



IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM EN PLANTA DE ALIMENTOS

Ing. William Murillo,
rcmingeneria@rcmingeneria.com

ABSTRACT

El impacto de la confiabilidad en las plantas es significativo y está cambiando dramáticamente las ganancias obtenidas por estas. La formula apropiada y el manejo de las políticas y prácticas apropiadas de la confiabilidad pueden lograr un mejoramiento sustancial en las ganancias económicas y proveer una competitividad en los negocios clase mundial. Este paper describe la forma de desarrollar el proceso de RCM aplicado a las líneas de fabricación de pasta.

INTRODUCCION

La implementación del RCM fue realizada en una fábrica que produce pasta alimenticia, tiene una capacidad de producción de pasta larga de 3000kg/h por línea.

La Planta tiene 7 líneas de producción de pasta larga y 3 líneas de producción de pasta corta. Se determino la aplicación a la línea numero 6 de producción de pasta larga que presenta el mayor MTBF.

El plan de implementación se realizó usando la técnica de Análisis Rápido RCM (fast-raced RCM analysis) aplicado para la industria en general.



Foto1: planta de alimentos, panel de control

PROCESO RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE:

El análisis RCM es un método sistemático y lógico que analiza las funciones, modos de fallas de las funciones y sus acciones preventivas.



Foto2: Silos de secado

El análisis RCM valida la criticalidad del equipo y se basa en el uso del Failure Mode Effect analysis (FMEA).

El FMEA es un análisis inductivo que se hace entre la relación de los sistema y de los componentes en contexto operacional y se realiza identificando las posibles consecuencias a través de: **qué pasa si...?** las recomendaciones realizadas son hechas por eliminación, prevención y mitigación de los efectos de las fallas.

La técnica de análisis RCM brinda al equipo de trabajo la revisión de los sistemas y fallas de los componentes y acciones definidas para crear los programas de mantenimiento preventivo y predictivo, optimizando los existentes hasta en un 40%.

Define las barreras administrativas y físicas para prevenir errores humanos, estudiando cambios en el diseño e incrementando la participación del empleado y propietario en los mejoramientos de los procesos de la planta.

El RCM fue desarrollado primero en los años 60 en la industria militar, bajo el stantar STD-MIL-785, requerido para el mejoramiento de la seguridad aérea.
El análisis RCM esta contenido en una secuencia lógica de pasos ilustrados en la figura 1

PROCESO RCM:

