



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”  
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DIRECCIÓN DE POSTGRADO, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
COORDINACIÓN DE POSTGRADO  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA  
EXTRACCIÓN Y LAVADO DE LA PLANTA DE LAVADO DE ALÚMINA EN LA  
EMPRESA C.E. MINERALES DE VENEZUELA. S.A., APLICANDO LA  
METODOLOGÍA MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD 2  
(RCM2).**

**Realizado por : Ing. Carlos Afanador Márquez**

**Tutor :Ing. Wolfgang Bucar.**

**PUERTO ORDAZ, NOVIEMBRE DE 2005**



# **CONTENIDO**

- 1. INTRODUCCIÓN.**
- 2. OBJETIVOS.**
- 3. BASES TEÓRICAS**
- 4. FOTOGRAFIAS.**
- 5. RESULTADOS.**
- 6. PROPUESTA.**
- 7. CONCLUSIONES.**
- 8. RECOMENDACIONES.**
- 9. CICLO DE PREGUNTAS.**



# INTRODUCCIÓN



El estudio se realizó en el sistema de extracción y lavado de la planta de lavado de alúmina (PLA) en la empresa C.E. Minerales de Venezuela. S.A, ubicada en la Zona Industrial Matanzas, Puerto Ordaz, Estado Bolívar, Venezuela.

La implementación del plan de mantenimiento para el sistema de extracción y lavado esta orientado a recuperar y mantener la disponibilidad y confiabilidad necesaria para que la empresa cumpla con sus obligaciones comerciales, las normativas medioambientales establecidas, manteniendo un margen de utilidad aceptable.



# OBJETIVOS



## OBJETIVO GENERAL:

Implementar un plan de mantenimiento para el sistema de extracción y lavado de la planta de lavado de alúmina en la empresa C.E.Minerales de Venezuela.S.A. aplicando la metodología Mantenimiento Basado en la Confiabilidad 2 (RCM2).



# OBJETIVOS



## Objetivos Específicos:

- 1.- Revisar el mantenimiento existente, con la finalidad de conocer las políticas de mantenimiento aplicadas en la planta de lavado, sus debilidades y fortalezas.
- 2.- Seleccionar el Equipo Natural de Trabajo (ENT), el cual estuvo integrado por personal de mantenimiento y operaciones, y un facilitador en RCM2. Este equipo fue la principal fuente de generación de información debido a la experiencia y conocimientos que tiene cada integrante sobre el mantenimiento y operación de la planta de lavado(PLA).
- 3.- Instruir al Equipo Natural de Trabajo sobre la metodología Mantenimiento Basado en la Confiabilidad 2 (RCM2).



