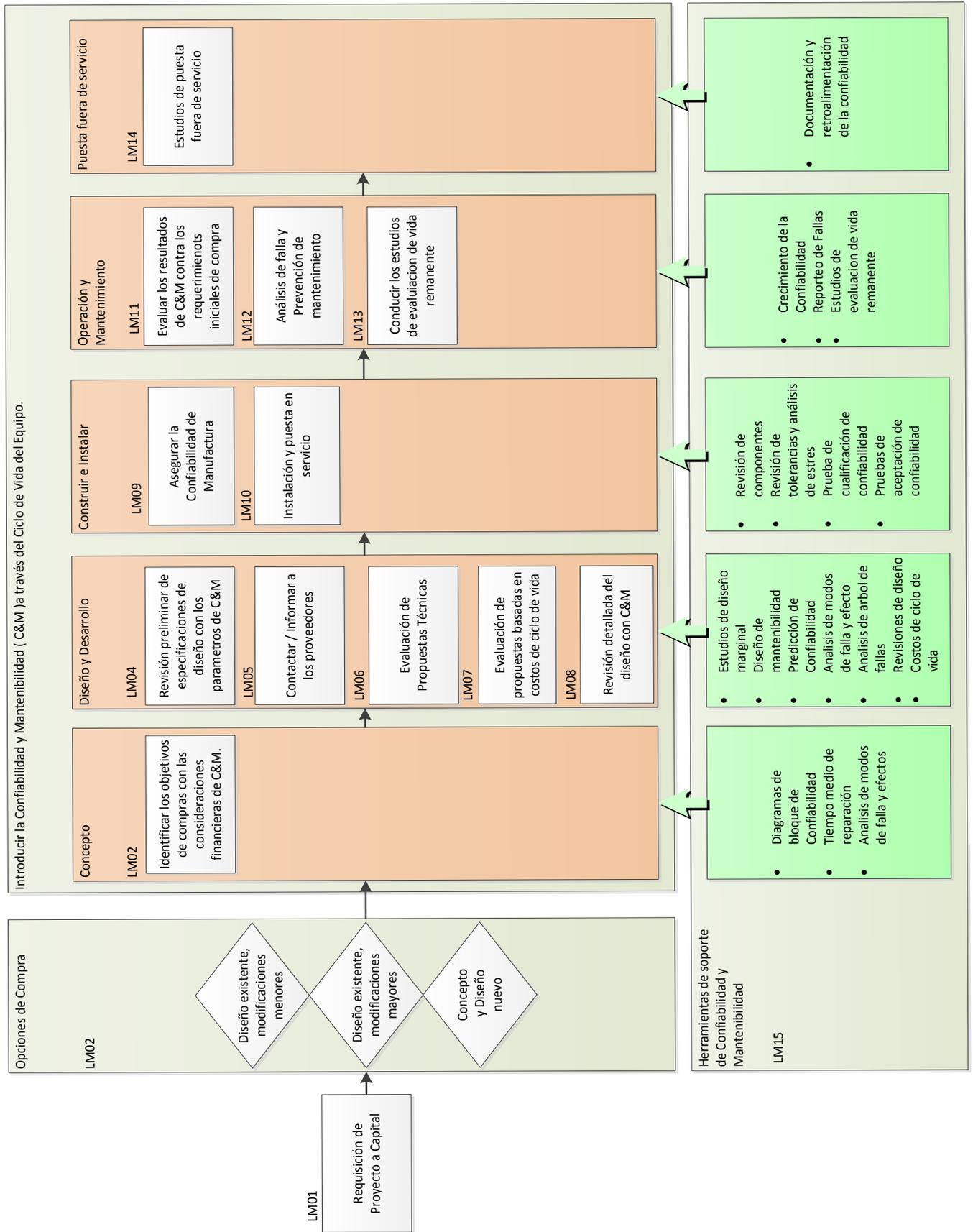
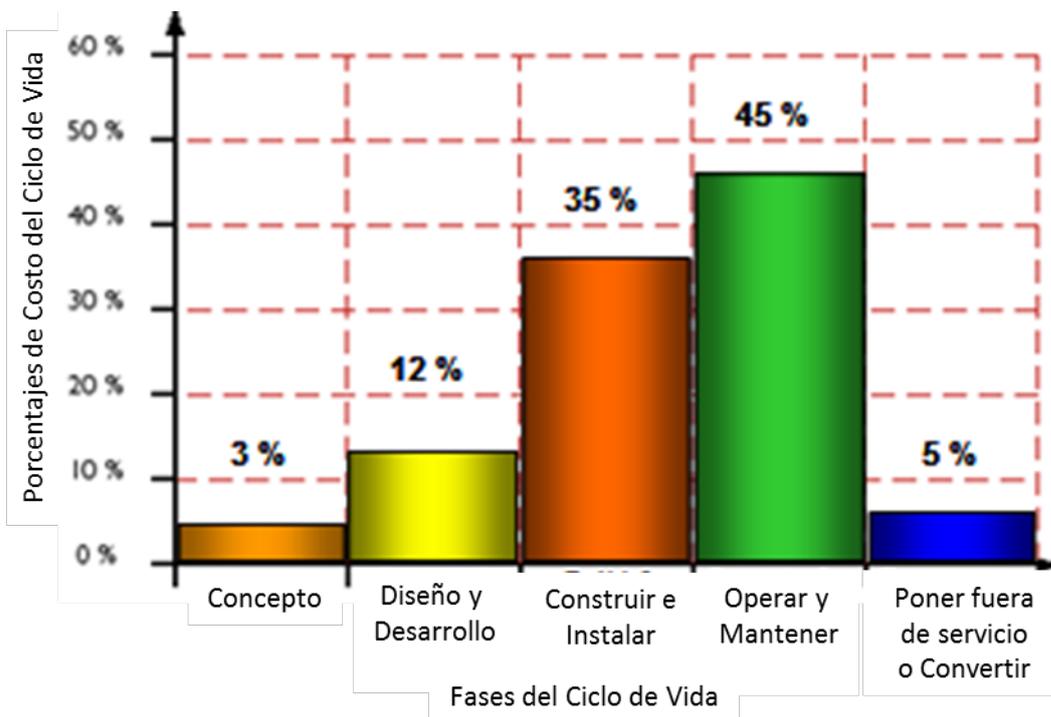