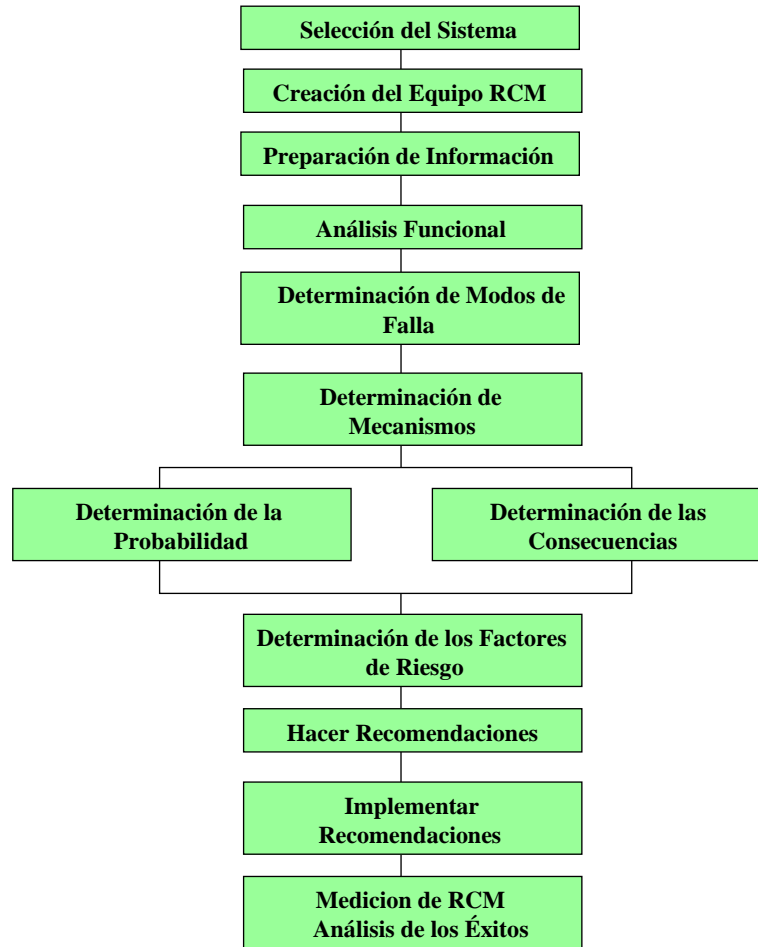


Figura 1 Proceso RCM

Para el estudio se requirió la formación de un grupo de trabajo multidisciplinario conformado por operarios, supervisores, personal de mantenimiento y gerencia de producción, entre ellos se asignó un líder de RCM.

Con la definición de este grupo se realizó el plan de **PREANALISIS:**

Recolección de la información:

1. Información de fallas de la línea
2. Plano general de la línea 6 para determinar los subsistemas
3. PI&D para determinar los lazos de control
4. Programa de mantenimiento preventivo actual para la línea 6 (*esta información salió del CMMS software Máximo*).
5. Listado de las paradas por fallas de la línea (figura 2 y 3). La línea 6 tiene actualmente un **EDT (emergency down time)** de 29.03% (1062 horas por paradas no programadas) acumulado desde 1/06/02 hasta el 31/12/02, esto es equivalente a un 30% de la línea parada, que en producción equivale a un total de 35.000 us/mes de pérdidas por producción.

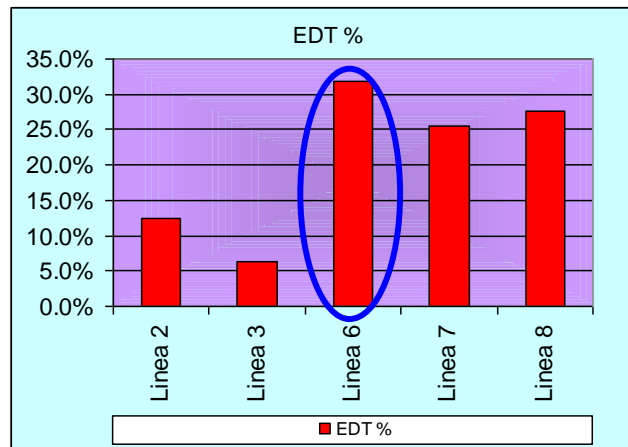


Figura 2: Fallas en la línea 6

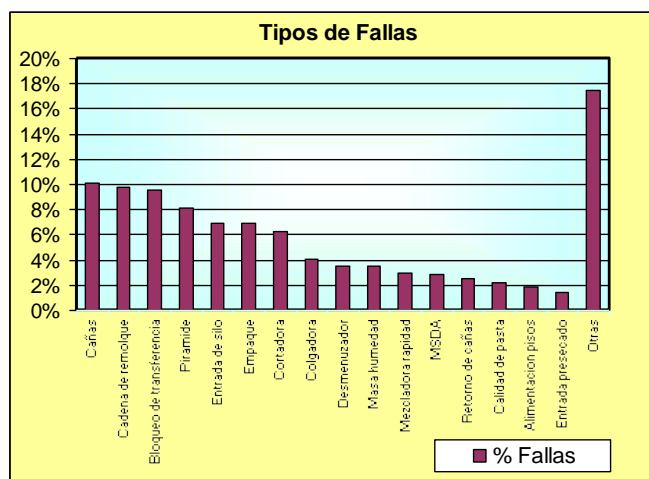


Figura 3: Gráfica de los tipos de fallas

6. Descripción de la línea #6
7. Análisis de benchmarking entre las plantas de Venezuela.

DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN DEL SISTEMA

“Producción de pasta secas tipo larga, a partir de sémola con una humedad del 14%, la cual se hidrata al 30% y se somete a un proceso de secado para obtener pasta al 12,5%, a una rata de producción de 3000 kg/h.”