# OBJETIVOS

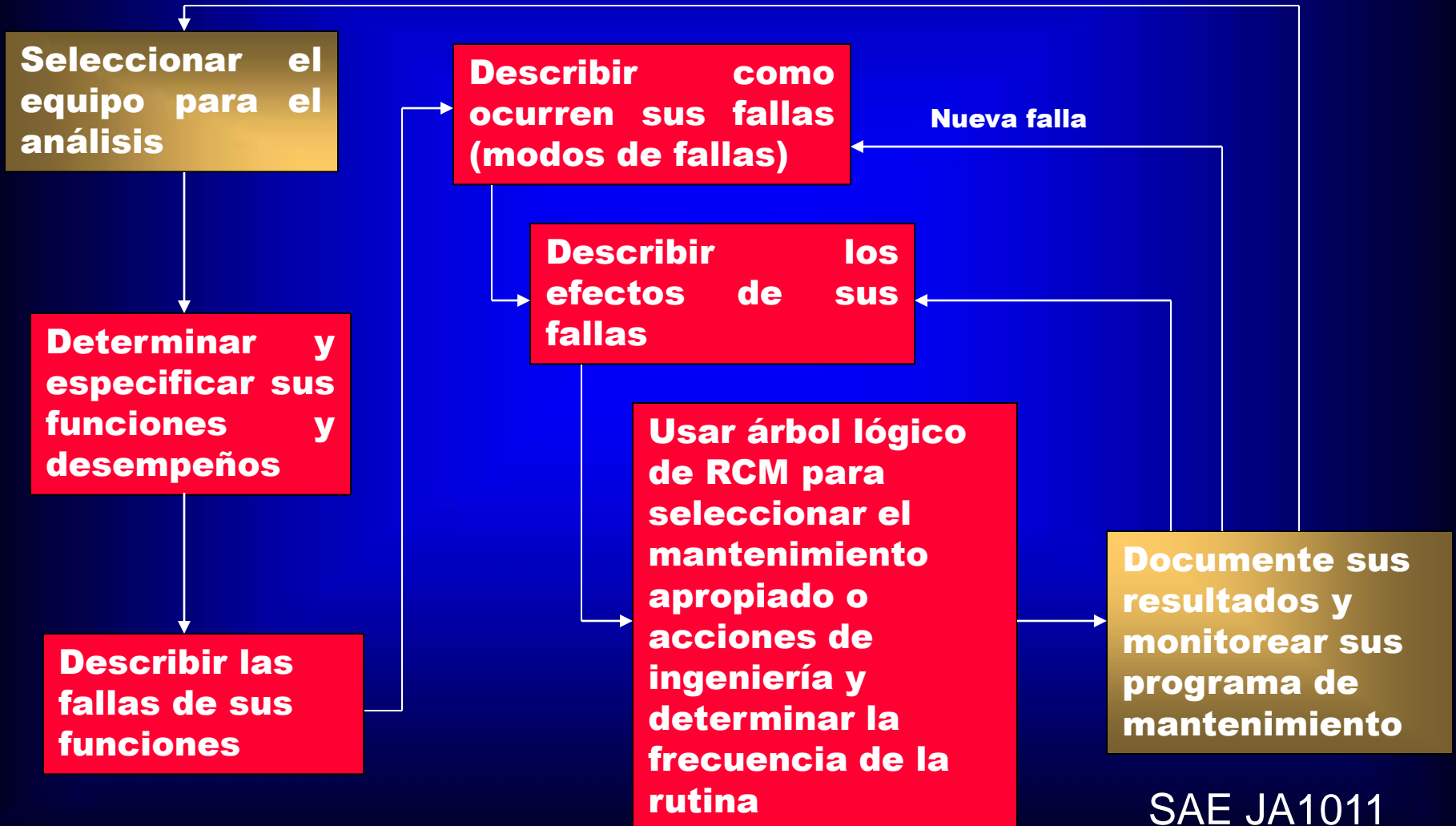


## Objetivos específicos:

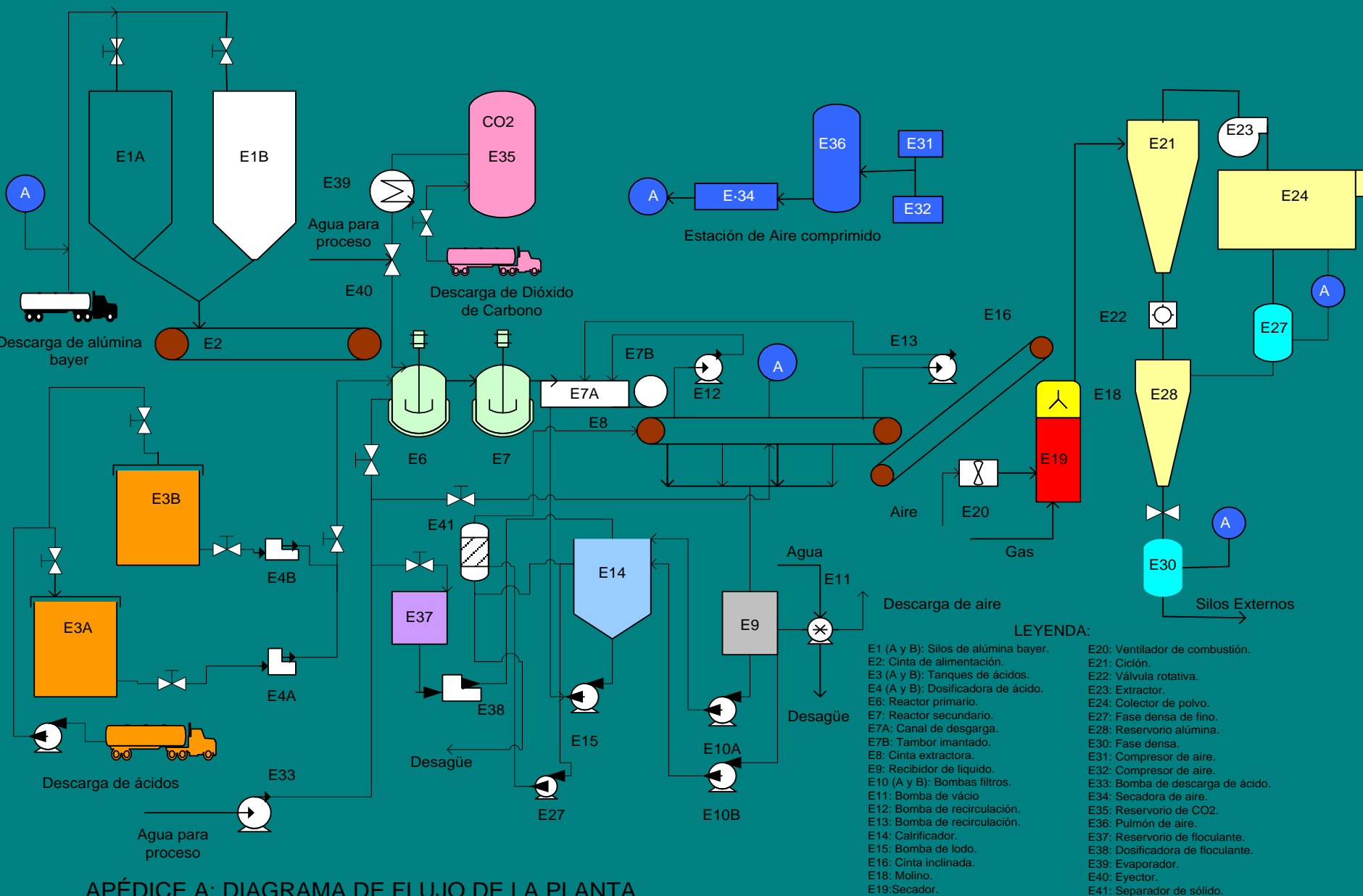
- 4.- Identificar los sistemas y subsistemas más representativos que conforman la unidad de proceso o la planta de lavado de alúmina (PLA). El sistema de extracción de lavado fue identificado previamente ante de iniciar esta investigación.
- 5.- Definir las funciones y estándares de desempeño para los sistemas y subsistemas identificados.
- 6.- Especificar los insumos, servicios, sistemas de control, productos, desechos , que alimentan y/o se generan en cada sistema .....

# El proceso RCM 2

Próximo equipo para el análisis



## Diagrama de Fujio.



APÉDICE A: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE LAVADO DE ALÚMINA.