Figura 1: PROCESO DE ADMINISTRACION DEL CICLO DE VIDA

1. Puntos Clave del Proceso

- El proceso de administración para el costo de ciclo de vida es un proceso para la integración de la confiabilidad y mantenibilidad dentro de los proyectos de capital existentes del negocio.
- La implementación exitosa de la confiabilidad y mantenibilidad dependen de una comunicación transparente y la construcción de una relación a largo plazo entre el usuario y el proveedor seleccionado del equipo. La comunicación deberá comenzar en la etapa de conceptualización y continuar durante la vida entera del equipo ara asegurar que los problemas del equipo sean identificados, las causas raíz sean determinadas y sean implementadas las soluciones (acciones correctivas).
- La meta deberá ser siempre el eliminar los problemas antes de siquiera el plan o el equipo sea fabricado.
- La fase de diseño es donde agregar valor es menos costoso. Por lo tanto, tu quieres hacer todo lo posible para identificar eficientemente todas las adecuaciones inapropiadas del diseño.
- Este proceso asume que un Sistema CMMS adecuado esa disponible.
- Este proceso deberá ser aplicado a través de la vida del equipo existente y del Nuevo equipo (ver diagrama anexo)



2. Conocimiento de Fondo

Que es Confiabilidad y Mantenibilidad (R&M)? – Por sus siglas en Ingles.

C&M se describe mejor haciendo dos preguntas:

Primeramente, como podemos hacer que un equipo opere correctamente por más tiempo o nos de servicio hasta que queramos y sin fallar? En otras palabras como definimos la Confiabilidad (R) de ese equipo?

En Segundo lugar, como podemos utilizar el concepto de confiabilidad al menor costo posible y que métodos podemos utilizar si esta trabajando correctamente? Por lo tanto, cual es la mantenibilidad (M) de ese equipo?

La Confiabilidad y Mantenibilidad están interconectadas; no puedes tener una sin la otra.

Por lo tanto, las técnicas de R&M son vitales en contener y reducir costos, resaltando la calidad y mejorando la productividad – por ende resaltando grandemente la rentabilidad para una organización.

Las decisiones hechas tempranamente en el costo de ciclo de vida de un equipo tiene una influencia en los costos de ciclo de vida del equipo, que otras decisiones realizadas después.

3. Notas en los Pasos del Proceso

Actividades de Preparación

Determinar los recursos requeridos para desarrollar, comunicar y ejecutar el plan de confiabilidad y mantenibilidad.

Inicio del Proceso (LM01)

El proceso puede ser iniciado cuando un Proyecto de capital requerido sea iniciado en cualquier etapa dentro del ciclo de vida del equipo. La requisición del proyecto de capital puede ser un resultado de necesidad de crecimiento o reemplazo.

Opciones de Compra (LM02)

Las opciones de compra determinaran que las herramientas de soporte para la confiabilidad y mantenibilidad serán apropiadas a través del ciclo de vida del equipo. Ver el apéndice A para un resumen de las herramientas disponibles para cada opción en cada etapa del ciclo de vida de los equipos.

Objetivos de Compra (LM03)

Determinar la estrategia de especificación de Pre-Compra basada en las consideraciones de C&M y financieras.

- a) Los requerimientos de confiabilidad deberán ser identificados mediante el uso de la técnica de Diagramas de Bloques de Confiabilidad (RBD) por sus siglas en ingles
- b) Los requerimientos de mantenibilidad deberán ser identificados mediante la recolección de datos de Tiempo Medio de Reparación del equipo existente (MTTR) por sus siglas en Ingles.
- c) Identificar definiciones de fallas para poder determinar la manera (o modo) en la cual el equipo va fallar. Estos modos de falla permitirán entonces la construcción de un plan apropiado de mantenimiento y una estrategia de manejo de refacciones..
- d) Suministrar una información a tiempo, clara y complete de los requerimientos de desempeño que cumplan con la capacidad y costos totales requeridos.
- e) Este paso deberá contribuir con los siguientes resultados::
 - I. Una lista de Requerimientos de Desempeño – Que se espera del equipo (esto incluye requerimientos de OEE - Eficiencia total del equipo por sus siglas en ingles).
 - II. Un Modelo de Capacidad – Que nos permitirá ver como los indicadores específicos que se listaron en los Requerimientos de Desempeño, por ejemplo el MTBF, impactan a la capacidad general y las expectativas de tiempo disponible.
 - III. Un Análisis de Sensibilidad – Para descubrir el impacto de los requerimientos en cambios de producción o la variación de desempeño de la máquina.
 - IV. Una Justificación Financiera – Para justificar la compra, estimar el costo total de propiedad y determinar si la mejora de la instalación será más efectiva en relación al costo.

