



**7º CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS**



**EXPO
MANTENER
2015**



FEDERACION IBEROAMERICANA DE MANTENIMIENTO



Asociación Colombiana
de Ingenieros
ACIEM
Capítulo Cundinamarca

 **18º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento**
 **XVII Congreso Internacional de Mantenimiento**

20, 21 y 22 de Mayo de 2015. Cartagena de Indias - Colombia



abramam
associação brasileira
de manutenção e gestão de ativos



Alcanzando la Confiabilidad a Partir de los Datos

Autores: David Velandia (1), Murray Wiseman (2), Oscar Hoyos (2)

1. Carbones de Cerrejón

2. Living Reliability

Mayo 2015



7º CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS



EXPO
MANTENER
2015



FEDERACION IBEROAMERICANA DE MANTENIMIENTO



Asociación Colombiana
de Ingenieros
Capítulo Cundinamarca

 18º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento
 XVII Congreso Internacional de Mantenimiento

20, 21 y 22 de Mayo de 2015. Cartagena de Indias - Colombia



abramam
associação brasileira
de manutenção e gestão de ativos



En la gestión de mantenimiento siempre estamos buscando:





**Mejorar continuamente el
desempeño de los equipos.**

¿Cómo lo
logramos?

- **Identificar** y adquirir los eventos relevantes (Datos de edad)
- **Transformar** estos datos en modelos de decisiones eficaces
- **Actualizar** los modelos de decisión y base de conocimiento
- **Actualizar** las tácticas (Rutinas y frecuencias)

Sin embargo, la calidad de información ha sido un obstáculo para la toma efectiva de decisiones en Mantenimiento

En este sentido la industria de mantenimiento ha avanzado, con diferentes niveles de madurez, en:

1. Adquisición de datos de monitoreo de condición 
2. Construcción de Algoritmos/modelos de predicción de fallas 
3. Registro de falla y mantenimiento de los equipos (ó “datos de edad”) 
 - ¿Qué son los datos de edad? 
 - Conceptos RCM (Falla funcional, modo de falla)
 - Conceptos LRCM (Falla potencial, suspensión)

Solucionamos este punto al crear un link entre la Orden de Trabajo y la Base de Conocimiento de Mantenimiento

ANTES

Existían dos bases de datos distintas no sincronizadas

CMMS (Códigos falla)



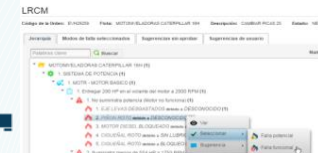
Jerarquía RCM



AHORA



MESH LRCM



Jerarquía RCM

Enfocado en optimizar la toma de decisiones a partir del análisis de la información, objetivos:

- **Facilitar** la captura de datos para la construcción y optimización de Modelos de Decisión (MD).
- **Optimizar** planes de mantenimiento a partir de la actualización dinámica de la base de conocimiento.

La solución nos permite transferir la experiencia de campo a las OT a través de la jerarquía RCM- *Modos de Falla existentes*