**Recibidor E9 y Bombas de Filtro E10 (A y B).**



**Bomba de vacío E11**





**Bomba de Recirculación E12**





**Bomba de Recirculación E13**

**Cinta Extractora E8.**

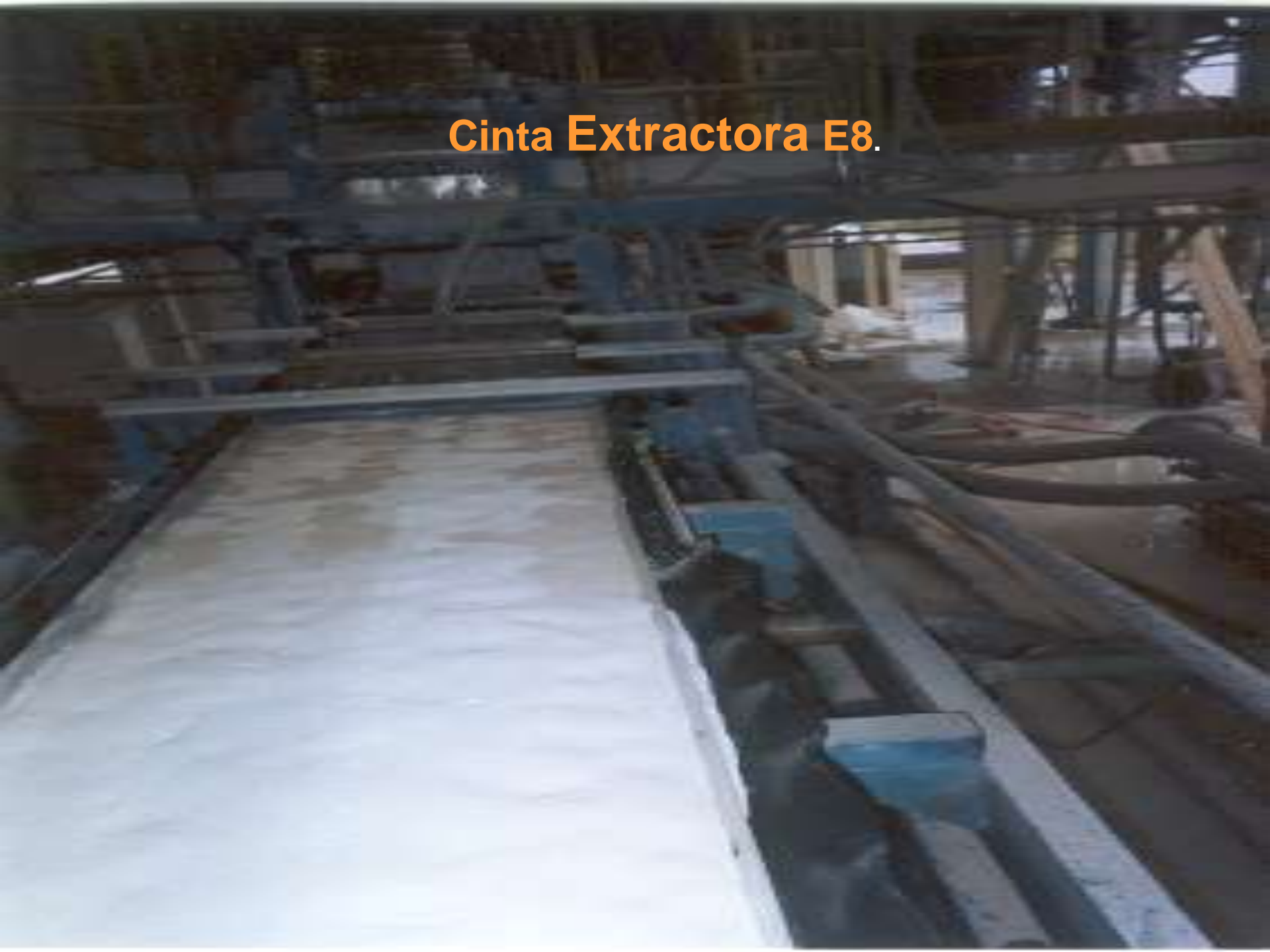


## Cinta Extractora E8.





## Cinta Extractora E8.



## Moto-reductor de Cinta E8





# RESULTADOS

## 1.- BREVE COMENTARIO SOBRE EL MANTTO EXISTENTE:

Actualmente la política de mantenimiento aplicada a la planta de lavado de alúmina (PLA) es el Mantenimiento Correctivo (MC), también se realizan tareas de limpieza y lubricación sin periodicidad establecida. El tiempo promedio requerido para reparar incluyendo la logística de ubicación de repuestos necesario y la disponibilidad del personal de mantenimiento es de aproximadamente de cuatro horas y media (ver CUADRO32); debido a la escasa información en los registros de fallas no fue posible cuantificar el tiempo de reparación propiamente dicho. La recurrencia de falla es creciente; aunque la evaluación del mantenimiento para el resto de la planta no es un objetivo de la investigación es importante señalar que la prioridad en la planta la tiene el proceso de fundición de alúmina; el equipo de trabajo de mantenimiento por turno esta formado por un (01) mecánico, un (01) electricista, un (01) soldador y un (01) supervisor (únicamente para el turno administrativo), este personal cubre todas las labores de mantenimiento de planta (lavado, fundición, trituración, clasificación y despacho). La Efectividad Global de Equipos (EGE) para el sistema extracción y lavado en los primeros siete (07) meses del año 2004 es determinada mas adelante, esta información complementa este breve comentario sobre el mantenimiento existente y representa una referencia. Los registros de fallas son escasos y poco confiables.