Especificación Preliminar de Diseño con parámetros de R&M (LM04)

Realizar una evaluación de R&M para determinar la confiabilidad inherente del equipo para poder dar soporte en la estructuración del proceso de diseño. Esto puede ser logrado utilizando las siguientes herramientas (referirse al apéndice A para una guía en la aplicación de estas herramientas y las opciones de compra):

- a. **Margen de Diseño:** Este deberá ser evaluado, estimado o si es posible, calculado para las partes, componentes, ensambles y sub-ensambles que están en necesidad de ser modificados. La identificación de las partes, componentes, sub-ensambles, etc. Pueden ser realizadas en diferentes maneras. Por ejemplo
 - Corriendo la maquina a más altos niveles de estrés que los que se requieren y entonces medir los niveles de vibración en diferentes componentes
 - De datos de razón de falla
 - Por examinacion física
 - Por análisis de peor escenario. El diseñador debe estimar el escenario de peores condiciones de un diseño en desarrollo y proveer el margen de diseño apropiado. Este margen de diseño es conocido en ingeniería eléctrica como reducción de potencia, en ingeniería mecánica como Factor de Seguridad. El uso adecuado del valor de reducción de potencia es responsabilidad del proveedor.
- b. **Diseño de Mantenibilidad.** El aspecto fundamental es el incorporar características que ayudaran, simplificaran o reducirán el mantenimiento y alargaran los periodos entre acciones de mantenimiento. Hay técnicas de diseño tales como:
 - Accesibilidad,
 - Modularidad
 - Estandarizacion
 - Reparabilidad
 - Capacidad de prueba (incluyendo equipo de prueba incorporado)
 - intercambiabilidaddeberan ser consideradas por el diseñador de maquinaria durante el diseño del equipo.
- c. **Predicción de Confiabilidad.** Hay una cantidad de herramientas para predecir la confiabilidad después de que se han hecho mejoras o durante la etapa del diseño. Esta predicción puede ser también necesaria antes de emitir una propuesta técnica. Las más comunes y fáciles son el Diagrama de Bloques de Confiabilidad (RBD)
- d. **Análisis de Modos de Falla y Efecto (FMEA) y Análisis de Árbol de Fallas (FTA).** Estas técnicas son utilizadas para predecir y anticipar las fallas que puedan ocurrir en una máquina y entender sus efectos, entonces se pueden formular tareas para ya sea evitar las consecuencias de la falla o evitar la falla inicial. Estas son también utilizadas para Revisiones de Diseño.
- e. **Revisiones de Diseño.** El objetivo de una revisión tal es el verificar que el diseño documentado y su análisis relacionado estén completos y sean precisos.
- f. **Análisis de Costeo de Ciclo de Vida** – La idea es estimar el costo total de la compra, operación y mantenimiento durante la vida entera del equipo. Esto ayudara a entender cuál máquina del Mercado es más efectiva en costo. También ayudara a estimar los costos anuales de mantenimiento del equipo para toda la vida del equipo.

Contacto e informe a los proveedores sobre las ofertas técnicas (LM05)

La pregunta básica que determinaría la selección de un proveedor antes de invitarlo a enviar una propuesta técnica y comercial sería: "Está utilizando un proceso estable y confiable de ingeniería de diseño el cual pueda crear componentes y equipos con la especificación requerida, con baja variabilidad y alta confiabilidad?". Completar la matriz de selección de proveedores que está en el apéndice B para ayudar en la selección de proveedores para invitación, basado en un límite predeterminado o usando un proceso de categorización.

Evaluación de las Propuestas Técnicas (LM06)

Evaluar los requerimientos de R&M (arriba) y después de estar satisfecho de que el proveedor puede asegurar la confiabilidad en la etapa de manufactura, pedir las propuestas comerciales que consideren las especificaciones de confiabilidad. Los planes de entrenamiento para las operaciones y mantenimiento deberán ser también identificadas por el proveedor en esta etapa..

Evaluación de Propuestas basadas en el Costo de Ciclo de Vida y otras consideraciones económicas (LM07)

Negociar en la base Técnica, Operacional y Costo. Otorgar el contrato con el compromiso del proveedor de una ingeniería concurrente, soporte en el ciclo de vida y refacciones y otros requerimientos especificados en el contrato.

- a) Obtener la siguiente información para poder desempeñar el análisis de costo de ciclo de vida de un equipo de una partida;
 - I. Costos anuales de operacion y mantenimiento
 - II. Costo de adquisición
 - III. Costo de rescate de equipo
 - IV. Tasas de interés y de inflación
 - V. Costo de instalación
 - VI. Costo de Envío
 - VII. Beneficio de impuestos

Revision detallada de diseño de R&M (LM08)

Conducir revisiones de R&M para el diseño

- a) Listar las funciones deseadas del equipo.
- b) Valorar usando una lista de verificación para cada requerimiento para entender si hay algún criterio que no ha sido cumplido y si hay alguna “debilidad” potencial en el diseño. La tabla de abajo deberá ser utilizada como un marco de revisión de alto nivel. En los apéndices C, D y E hay ejemplos detallados de listas de verificación para cada Título de Revisión.