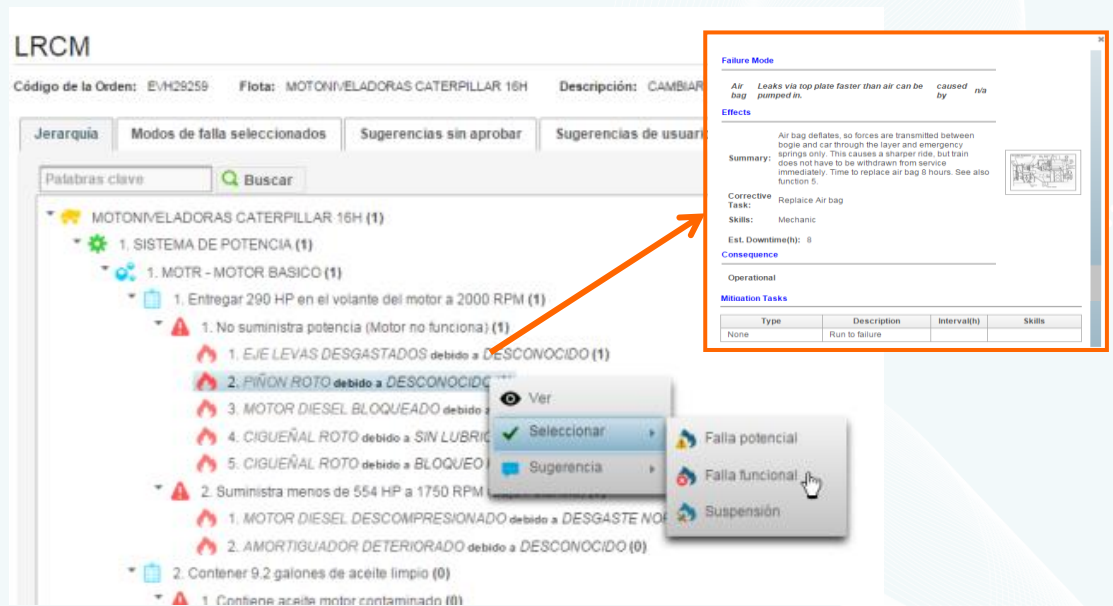
ANTES

Seleccionar Fallas a partir de listas desplegables



AHORA

Seleccionar modos de falla en jerarquía RCM
Seleccionar Tipo de fin de ciclo de vida (FF, FP, S)

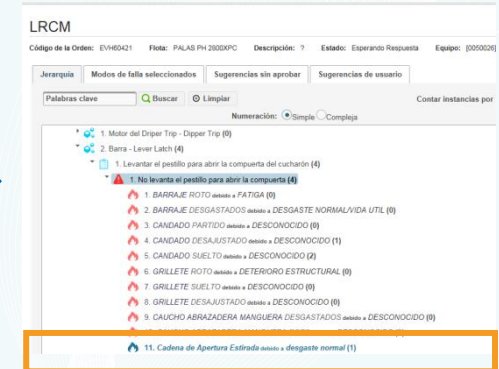
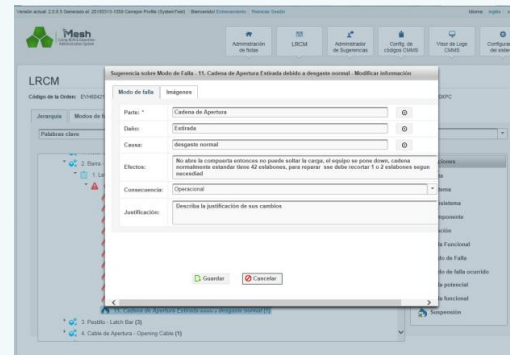


La solución nos permite transferir la experiencia de campo a las OT a través de la jerarquía RCM- *Modos de Falla Nuevos*

ANTES

No existía proceso para retroalimentar dinámicamente el RCM con modos de falla que no habían sido anticipados en Análisis Inicial

AHORA



Modo de Falla: Cadena de Apertura Estirada debido a desgaste

Efectos: No abre la compuerta por lo que no se puede soltar la carga, el equipo se pone indisponible, cadena estándar cuenta con normalmente 42 eslabones, para reparar se debe recortar 1 o 2 eslabones según necesidad

Consecuencia: Operacional

Otros ejemplos de Modos de Falla nuevos incluidos en Jerarquías RCM

→ Eje del mando de círculo roto por fatiga

- ▼ Motoniveladora v4.3
 - ▶ 1. Sistema de Potencia
 - ▶ 2. Sistema Hidráulico
 - ▶ 3. Sistema de Frenos
 - ▼ 4. Sistema de Aditamentos
 - 1. Ripper
 - 2. Barra de Tiro
 - 3. Sopote de la hoja Topadora
 - 4. Hoja Topadora
 - 5. Cuchilla o Portapicás
 - ▼ 6. Circulo
 - 1. Girar el circulo hasta un angulo de 65 grados en ambos sentidos (90 grados entre 10)
 - ▶ 1. No gira el circulo, no lo hace por todo el recorrido o gira lento
 - ▶ 1. corona del mando del circulo partida caused by calibración inadecuada del mando del circulo
 - ▶ 2. zapatillas del circulo desajustadas caused by desconocido
 - ▶ 3. tornillos de la base del mando del circulo partida caused by fatiga
 - ▶ 4. Eje del mando del circulo roto caused by fatiga