## CUADRO 8A

### Análisis Funcional del Sistema 4: Extracción y Lavado.

Descripción del equipo.	Identificación.	Fabricante.	Modelo.	Capacidad.	Desempeño.	Funciones.	Otros.
Cinta extractora.	E8.	EIMCO.	2624	12 ton/hr alúmina lavada @ 25 % humedad.	7 a 8 ton/hr.	Lava alúmina a razón de 7 a 8 ton/hr con 20 a 40 GPM de agua, ocurre la separación de los nitratos o carbonatos resultantes de la reacción , permite extraer hasta el 75% de humedad en la alúmina lavada, dicha extracción contribuye a la separación de la mayoría de los nitratos o carbonatos.	Especificación motor eléctrico c/ variador de frecuencia (rango): 1.- 7.5 Hp, 1760 RPM. 11 amp, 460 vol.60 Hz. 2.- 7.5 Hp, 3560 RPM, 11 amp, 460 volt, 120 Hz.
Bomba de recirculación.	E12.	Enviro Tech Pump System.	1.5VR A1000	27 GPM @ 30 PSI.	10 GPM @ 20 PSI.	Envía el agua que lavó la tela filtrante y la cinta extractora al canal de descarga (E7A).	Especificación moto eléctrico: 1712 RPM, frame 184T, 5Hp, 460 volt, 6.7 amp, 60 Hz, FS 1.15, aislamiento clase F, NEMA 84.
Bomba de recirculación.	E13.	Enviro Tech Pump System.	1.5VR A1000	27 GPM @ 30 PSI.	10 GPM @ 20 PSI.	Envía el agua que lavó la tela filtrante y la cinta extractora al canal de descarga (E7A).	Especificación motor eléctrico: 1712 RPM, frame 184T, 5Hp, 460 volt, 6.7 amp, 60 Hz, FS 1.15, aislamiento clase F.

## CUADRO 8B

### Análisis Funcional del Sistema 4: Extracción y Lavado.

Bomba de vacío	E11	NASCH	CL150 1	30" Hg @ 1300 CFM	20" Hg @ 1360 CFM	Produce el vacío necesario para extraer el 75% de agua contenida en la solución de alúmina lavada en la cinta E8.	Especificación motor eléctrico: 1775 RPM, frame 365 T, 460 volt/, 60 hz, FS 1.15, aislamiento clase F, NEMA 84.
Bomba de filtro.	E10 A.	Krogh Pump Company.	55-OH.	131 GPM @ 40 PSI.( hasta con 26 "Hg de vacío en la succión).	50 GPM @ 20 PSI, a 20 "Hg de vacío en la succión.	Succiona el agua de alúmina lavada y filtrada desde el tanque receptor (E9) y la descarga en el clarificador (E14).	Actualmente esta bomba no usa el impeller original, su desempeño ha decaído en más de un 50 %. Especificación motor eléctrico: 1745 RPM, Frame 215 T, 460 volt, FS 1.25, aislamiento clase F, NEMA 83.5.
Bomba de filtro	E10 B	Krogh Pump Company.	55-OH	131 GPM @ 40 PSI.( hasta con 26 "Hg de vacío en la succión).	50 GPM @ 20 PSI. A 20" Hg de vacío en la succión.	Succiona el agua de alúmina lavada y filtrada desde el tanque receptor (E9) y la descarga en el clarificador (E14).	El diseño de la planta de lavado de alúmina (PLA) no contempla esta bomba, fue instalada originalmente para reserva , hoy en día trabaja en simultaneo con la E10A @ condición de impeller.
Receptor.	E9.	Krogh	55-OH	500 litros.	500 litros.	Almacena transitoriamente el agua de alúmina lavada y filtrada.	Cuenta con un indicador de nivel .

## CUADRO 22

### Sistema 4: Lavado & Extracción.

#### Diagrama EFS.

#### \_Entrada

1. Solución producto de la reacción  
( de 7 a 8 ton/hr de alúmina Bayer + 40 a 60 gpm, según el reactivo utilizado + dosificación del reactivo) @ Ph: 6.40 a 7.
2. Sólidos en suspensión provenientes de los separadores de sólidos (primario y secundario).
3. 20 gpm de agua de recirculación.
4. 20 gpm pulpa de alúmina lavada y filtrada.
5. Aire comprimido seco a 5 cfm @ 80 psig.
6. Electricidad: 440 Voltio, 60 Hz, 136 Kw.
7. Electricidad: 208 Voltio, 60 Hz, 5 Kw-iluminación.
8. 40 gpm agua de proceso para enfriamiento y limpieza.
7. 5 gpm agua de proceso para enfriamiento de sellos de bombas.