Títulos Principales de Revisión	Descripción Breve
• FUNCION	Esta cumplida la función estipulada?
• DISEÑO	Son aceptables los diseños generales, componentes formas, materiales y dimensiones?
• CONFIABILIDAD Y SEGURIDAD	Han sido considerados todos los factores que afectan la confiabilidad y seguridad de los componentes, la función, la operación y el medio ambiente??
• MANTENIBILIDAD Y MANTENIMIENTO	Puede ser fácilmente desempeñada y revisado el mantenimiento, inspección y re trabajos?
• MONITOREABILIDAD (Administración Visual)	Hay puntos de monitoreo fáciles de acceder y están las carátulas y medidores fáciles de leer?
• ERGONOMIA	Ha sido revisada la relación Humano – Maquina dentro de las actividades de diseño?
• PRODUCCION Y CONTROL DE CALIDAD	Se ha llevado a cabo un análisis técnico y económico de los procesos de producción del fabricante?
• ENSAMBLE Y TRASPORTE	Se puede desempeñar de manera simple todos los procesos de ensamble internos y externos y de la manera correcta?
• OPERACION	Han sido considerados todos los factores que influyen en la operación, tales como ruido, vibración, manejo, etc.?
• LISTAS DE REFACCIONES	Se le ha solicitado al proveedor el suministrar una lista de refacciones y con qué bases hará su evaluación de las partes requeridas? Análisis de Riesgo de Refacciones?
• RECICLADO	El equipo puede ser reutilizado, reconstruido o reacondicionado durante la etapa de puesta fuera de servicio?
• COSTOS	Se ha tomado en cuenta el Costeo de Ciclo de Vida?
• SISTEMAS DE LUBRICACION	Deberían ser revisados los sistemas de lubricación para determinar fallas y problemas potenciales?

- c) Evaluar los diseños seleccionados
- d) Seleccionar el diseño que mejor cumpla con nuestro criterio.

Asegurar la confiabilidad operacional (**LM09**)

Use las herramientas descritas abajo para ayudar en controlar y minimizar la variabilidad, e identificar y resolver problemas para asegurar la confiabilidad en la fase operacional.

- a) **Revisión de Componente** – Esto es esencialmente una revisión de los componentes críticos con respecto al diseño, fabricación, almacenamiento, ensamble, desensamble y mantenimiento. Las partes de maquinaria deberán ser seleccionadas para optimizar la confiabilidad general de la maquina.
- b) **Estudios de Tolerancia:** Los proveedores de maquinaria deberán conducir estudios rutinarios para asegurarse que las tolerancias mecánicas eléctricas instaladas no causen una falla en el equipo o desgaste prematuro bajo las peores condiciones ambientales en el piso de la planta de producción.
- c) **Análisis de Estrés.** Para nuevos diseños seleccionados y para existentes que han mostrado ser resistentes a la falla, el proveedor de maquinaria deberá conducir análisis de esfuerzo. El análisis de esfuerzo tiene la intención de determinar a través de análisis numérico la relación entre la resistencia del componente y el esfuerzo inducido por el ambiente bajo las condiciones de peor escenario. El propósito del análisis de esfuerzo es el validar la efectividad del margen de diseño empleado por el proveedor de maquinaria/ Las áreas designadas para la investigación y análisis de esfuerzo deberán ser documentadas dentro del plan de R&M.

Formular el plan detallado de mantenimiento (los proveedores deberán poder probar las bases de este plan típicamente con FMEA basado en un historial de fallas previo del equipo y con juicio de ingeniería) Las sesiones generales de entrenamiento con el usuario pueden comenzar en esta etapa.

- a) El plan de Mantenimiento deberá;
 - a. Contener una lista complete de todas las actividades de mantenimiento planeadas. Esta lista deberá identificar, para cada actividad,
 - Un título de trabajo y descripción
 - Información critica sobre Salud y Seguridad (Ej. Equipo de protección personal requerido, que tipos de permisos de trabajo son requeridos)
 - Una explicación paso a paso de cómo se llevan a cabo las actividades
 - El material (refacciones, aceites, grasas, etc) y los requerimientos de herramental
 - La persona de la que se espera desempeñe la actividad (ej. Disciplina de mantenimiento, operador, contratista)
 - El tiempo esperado de duración de la actividad
 - b) Ser suministrado al usuario en el formato requerido. Esto puede ser electrónicamente y en manuales de papel o en un formato que pueda ser introducido automáticamente en el CMMS del sitio.
 - c) Suministrar la etapa operacional del equipo (como mínimo en borrador) con bastante anticipación para permitir la verificación y aceptación del usuario.

Una vez recibido el plan de mantenimiento, el usuario debe examinarlo cuidadosamente para asegurar que es razonable y practico. Mas específicamente deberá ser revisado lo siguiente;

- a) El usuario tiene la suficiente mano de obra para cumplir con los requerimientos del plan del proveedor?
- b) El usuario tiene el personal que está capacitado en todos los aspectos de mantenimiento de la maquina?
- c) Este plan forma la base de lista de refacciones recomendadas por el proveedor?
- d) Es requerido un especialista en herramientas y consumibles para alguna actividad?

Instalación y puesta en marcha (LM10)

Las pruebas de Calificación de Confiabilidad son utilizadas para verificar las especificaciones de R&M.