Modo de Falla

Eje del mando del circulo roto debido a fatiga

Efectos

Resumen: Cuando se rompe el eje del mando el equipo queda down. No hay movimiento de la cuchilla. Se requiere trasladar el equipo al taller para cambiar el mando del circulo. El costo del down es aproximadamente 150 veces el valor de la hh y en promedio para la flota se presentan en promedio 61 eventos por año. Costo total anual aproximado de la falla 9,800\$/hh.

Tarea correctiva: cambiar el mando, calibrar el circulo, hacer pruebas y poner en funcionamiento

Roles: Mechanic

Tiempo de parada (h): 12

Consecuencia

Operational

Tareas de mitigación

Imágenes

Otros ejemplos de Modos de Falla nuevos incluidos en Jerarquías RCM

→ Sello de bomba de agua roto por reacción con refrigerante

- ▼ Motoniveladora v4.3
 - ▼ 1. Sistema de Potencia
 - 1. Motor Básico
 - 2. Motor - Sistema de Lubricación
 - 3. Motor - Sistema de Combustible
 - 4. Motor - Sistema de Admisión y Escape
 - ▼ 5. Motor - Sistema de Enfriamiento
 - 1. Mantener la temperatura del refrigerante entre 75 y 90 C
 - ▼ 2. Contener 12.3 galones de refrigerante limpio.
 - ▼ 1. No contiene 12.3 galones de refrigerante
 - 1. Mangueras de refrigerante cristalizada debido a desconocido
 - 2. Sello de bomba de agua roto debido a reacción con refrigerante

Modo de Falla

Sello de bomba de agua roto debido a reacción con refrigerante

Efectos

Al romperse el sello de la bomba de agua se fuga el refrigerante del sistema de enfriamiento. El motor diesel se recalienta y se activan las alarmas de alta temperatura motor, en caso de que el operador haga caso omiso de la alarma el motor se puede pegar.

Tarea correctiva: Trasladar el equipo al taller, cambiar la bomba de agua, poner en funcionamiento

Roles: Mechanic

Tiempo de parada (h): 12

Consecuencia

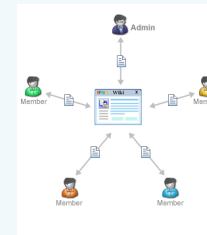
Operational

Tareas de mitigación

Imágenes

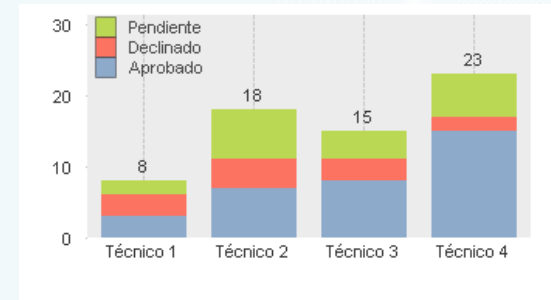
El conocimiento cambia según crece la experiencia en campo, la solución crea conciencia en que la información de mantenimiento tiene valor

Creamos una red de colaboradores para consolidar conocimiento y capturar la información

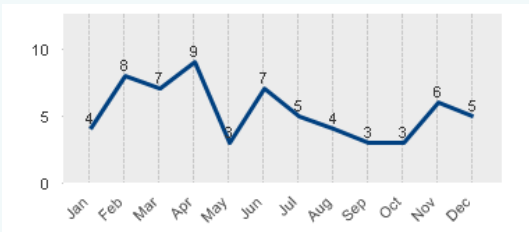


Técnicos
Plaeadores /Porgramadores
Supervisores
Analistas
Superintendentes / Gerentes

Son reconocidos los técnicos y supervisores que mas aporten a la base de conocimiento RCM



Evolución del conocimiento por mes



EVOLUCION DEL CONOCIMIENTO				1			2		
FLOTA	FUNCIONE Si (F)	FALLAS FUNCIONALE Si (FF)	No. MODOS DE FALLA i (MF)	F	FF	MF	F	FF	MF
Flota 1	146	193	929	146	193	934	147	195	943
Flota 2	77	113	466	78	114	468	111	165	692

El registro preciso de modos de falla permitió aumentar la capacidad de análisis simples de confiabilidad...