Una vez señalado un sistema se definen sus funciones, entradas, límites y salidas, así como también se establecen los subsistemas.

En este caso se establecieron ocho subsistemas para analizar cada uno en particular.

Subsistemas Identificables:

1. Alimentación y dosificación de materia prima y H2O
2. Prensa
3. Colgadora

4. Presecado, secado y enfriador
5. Acumulo
6. Cortadora, retorno de canas.
7. Empaque
8. PLC, Sistema supervisorio y tableros eléctricos

DETERMINACIÓN DE LAS TABLAS DE CRITICIDAD

Una vez completados y definidos los subsistemas se establecen las tablas de efectos, consecuencias (**costos de pérdidas de producción, costos de mantenimiento, seguridad e impacto ambiental**) y probabilidades de falla, este es un hecho importante al interior del equipo para fijar los niveles de resultados que se utilizaran luego para determinar el riesgo de la falla.

La correcta determinación de estas tablas permite una selección lógica de las acciones en el **FMEA**.

La puntualización de los efectos de las fallas es direccionada a todos los efectos en todas las áreas concernientes con el proceso (**calidad del producto, económicas, regulatorias, seguridad personal y medio ambiente**).

En la realización un juicio significativo de modo de falla, el efecto esta directamente relacionado con los costos.

La descripción de estos efectos debe contener suficiente información para que el equipo RCM evalúe las consecuencias de la falla.

Algunos de estos son:

- ¿El personal es afectado en su seguridad?
- ¿Es un potencial de daño ecológico?
- ¿Como afecta la producción?
- Cuánto cuesta su reparación?

Los efectos de las fallas podrían considerarse de acuerdo a las siguientes áreas:

- Shutdown de producción
- Reducción de la salida de producción
- Violación a políticas regulatorias
- Alto costo del mantenimiento
- Personal en peligro
- Peligros ambientales

No todos los efectos son aplicables a los procesos, en algunos se podría requerir otros de las fallas.

Una falla se cuantifica con cálculo, por conocimiento del histórico, frecuencia, o el MTBF. Este último es un promedio que se aproxima a una probabilidad de falla y puede tener un ancho de variación de acuerdo a la cantidad de puntos de los datos.

Con análisis estadístico se puede calcular las tasas de falla, usando muchos programas de mantenimiento, el CMMS puede encontrar o estimar las probabilidades de falla.

La figura 4 muestra los intervalos de frecuencias de falla para determinar el nivel de la falla.

Probabilidad de falla	Frecuencia de falla
REMOTA	Fallas mayores de 3 años
MUY BAJA	Fallas entre 1 a 3 años
BAJA	Fallas entre 6 meses a 1 año
MODERADA	Fallas entre 3 meses y 6 meses
ALTO	Fallas entre 1 mes y 3 meses
MUY ALTA	Fallas entre 1 semana y 1 mes
EXTREMA	Falla todos los dias

Figura 4: Tabla de probabilidades de falla

Una vez obtenido el efecto y la probabilidad de falla se combina para calcular el riesgo, que es la base para determinar las mejores actividades para mantenimiento.

Efecto	Probabilidad de falla						
	Extremo	Muy Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo	Remoto
A	12	11	10	9	8	6	4
B	11	10	9	8	5	5	3
C	10	8	7	6	5	3	2
D	9	6	5	4	3	2	1
M	6	5	4	3	2	1	1

1	Prioridad alta
2	Prioridad Media
3	Prioridad Baja

Figura 5: Tabla de Factores de Riesgo

La tabla 5 se uso para el cálculo del nivel de criticidad con el que se tomaron decisiones para realizar las tareas de mantenimiento, en la zona roja o **área de prioridad Alta, es donde el equipo de RCM estable los planes de mantenimiento.**

Establecidos estos niveles de las tablas se da inicio al proceso de realizar el **FMEA** para cada uno de los subsistemas.