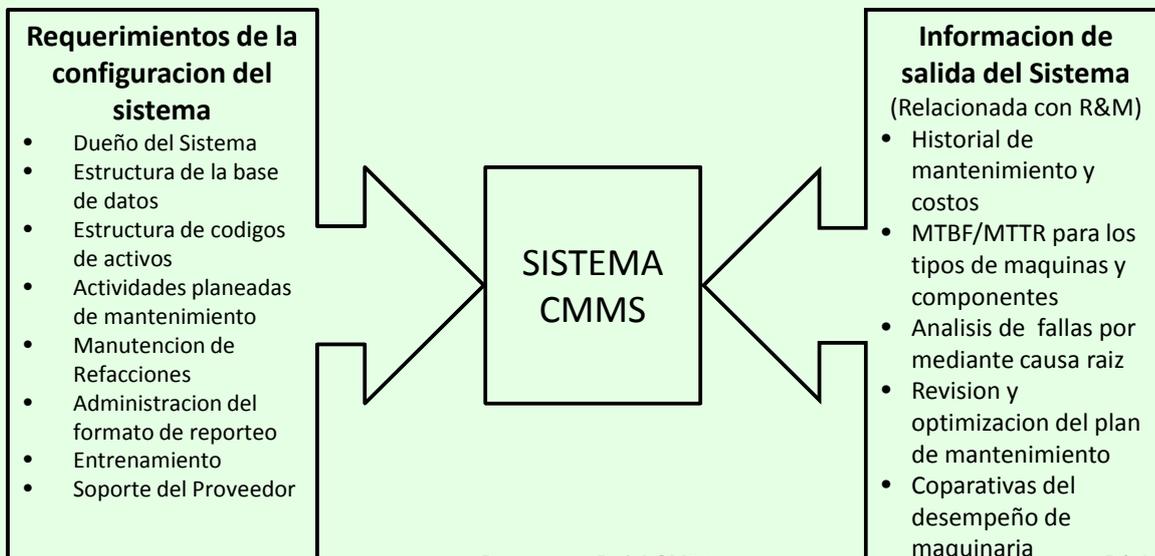
- a) **Pruebas de Calificación de Confiabilidad:** Se les puede requerir a los proveedores de maquinaria el desempeñar pruebas dedicadas con propósito de verificación de los requerimientos especificados en la documentación del proyecto para MTBF o MTTR. La duración de las pruebas bajo condiciones normales deberán ser acordadas mutuamente entre el usuario y el proveedor del equipo. Un programa de pruebas típico podría extenderse aproximadamente hasta 4 veces lo especificado en el MTBF con todas las fallas documentadas y los tiempos de mantenimiento registrados. Todas las pruebas de confiabilidad deberán ser detalladas dentro del plan de R&M.
- b) **Pruebas de Aceptación de la Confiabilidad:** (Opcional). Como una alternativa efectiva en costo para pruebas dedicadas, los datos de aceptación de la confiabilidad pueden ser recolectados durante las pruebas de aceptación de la maquinaria en las instalaciones del proveedor. Esto proveerá una indicación inicial de la capacidad de la confiabilidad. Aunque la información de tiempos de prueba y eventos de fallas puede ser limitada, la información recolectada puede ser combinada con los resultados de las pruebas del proceso de validación para desarrollar un punto de comparación de confiabilidad. Este punto de comparación vendría a convertirse en el punto de partida para el crecimiento de la confiabilidad a través de la mejora continua.

La primera línea de operación y el personal de mantenimiento serán entrenados en el conocimiento de:

- a) FMEA y sus hallazgos
- b) FTA y sus hallazgos
- c) Hallazgos de la revision detallada del diseño
- d) Procedimientos de inspección
- e) Los resultados y hallazgos de los procesos de pruebas de capacidad y de RTQ
- f) Componentes críticos y Refacciones
- g) Herramientas
- h) El plan de mantenimiento junto con su ubicación de recursos

Implementar el plan de mantenimiento y modificarlo si es requerido para solventar modos de falla específicos (Referirse a FMEA's)

Actualizar los datos del CMMS como lo indica el diagrama de abajo.



Evaluar los resultados del R&M (LM11)

Evaluar los resultados del R&M vs los requerimientos de objetivos y costos de la compra inicial.

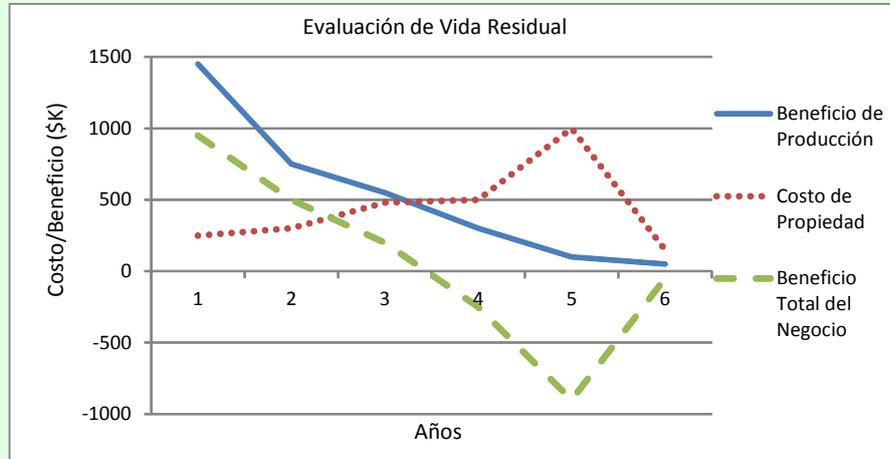
Análisis de Fallas y Mantenimiento de Prevención (LM12)

Un ciclo de mejora continua es implementado donde sea analizada la causa raíz de la falla y sean implementadas las acciones correctivas más efectivas en cuanto a costo. Deberán ser utilizadas las siguientes herramientas:

- a) **Crecimiento de la Confiabilidad.** Esta es una herramienta para tener certeza de si la confiabilidad del equipo está mejorando con el tiempo. Esto sucederá si son escogidos e implementadas las mejores estrategias de mantenimiento, sistemas y planes y sean implementados en conjunto con mejoras en el mantenimiento y habilidades de confiabilidad en toda la organización.
- b) **Reporte de Fallas.** Las fallas en la maquinaria continuaran ocurriendo. Esto será reducido y la mejora continua es clave si la mejora en la confiabilidad se quiere lograr. Por lo tanto las fallas deberán ser investigadas y ser empleado un sistema de Análisis frecuente de calidad.