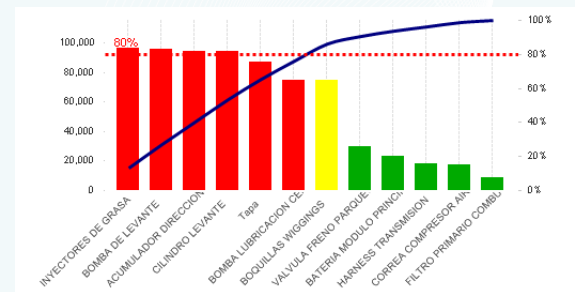
ANTES

- Análisis a nivel de sistema / Componente

AHORA

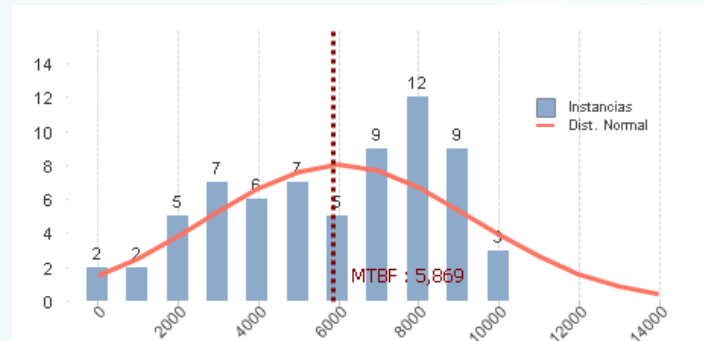
- Análisis a nivel de modo de falla
- Permite evaluar y optimizar la estrategia de mantenimiento
- Permite conocer comportamiento de falla de partes

Pareto de Costos por modos de Falla



FM3	Ocurrencias	MTBF
Total	67	5,869
Tapa Deformado PRACTICA O ERROR OPERA...	2	1,071
FILTRO PRIMARIO COMBUSTIBLE OBSTRUIDO...	2	1,947
BATERIA MODULO PRINCIPAL DESCARGADO ...	2	3,565
Tapa SUELTO PRACTICA O ERROR OPERACI...	6	4,609
CILINDRO LEVANTE FUGA EXTERNA DESGAS...	5	5,595
ACUMULADOR DIRECCION DETERIORADO C...	9	5,699
VALVULA FRENO PARQUEO PEGADO MATERI...	4	5,872
BOMBA LUBRICACION CENTRALIZADA DETER...	9	5,898
BOMBA DE LEVANTE DESGASTADOS FALLA ...	8	6,226
CORREA COMPRESOR AIRE DETERIORADO ...	2	6,740
INYECTORES DE GRASA DESCALIBRADO CAL...	8	7,168
BOQUILLAS WIGGINGS Obstruido/Sucio PRACTI	8	7,506
HARNES TRANSMISION ABIERTO DESGASTE...	2	7,963

MTBF por Modos de Falla



Histograma a nivel de Modos de Falla

Ahora, podemos crear análisis de confiabilidad más complejos donde correlacionamos variables de edad y condición

Ejemplo: Análisis multi-variable sobre una transmisión de un camión minero monitoreada por análisis de aceite.