DETERMINACIÓN DE LA FALLA, MODO EFECTO Y ANÁLISIS (FMEA)

El análisis de FMEA (figura 6) se inicia con la identificación de las fallas con el propósito de estudiar cada componente del sistema contra su función, para determinar si la falla de

dicho componente podría resultar en la falla del sistema, afectando el desempeño de la función.

El desarrollo del FMEA es simple se basa en un proceso de cuestionarse y documentar las siguientes preguntas:

- ¿Que pasa si falla?
- ¿Como puede fallar el componente?
- ¿Que causa que falle?
- ¿Que tan frecuente falla?
- ¿Que pasa cuando falla?

Al completar el documento FMEA el equipo de RCM tiene obtiene la siguiente pregunta:

Que Podríamos Hacer Nosotros Para Prevenir, Mitigar o Eliminar La Falla?

ANALISIS DE EFECTOS DE FALLA					
Subsistema 2: Prensa					
Componente	Modo Falla	Causas de la Falla	Frec. falla	Efecto falla	Riesgo
Mezcladora doble	Alarma esporádica	Motor	MUY BAJA	A	6
Mezcladora doble	Alarma esporádica	Sensor de proximidad	MUY BAJA	M	1
Mezcladora doble	Alarma esporádica	Correas	MUY BAJA	D	2
Mezcladora doble	Alarma esporádica	Entrada Aire comprimido	MUY BAJA	D	2
Mezcladora doble	Alarma esporádica	Reductor	MUY BAJA	A	6
Mezcladora doble	Alarma esporádica	Paletas	REMOTA	D	2
Mezcladora doble	Alarma esporádica	Micro Switches	ALTO	B	9
Esclusa de vacio	Alarma esporádica	Esclusa	BAJA	C	5
Esclusa de vacio	Alarma esporádica	Motor	MUY BAJA	D	2
Esclusa de vacio	Alarma esporádica	Micro Switches	MODERADA	C	6
Mezcladora de vacio	Para el Subsistema	Motor	MUY BAJA	A	6
Mezcladora de vacio	Para el Subsistema	Reductor	MUY BAJA	C	3
Mezcladora de vacio	Para el Subsistema	Sonda de nivel	MODERADA	C	6
Mezcladora de vacio	Para el Subsistema	Correas	MUY BAJA	D	2

Figura 6: Tabla del FMEA del subsistema 2: Prensa

No todos los riesgos son significativos. El resultado final del FMEA es focalizar el modo de falla que determine el mayor factor de criticidad o factor de riesgo, **usando la combinación del efecto de la falla con la probabilidad de falla.**

Los **modos de falla** son los eventos (**operador, componente o sistema distribuido**) que causan la pérdida de la función y los que posiblemente originan y son responsables de la falla.

Por ejemplo, una válvula puede fallar a la apertura, una bomba falla por rotura o por vibración, entre otras.

El estándar ISO 14224 tiene determinados muchos de los modos de falla aplicados a la industria petrolera, igualmente **OREDA (Off shore Reliability Data)** también tiene en sus aplicaciones modos de fallas estándares para el sector de producción en plataformas marinas y aplicables en su mayoría a cualquier tipo de industria.

El **mecanismo de falla** o **causa de la falla** es una descripción de la secuencia de los eventos que apuntan hacia el modo de falla ocurrido. Con el mecanismo de falla se describe suficientemente el modo de falla y finalmente es la causa raíz del problema.

Por ejemplo, un componente complejo, el mecanismo de falla es un motor eléctrico.