Realizar estudios de Evaluación de Vida Remanente (RLA) (LM13)

Tales estudios son realizados para comprobar las condiciones y salud de la maquina después que ha estado en operación por cierto tiempo. Esto es realizado básicamente para encontrar que tanto más tiempo va durar la maquina o que pudiera exceder su vida esperada. Comparar costos de operación y mantenimiento para continuar con el equipo y planta existentes versus un presupuesto de inversión de capital. Examinar las variaciones y tomar acciones de remediacion.



Partidas típicas a ser consideradas	
Equipo Nuevo	Equipo Existente
<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de fondos de Capital • Costo de Compra • Costo anual de Ciclo de Vida • Entrenamiento de Mantenimiento y Operaciones • Requerimientos de Refacciones • Nuevos niveles de producción y calidad • Tasa de fallas anticipada • Vida remanente del producto anticipada • Oportunidad para reorganizar la operación • Cuestiones de Salud y Seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de renovación • Tasas anticipadas de la calidad futura del producto y la demanda • Disponibilidad de Refacciones • Mejoras en la confiabilidad de la planta después de la renovación • Soporte del proveedor • Costo al negocio de la maquina fuera de servicio

Estudios de Puesta Fuera de Servicio (LM14)

Cotejar la documentación de los estudios del RLA, requerimientos de producción y calidad y estudios de análisis de fallas. Utilizar la información para decidir acerca de las mejoras posteriores, modificaciones y adquisiciones de capital a través de las etapas del ciclo de vida del equipo.

4. Responsabilidades - RASI

RASI – Responsable, Asegurador, Soporte e Informa.	Gerente del Proyecto	Gerente de Mantenimiento	Ingeniero de Confiabilidad	Administrador de CMMS	Gerente de Manufactura	Consultor Externo o Contratista	Administrador	Planeador de Mantenimiento
Tarea								
Iniciación del Proceso (LM01)								
Determinar las opciones de compra y herramientas a ser utilizadas (LM02)								
Identificar los objetivos de compra basado en consideraciones financieras y R&M (LM03)								
Conducir una revisión preliminar de especificaciones de diseño con parámetros de R&M (LM04)								
Contactar e informar a proveedores de las propuestas (LM05)								
Evaluación de propuestas técnicas (LM06)								
Evaluar las propuestas basadas en el costo de ciclo de vida y otras consideraciones económicas (LM07)								
Revisión detallada del diseño de R&M (LM08)								
Asegurar la Confiabilidad Operacional (LM09)								
Desempeñar las tareas de R&M durante la instalación y puesta en marcha (LM10)								
Evaluar los resultados de R&M (LM11)								
Análisis de Fallas y optimización de Mantenimiento (LM12)								
Realizar los estudios de evaluación de vida remanente (LM13)								
Estudios de puesta fuera de servicio (LM14)								

5. Documentos de Referencia

Documento	Referencia / Version	Comentario
Procesos de proyectos de Capital	Por ser definido	
Resumen de herramientas de R&M	Apéndice A	
Matriz de selección de proveedor	Apéndice B	
Lista de Verificación de Confiabilidad General	Apéndice C	
Lista de Verificación de mantenibilidad general	Apéndice D	
Lista de Verificación de monitoreo general	Apéndice E	
Reporte de analisis de causa raiz	n/a	
Reporte de modos de falla y efectos	n/a	
Proceso de estrategias de mantenimiento	Por definirse	
Proceso de planeacion y ejecucion del trabajo	En proceso	

Apéndice A

Resumen de las herramientas de R&M utilizadas a través del ciclo de vida del equipo

ETAPAS DEL CICLO DE VIDA DEL EQUIPO	DISEÑO EXISTENTE, MODIFICACIONES MENORES	DISEÑO EXISTENTE – MODIFICACIONES MAYORES	CONCEPTO Y DISEÑO NUEVO
Concepto	Diagramas de bloques de confiabilidad Tiempo medio de reparación Análisis de modos de fallas	Diagramas de bloques de confiabilidad Tiempo medio de reparación Análisis de modos de fallas	Diagramas de bloques de confiabilidad Tiempo medio de reparación Análisis de modos de fallas
Diseño y desarrollo	Predicción de Confiabilidad Análisis de modos de fallas y efectos (FMEA) Análisis de árbol de fallas (FTA)	Estudios de Diseño de margen Diseño de Mantenibilidad Predicción de Confiabilidad Análisis de modos de fallas y efectos (FMEA) Análisis de árbol de fallas (FTA) Revisiones de Diseño	Estudios de Diseño de margen Diseño de Mantenibilidad Predicción de Confiabilidad Análisis de modos de fallas y efectos (FMEA) Análisis de árbol de fallas (FTA) Revisiones de Diseño Costeo de Ciclo de Vida
Construir e instalar	Análisis de Esfuerzo	Análisis de Esfuerzo	Revisión de Componentes Estudios de tolerancias y análisis de esfuerzo Pruebas de calificación de confiabilidad (RQT) Pruebas de aceptación de Confiabilidad (RAT)
Operación y Soporte	Crecimiento de la Confiabilidad Reportes de Fallas Estudios de vida remanente (RLA)	Crecimiento de la Confiabilidad Reportes de Fallas Estudios de vida remanente (RLA)	Crecimiento de la Confiabilidad Reportes de Fallas Estudios de vida remanente (RLA)
Puesta fuera de servicio	Documentación y retroalimentación de la confiabilidad	Documentación y retroalimentación de la confiabilidad	Documentación y retroalimentación de la confiabilidad