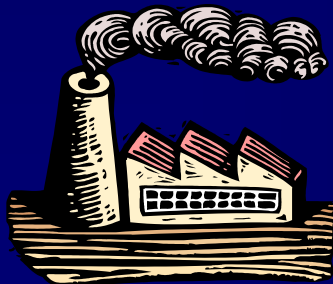
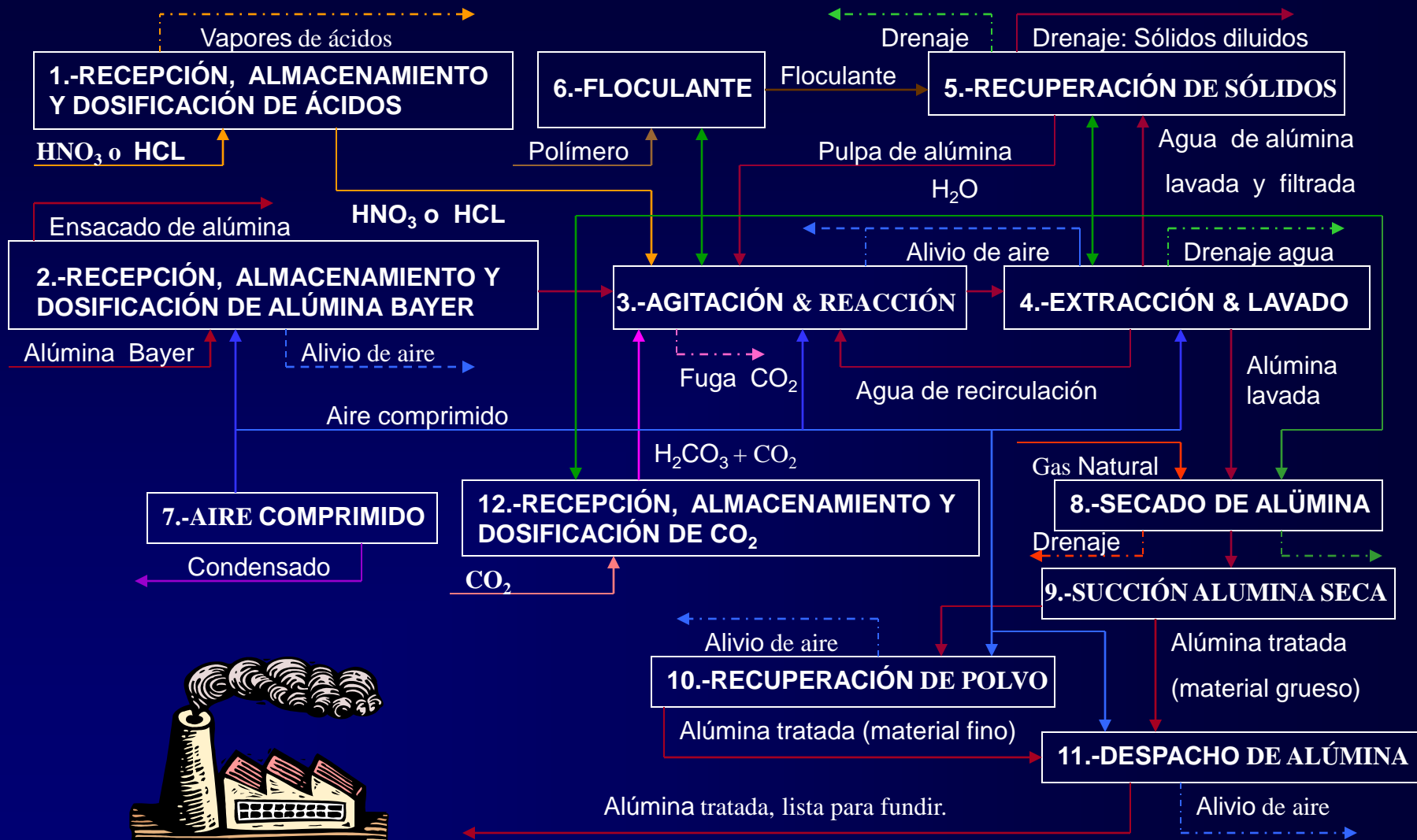
#### \_Funciones

1. Lavar con agua “pastel” de alúmina.
2. Extraer mínimo 75 % de la humedad presente en la alúmina lavada.
3. Mantener alineada tela filtrante y cinta extractora.
4. Rociar continuamente con agua: tela filtrante y la cinta extractora .
5. Recircular agua de lavado .
6. Enviar agua de alúmina lavada y filtrada al Clarificador.
7. Enfriar con agua: los segmentos deslizantes de la cinta extractora y sellos de bombas.
8. Producir alúmina lavada, bajo especificaciones.