El resumen de la cantidad de tareas a ejecutar de acuerdo a su criticidad se resume en el cuadro de la figura 7:

RESULTADOS DEL ANALISIS DE LOS FMEA							
ITEM	SUBSISTEMA	COMPONENTES	MODOS DE FALLA	CAUSAS DE FALLA	CRITICIDAD DE LA FALLA		
					ALTA	MEDIA	BAJA
1	Alimentacion y disifacion de materia prima y agua	9	1	23	2	4	17
2	Prensa	9	9	37	3	10	24
3	Colgadora	10	9	29	6	11	12
4	Presecado, secado y enfriamiento	7	4	36	5	18	13
5	Sistema Acomulo	5	2	10	0	2	8
6	Cortadora TSTA, retorno de cañas	6	5	27	5	10	12
7	Empaque	3	12	75	7	16	52
8	PLC, sistema supervisorio y tableros electricos	6	14	17	0	3	14
TOTALES =		55	56	254	28	74	152

Figura 7: Tabla de resumen de distribución de los resultados de los FMEA

Se analizó que el sistema 3,4 y 7 son los que tienen la mayor cantidad de componentes que causan fallas críticas en el sistema completo. El sistema 5 y 6 son subsistemas que no tienen causas de falla críticas.

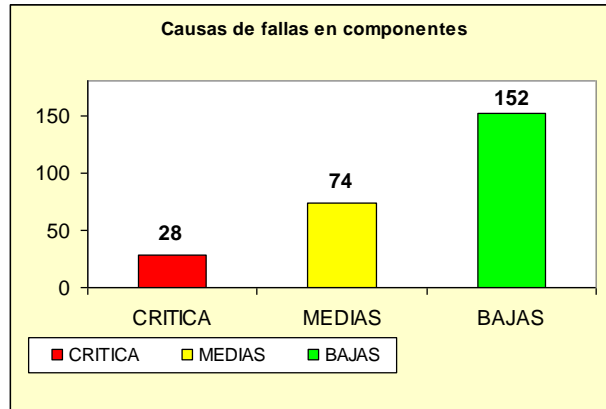


Figura 8: Distribución de las Causas de Falla por criticalidad.

SELECCIÓN DE LAS TAREAS

La selección de las tareas se determina de acuerdo a la matriz de riesgos, las que están con factor de riesgo rojo **(8-12)** son las que el equipo de RCM tomara para realizar las mejores recomendaciones de mantenimiento.

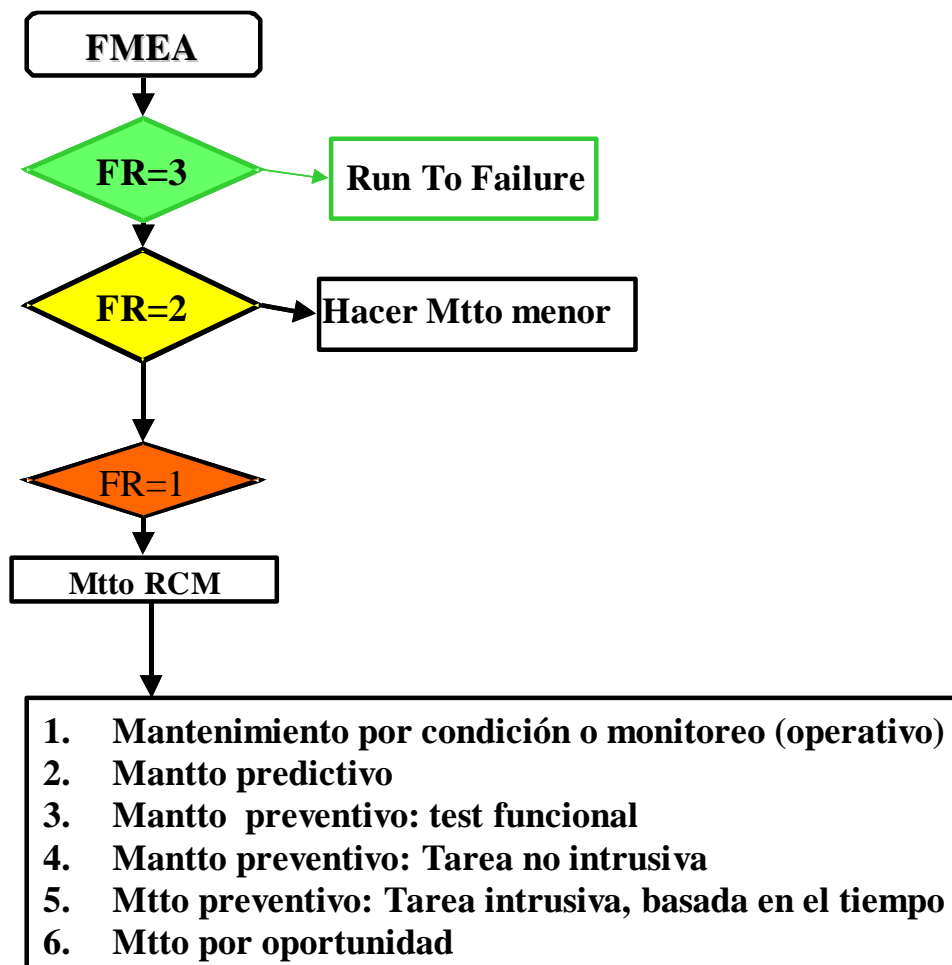
Las tareas de riesgo amarillo **(5-7)** son las tareas en que el equipo de RCM decide si hacerle recomendaciones de mantenimiento para prevenir las fallas.