Apendice B

Matriz detallada de selección de proveedor

	Requiereimientos	Proveedores				notas
		A	B	C	D	
1.	Capacidad del proveedor para entender el requerimiento del diseño					
2.	Capacidad del proveedor para fabricar los requerimientos y especificaciones (punto adicional si el proveedor tiene experiencia en llevar a cabo trabajos similares)					
3	Historial del proveedor en confiabilidad y calidad (las referencias de otros clients pueden servir como evidencia adicional)					
4	La calificación de calidad del proveedor (tal como ISO 9000, MIL-Q-9858A, etc)					
5	La adhesión del proveedor a los plazos de entrega (examinar las ordines de compra anteriores de otros clientes y sus correspondientes notas sobre el tiempo de entrega)					
6	El compromiso o disponibilidad del proveedor a negociar en las mejoras técnicas					
7	El compromiso de la alta gerencia hacia la confiabilidad, problemas de mantenibilidad para los productos y equipos de la organización (puede ser requerida una visita al área de trabajo de la fábrica del proveedor)					
8	Un plan de implementación general, incluyendo áreas de producción identificadas y un programa para implementar los pasos para lograr la calidad y confiabilidad mejorada (puede ser necesario una evaluación a través de presentaciones, casos de estudio y una demostración en el área de producción)					
9	Un gerente designado responsable de la implementación de la calidad y confiabilidad.					
10	Entrenamiento efectivo en calidad y confiabilidad y los medios para evaluar su efectividad.					
11	La documentación del Sistema de calidad del proveedor y el grado de cumplimiento a los propios requerimientos, especificaciones, procedimientos recomendados y sistemas de revisión de diseño de los clientes					
12	La existencia y accesibilidad de una base de datos de calidad					
13	La existencia y accesibilidad de una base de datos de confiabilidad					
14	El flujo hacia abajo de los requerimientos para ambas organizaciones internas y para los subcontratistas					
15	Procesos de acciones correctivas (Con evidencias de historias de éxito)					
16	Documentación del estado de la calidad para revision por ambas gerencias del proveedor y clientes					

17	Documentación del desempeño del producto y el estado de la confiabilidad para revisión por ambas gerencias del proveedor clientes					
18	El compromiso del proveedor en suministrar datos para calcular los costos de ciclo de vida					

Apéndice C

Lista de Verificación de Confiabilidad General

Preguntas de la lista de verificación	S/N	Comentarios/Acciones Requeridas
Etapa de Diseño		
El diseño es una extrapolación de experiencia anterior? De serlo, que mejoras se han implementado con respecto a sitios de fallo, fenómenos anormales y tasas de fallas basado en experiencias pasadas?		
Han sido tomados en cuenta todos los factores afectando la confiabilidad y seguridad de los componentes?		
Han sido anticipados y estudiados cuidadosamente los modos de falla? Ha sido empleada la herramienta de FMEA?		
Han sido tomadas las contramedidas contra los modos de falla anticipados?		
Han sido suministrados los dispositivos de protección de sobrecarga mecánica?		
Si se encuentra desgaste, que forma tomara y que protección o Resistencia se ha suministrado?		
Se han considerado materiales o superficies de sacrificio?		
Cuáles son los lugares donde se puede esperar incremento o disminución de temperatura? Como pueden suceder estas? Y como seran detectadas y controladas o contenidas?		
Están minimizados los números de componentes?		
Se ha considerado la redundancia para los componentes críticos; hay un respaldo manual o automático?		
Se ha empleado el principio de auto cierre por balance de presión (Cubiertas, sellos, etc)		
Se ha considerado la posible interacción dinámica entre el equipo conductor y conducido (Vibración torsional)?		
Las estructuras de soporte han sido aisladas de influencias dañinas, por ejemplo vibración de otras máquinas?		
Se han identificado y eliminado las condiciones de resonancia?		
Pueden provocar un esfuerzo excesivo aditamentos tales como tuberías y auxiliares?		
Se han evitado incrementos de esfuerzo?		