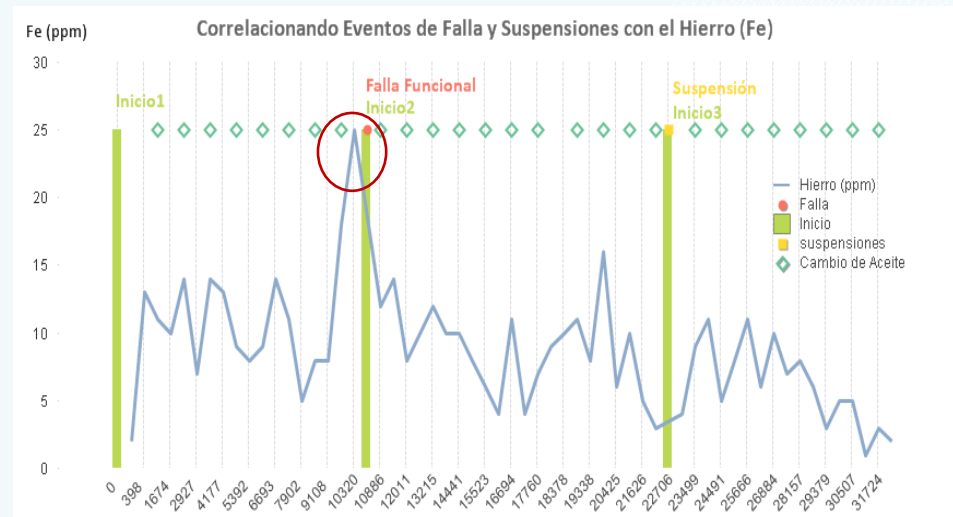
Objetivo: Crear un modelo optimo CBM a partir de la correlación entre eventos de falla y variables de análisis de aceite.

1. Generación de la Muestra: Extraer una muestra de ciclos de vida de la Transmisión

Ident	Date	WorkingAge	Event
17-66	30-Dec-93	0	B
17-66	14-Feb-94	1028	OC
17-66	12-Apr-94	2600	OC
17-66	02-Aug-94	4786	OC
17-66	26-Sep-94	6030	OC
17-66	21-Nov-94	7319	OC
17-66	16-Jan-95	8474	OC
17-66	13-Mar-95	9732	OC
17-66	23-Apr-95	10524	EF
17-66	24-Apr-95	10524	B

Análisis Multivariable

2. Construir modelo de Riesgo: Identificar variables de monitoreo significativas, es decir, aquellas que aumenten la probabilidad de falla de la Transmisión.

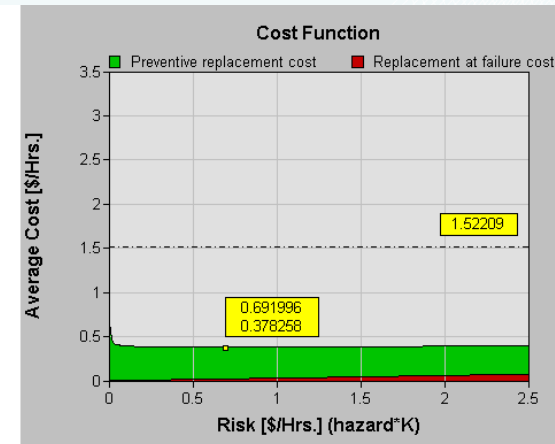


Fe y Pb → Significativas
Ca y el Mg → No Significativas

Parameter	Estimate	Sign.	Standard Error	Wald	DF	p - Value	Exp of Estimate	95 % CI	
								Lower	Upper
Scale	1.61e+005	-	4.026e+005	-	-	-	-	0	9.5e+005
Shape	4.276	Y	1.67	3.848	1	0.04981	-	1.003	7.55
Iron	0.2433	Y	0.0815	8.911	1	0.002834	1.275	0.08355	0.403
Lead	1.129	Y	0.3682	9.397	1	0.002174	3.091	0.407	1.85
Calcium	0.0009981	N	0.001468	0.4621	1	0.4967	1.001	-0.00188	0.003876
Magnesium	0.03504	N	0.06884	0.2591	1	0.6107	1.036	-0.09989	0.17

Análisis Multivariable

4. Construir Modelo de Decisión para minimizar costos: Incluimos costos de remplazo y de falla. La política recomendada por el software dará un ahorro de 75.1% comparada con una política de remplazo por falla.