Las tareas en riesgo verde **(1-4)**, son equipos que generalmente se llevan a falla o por mantenimiento correctivo (*Run to Failure*) Ver figura 9 donde esta la forma rápida de selección de las tareas.

Recomendaciones en la Selección de Tareas

Al seleccionar las tareas, considere las siguientes recomendaciones:

1. La tarea de mantenimiento debe encontrar por tendencia la degradación del equipo, para encontrar una falla potencial que pueda predecir con anticipación la ocurrencia inesperada de una falla.
2. La efectividad de la tarea debe descubrir la falla y / o prevenirla
3. El costo / beneficio de realizar la tarea (costos de producción, repuestos, personal) debe ser óptimo.
4. La tarea debe tener disponibilidad de los recursos humanos y equipo para realizarla
5. La tarea debe ser fácil y ejecutable o realizable.



Tareas determinadas

En este caso se encuentran 192 tareas totales para la línea No 6, de las cuales 98 son aplicadas a mitigar las causas de la falla más crítica del sistema, 73 tareas para equipos con criticidad media y 21 para criticidad baja que son en su mayoría Run To Failure.

ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO							
TAREAS	TOTALES	PREDICTIVAS	PREVETIVAS			MONITOREO CONDICION	POR OPORTUNIDAD
			NO INTRUSIVAS	TEST FUNCIONAL	INTRUSIVAS		
CRITICAS	98	5	12	23	34	12	2
MEDIAS	73	10	14	11	25	9	1
RTF	21	0	2	3	4	1	3
TOTALES	192	15	28	37	63	22	6

Figura 10: cuadro de tareas determinadas para la línea No 6.

La cantidad de tareas por ejecutante (figura 11) determina que las operaciones mecánicas y el personal de electromecánica son los grupos que tienen mayor asignación de tareas críticas.

Figura 9: Árbol lógico de decisión rápido RCM.

ANÁLISIS DE LAS TAREAS POR EJECUTANTE									
EJECUTANTE	TOTALES	DIARIA	SEMANA L	MENSUAL	BIMENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL	PARADA DE LINEA	POR CONDICION
OPERACIONES	33	16	5	5	0	2	0	2	2
ELECTRICIDAD	24	0	2	7	2	6	1	1	0
MECANICA	42	0	1	18	6	5	9	0	1
ELEC-MEC	30	0	5	13	0	4	3	0	0
ESPECIALISTA	20	0	0	4	7	2	3	0	4
INSTRUMENTISTA	2	0	0	0	1	1	0	0	0
SUPERVISOR	1	0	1	0	0	0	0	0	0
TOTALES	152	16	14	47	16	20	16	3	7

Figura 11: Tempario de las tareas por ejecutante

Comparando con los planes de mantenimiento que se encuentran en Máximo (CMMS) se obtiene la siguiente confrontación:

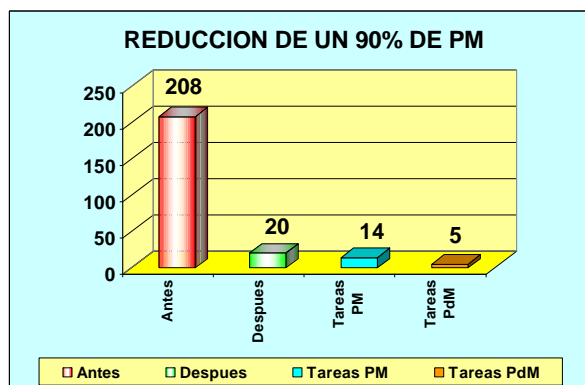


Figura 12: reducción de actividades

La reducción de las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo después de la implementación del RCM es de 90% ver figura 12.

La implementación de los cambios se lleva a cabo por el departamento de planeación en el sistema de manejo del mantenimiento **MAXIMO**.

IMPLEMENTACION DE RCM

La implementación se realiza basada en un plan de acciones concretas y un sistema de seguimiento del progreso.

En la implementación de el CMMS

- ❖ Compare las nuevas PM con las existentes
- ❖ Adicione la PM al programa de mantenimiento
- ❖ Las PM existentes identificadas son modificadas para hacer una más efectiva ejecución de las tareas PM
- ❖ Borre las tareas que no son efectivas y que sobren.
- ❖ Establezca las prioridades para implementar cambios con base en:
 - Frecuencia de las tareas
 - Impacto sobre la disponibilidad y confiabilidad
 - Impacto sobre la reducción de costos PM
 - Facilidad en la implementación

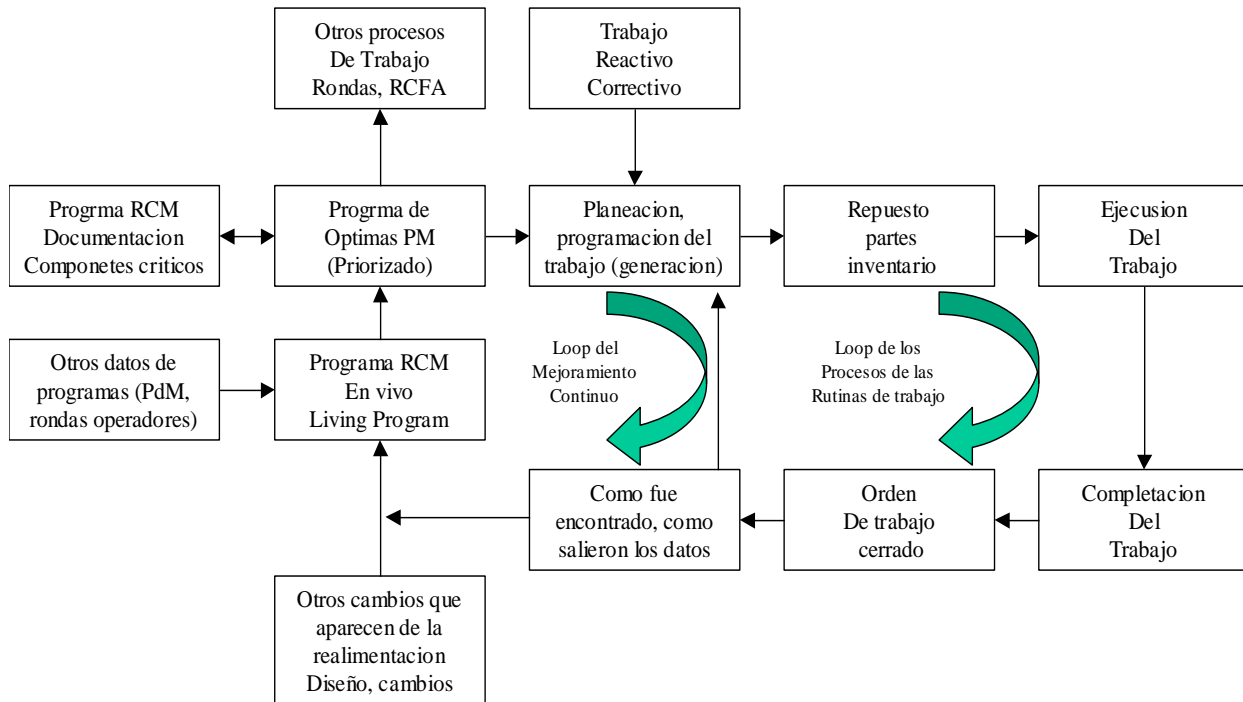
CHECK LIST PARA IMPLEMENTACION: ORGANIZACIÓN