Materiales, manufactura, prueba y embarque	S/N	Comentarios/Acciones Requeridas
<p>Son confiables los sellos propuestos?</p> <p>Los sellos ineficientes son causa común de una descompostura o problema. La elección cuidadosa de sellos, el suministro de liberación de presión en puntos críticos de sellado y la atención cuidadosa de dinámica de fluidos ayudan a sobrepasar estos problemas.</p>		
<p>Se han considerado los posibles defectos de materiales, por ejemplo defectos de fundición, etc.?</p>		
<p>Se han inspeccionado las instalaciones del proveedor en sistemas de control de calidad y estructura de administración de proyectos?</p>		
<p>Deberá ser probada la maquina antes de ser embarcada desde las instalaciones del proveedor?</p>		
<p>Se deberá proveer protección adecuada contra daños de embarque y almacenamiento</p>		
<p>Se ha considerado el método de transportación?</p>		
Instalación, puesta en marcha y operación		
<p>La máquina es particularmente sensible al daño durante la instalación? De serlo, como puede ser mitigado?</p>		
<p>Es posible una limpieza de las líneas de fluidos de procesos (liquido, gas) y sistemas de lubricación antes de la puesta en marcha?</p>		
<p>Desde una perspectiva de confiabilidad y mantenibilidad como debería ser probada la maquina después de la instalación? De ser así, cuales son las pruebas? Cuanto tardarían? Que metodo sería utilizado para aceptación?</p>		
<p>Se ha considerado la posibilidad de error del operador? El riesgo es significativo?</p>		
<p>Se han considerado dispositivos especiales de elevación para la instalación del equipo?</p>		
<p>Se ha considerado la administración de refacciones y acciones a tomar?</p>		
<p>El departamento de mantenimiento ha revisado el espacio disponible para mantener la planta?</p>		

Apendice D

Lista general de verificación para revisión de Mantenibilidad

Preguntas de la lista de verificación	S/N	Comentarios/Acciones Requeridas
Etapa de Diseño		
Se han maximizado las posibilidades de mantenimiento en-línea?		
Existe un riesgo significativo a la maquina cuando se esté realizando MRO (Mantenimiento, Reparación, Reacondicionamiento – Overhaul)?		
Se puede abrir la máquina para MRO sin perturbar los aditamentos tales como tubería, auxiliares u otras máquinas?		
Se ha llevado a cabo una evaluación de puntos de monitoreo de condición en la planta de modo que las técnicas de administración visual puedan ser implementadas como parte de la etapa de construcción?		
El diseño de distribución de espacios permite el suficiente espacio de trabajo para llevar a cabo el mantenimiento?		
Existe el suficiente espacio alrededor del equipo para acceso de gruas viajeras, plataformas, etc?		
Existe el riesgo de daños a otras máquinas cuando se esté realizando un MRO?		
Se han maximizado las oportunidades para estandarización e intercambiabilidad de refacciones?		
Existe el riesgo de daño a través de error de instalación de partes similares?		
Hay componentes suministrados que permitan un mantenimiento rapido? <ul style="list-style-type: none"> - Sujetadores - Ensamble facil - Ajustes simples - Modulos reemplazables de cambio rápido 		
Los instrumentos de protección e indicadores de desempeño se pueden cambiar durante Se pueden reemplazar durante la instalación?		
Materiales, manufactura, prueba y embarque		
Se ha planeado el almacenamiento a largo plazo?		

Instalación, puesta en servicio y operaciones	S/N	Comentarios/Acciones Requeridas
Hay habilidades especiales necesarias para MRO?		
Hay herramientas especiales, instrumentos o aditamentos requeridos para MRO?		
Se han suministrado dispositivos de elevación, plantillas y aditamentos?		
Las actividades de mantenimiento requieren de la menor variedad posible de herramientas y equipo?		
Se han seleccionado los modos de falla clave y llevado a cabo pruebas prácticas de reparación de mantenimiento para asegurar que la reparación puede ser afectada de manera simple y en tiempo razonable?		
Se ha considerado la logística de suministro de refacciones de repuesto?		
Se ha requerido y suministrado una lista de refacciones de repuesto?		
El proveedor a basado su lista de refacciones de repuesto en datos de ingeniería de fallas anticipadas, disponibilidad de partes y otros criterios lógicos?		
Que partes serán mantenidas al lado de la máquina, en sitio, con el proveedor o en otra ubicación?		
Se ha considerado el aislar la máquina del proceso para un MRO?		
Se requiere un herramentista (especialista en herramientas) para el mantenimiento?		
Existe un plan activo para minimizar el MTTR?		
Los puntos de servicio y ajuste están ubicados de manera central, de fácil acceso y uso simple?		
Se han hecho posible los accesos seguros a plataformas, puntos y superficies para inspecciones, mantenimientos preventivos y actividades de reparación?		
Se han instalado suficientes puntos de monitoreo rutinario y reflejan estos los requerimientos de un análisis de modos de fallas?		
Se ha verificado que sea practico y razonable el plan de garantía disponible y plan de mantenimiento del proveedor ?		
El tiempo de respuesta de soporte del proveedor es aceptable?		

Apéndice E

Lista de verificación de Monitoreo General

Preguntas de la lista de verificación	S/N	Comentarios/Acciones Requeridas
Etapa de Diseño		
Se ha considerado la solución de problemas e identificación de fallas?		
Se ha realizado una lista de indicadores de condición (ej. Indicadores de nivel, presión, etc.) e identificado los requerimientos de una administración visual?		
Están todos los indicadores visibles cuando están en posición? (ej. Las lecturas de los indicadores de presión rotados de modo que estén visibles desde el área normal de trabajo)		
Si se ha suministrado características de redundancia, las máquinas se pueden monitorear por falla?		
Si es aplicable, se puede monitorear el desgaste de partes?		
Hay advertencia adelantada de fallas?		
Se puede detectar y predecir la deterioración?		
Existe el riesgo de daño cuando se realiza una inspección en línea?		
Los dispositivos de protección pueden ser probados sin causar un paro o una situación de emergencia?		
Se pueden observar con facilidad los indicadores importantes de desempeño? Es simple? Es practico?, se puede hacer de manera continua?		