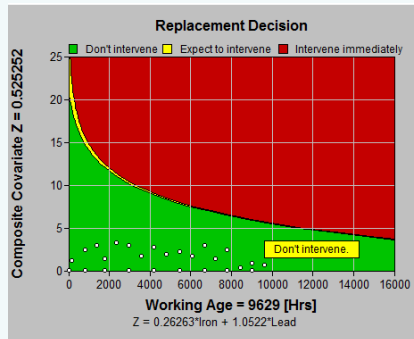
Summary of Cost Analysis

	Cost [\$/Hrs.]	Preventive Repl. Cost [\$/Hrs.]	Failure Repl. Cost [\$/Hrs.]	Prev. Repl. [%]	Failure Repl. [%]	Expected Time Between Replacements
Optimal Policy	0.378258	0.356373 (94.2 %)	0.0218851 (5.8 %)	98.8	1.2	3326.4
Replacement Only At Failure	1.52209	0 (0.0 %)	1.52209 (100 %)	0.0	100.0	3941.95
Saving	1.14383 (75.1 %)	-0.356373	1.5002	-98.8	98.8	-615.548

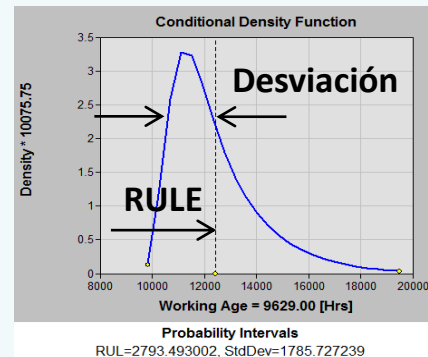
Análisis Multivariable

5. Probando el Modelo de Decisión sobre Transmisiones:

Reporte de Decisión de Riesgo



Reporte de Densidad Condicional



Calculo de la Vida Útil Remanente con su desviación estándar.

¿Cómo disminuir la Desviación Estándar?

Reporte Resumen

Unit	Model Name	Integrated Mode...	Decision	Time to Repl	Sample Date	Decision Date	Unit W. Age
U 17-66	Transmission		Don't intervene.	2311.39	3/9/1998	11/21/2013	32335
U 17-67	Transmission		Don't intervene.	1940.85	2/10/1998	11/21/2013	31544
U 17-77	Transmission		Don't intervene.	1699.08	2/21/1998	11/21/2013	22917
U 17-79	Transmission		Intervene immediately.	0	2/26/1998	11/21/2013	21688



7º CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS



Asociación Colombiana
de Ingenieros
Capítulo Cundinamarca

18º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento
XVII Congreso Internacional de Mantenimiento

20, 21 y 22 de Mayo de 2015. Cartagena de Indias - Colombia



¿Cómo lo hicimos? Asegurando los 4 pilares para alcanzar la confiabilidad a partir de los datos

LRCM
(asegura
un
lenguaje
común)

Calidad de
información



Identificando la información requerida

Personal
Competente



Concientizando, capacitando al personal
Promoviendo un mismo lenguaje

Modelos de
Decisión (MD)



Creando y actualizando MD
Evaluando y Optimizando la Estrategia
de Mantenimiento

Mejora
Continua



Actualizando sistemáticamente la base
de conocimiento a partir de las nuevas
experiencias en campo



**7º CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS**





**EXPO
MANTENER
2015**



FEDERACION IBEROAMERICANA DE MANTENIMIENTO



Asociación Colombiana
de Ingenieros
ACIEM
Capítulo Cundinamarca

 **18º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento**
 **XVII Congreso Internacional de Mantenimiento**

20, 21 y 22 de Mayo de 2015. Cartagena de Indias - Colombia



abramam
associação brasileira
de manutenção e gestão de ativos



Q&A



7º CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS



EXPO
MANTENER
2015



Asociación Colombiana
de Ingenieros
Capítulo Cundinamarca

 18º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento
 XVII Congreso Internacional de Mantenimiento

20, 21 y 22 de Mayo de 2015. Cartagena de Indias - Colombia



GRACIAS

David Velandía

david.velandia@cerrejon.com

Murray Wiseman

murray.wiseman@livingreliability.com

Oscar Hoyos Vásquez

oscar.hoyos@livingreliability.com