1. Establecer un equipo de trabajo con un líder
2. Definir misión, metas y objetivos del programa (planta piloto)
3. Medir la línea de Base (Donde hoy están, programa y equipos)
4. Definir la Medición del programa, seguimiento
5. Diseñar mecanismos de realimentación de datos de campo
6. Diseñar los indicadores de gestión KPI

VIVIENDO EN EL PROGRAMA DE RCM

1. Manejar las futuras fallas de los equipos.
2. Optimizar las tareas PM
3. Identificar las necesidades de expandir el programa
4. Direccionar nuevas tecnologías del mantenimiento.

PROCESO DE TRABAJO CONTINUO DEL RCM



ESTABLECIENDO EL PROGRAMA

1. Asigne responsables para analizar el mantenimiento basado en RCM.
2. Regularmente revise
 - a. Historia de las fallas
 - b. Historia de la PM.
 - c. Información de la producción.
 - d. Nuevos desarrollos o técnicas a ejecutar en el mantenimiento.
3. Revise las necesidades básicas basadas en:
 - a. Cambios de diseño.
 - b. Cambios operacionales.
 - c. Cambios en equipos.

CONCLUSIONES

- ❖ Documentar los resultados del programa de mantenimiento preventivo basados en confiabilidad.
- ❖ Prever el costo-efectividad de la aplicación del RCM.
- ❖ Usar documentos electrónicos para soportar el análisis del RCM.
- ❖ Los resultados de la optimización de las tareas de mantenimiento preventivo y recursos del mantenimiento deben transformarse en indicadores de gestión.
- ❖ Asegurar que el programa de RCM este alineado a los objetivos del Negocio.

William M. Murillo:

Ing. William M. Murillo, SMRP

Ingeniero electricista y especialista en sistemas de transmisión, potencia y generación de la Universidad del Valle. Diplomado en confiabilidad de sistemas, en la Universidad de los Andes. Ha trabajado para Stewart & Stevenson en O & M de Turbinas a Gas; para BP Colombia como supervisor de mantenimiento eléctrico en Cusiana y Cupiagua; para ECOPETROL en diseño de procedimientos y estructuración del CMMS; Analista de operaciones y mantenimiento para Termovalle, Implementaciones de RCM en Cargill Venezuela. RCM ingeniería como especialista en gestión del mantenimiento, para Mecánicos Asociados como ingeniero de Confiabilidad para Petrobras, para Flour Daniel-Worleyparsons como Inspector Electricista en Tengiz Kazahkstán, en Pipeline Systems Incorporated PSI, como ingeniero Pre-Commissioning en Chile, minera los Pelambre y actualmente en Argentina para Siemens como Lead Eléctrica Engineer.

Instructor ACIEM, Miembro de la Society for Maintenance and Reliability Professional SMRP e International Association of Electrical Inspectors IAEI.

Entrenado en la técnica RCM por HSB Reliability Technologies USA y en STEP2 advanced Reliability Technologie USA, en RCFA por BP Exploration; en Weibull Análisis con Wes Fulton, en TPM con Terry Wireman, en ASME API 581 Risk based Inspection por CTI Argentina y en Técnicas de Turnover, Construcción y Commissioning por Worleyparsons.

www.rcmingenieria.com