#### \_Salida

1. 20 gpm recirculación agua de lavado.
2. 131 gpm de agua de alúmina lavada y filtrada.
3. 5 gpm de agua al drenaje.
4. 7 a 8 ton/ hr de alúmina lavada con menos de un 25 % de humedad y un % de sodio menor de 0.15.

## Diagrama Funcional de la Planta de Lavado de Alúmina



FUNDICIÓN

**CUADRO 30**  
**Tiempos de operación y fuera de servicio para el sistema**  
**extracción & lavado de PLA, desde enero hasta julio de 2004.**

<b>Meses</b>	<b>Tiempo de Operación, en horas.</b>	<b>Tiempo Fuera de Servicio (no disponible), en horas.</b>	<b>Tiempo en espera, en horas.</b>
<b>Enero</b>	13,2,36,27,29,5,31,4,1,10,19,18.	2,16,4,9,4,3,10,2,24,11,3,1.	200
<b>Febrero</b>	47,11,38,15,22,1,5,68,59,44,29,48.	8,2,2,20,1,4,10,3,32,2,2,2.	160
<b>Marzo</b>	48,4,24,32,61,26,23,6,9,41,63,5,103,1,14,21,33.	6,1,9,1,1,1,3,2,2,1,1,6,2,5,2,3,6,2.	160
<b>Abril</b>	4,33,4,32,13,20,12,62,3,3,41,10,31,18,10,16,3,12,2,53,34,12,13.	8,1,3,2,3,1,2,3,4,3,8,2,2,3,5,8,3,10,8,1,3,3,2.	200
<b>Mayo</b>	1,5,21,18,32,22,2,21,8,6,1,8,10,21,7,52,27,7,5,20,9,6,7,22,13,32.	2,1,1,22,2,2,2,3,1,2,4,2,3,2,2,1,3,2,3,2,5,5,1,5,6,4,9,3,3,2,2.	160
<b>Junio</b>	17,148,30,3,2,21,30,21,21,74,8,7,36,3,7.	2,5,1,4,2,2,3,1,1,2,5,1,3,2,2.	160
<b>Julio</b>	49,23,23,41,15,26,6,1,4,4,67,18,3,12,5,5,1,3,4,15,6,1,4,2,4,4,7,6,55.	3,2,3,10,1,2,2,4,11,3,2,2,12,2,3,2,10,1,7,23,1,5,2,4,4,6,16,18,1,8,6,1.	200
<b>Acumulado</b>	2.814	639	1240
<b>Promedio</b>	19,54	4,47	177.14

Fuente: Tomado de los reportes diarios de producción de PLA.

**CUADRO 31**  
**Números de fallas por sistema para el periodo Enero a Julio del 2004.**

<b>Descripción del sistema.</b>	<b>No... .. Fallas</b>	<b>%</b>	<b>Tiempo promedio fuera de servicio, ..... en Hr.</b>
Recepción , almacenamiento y dosificación de ácido.	0.00	0.00	0.00
Recepción ,almacenamiento y dosificación de alúmina bayer.	0.00	0.00	0.00
Agitación y Reacción.	8.00	5.67	3.38
Extracción y Lavado.	53.00	37.59	4.04
Recuperación de Sólidos.	0.00	0.00	0.00
Floculante.	0.00	0.00	0.00
Aire comprimido.	55.00	39.00	3.84
Secado de Alúmina.	6.00	4.25	9.50
Succión de alúmina.	15.00	10.64	5.40
Recuperación de polvo.	4.00	2.84	4.50
Despacho de alúmina tratada.	0.00	0.00	0.00
Recepción, almacenamiento y dosificación de Dióxido de Carbono.	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL:</b>	<b>141</b>	<b>100</b>	<b>N/C.</b>

Fuente: Tomado de los reportes diarios de producción de PLA.

**CUADRO 32**  
**Resumen de producción de PLA desde enero hasta julio del 2004.**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Acumula do	Promedio
<b>Producción real, en tn.</b>	725.33	1501.00	2854,28	1912.38	2162.54	2208.45	2771,1 4	1856.66	2019.30
<b>% sodio a la entrada.</b>	0,43	0,38	0,38	0,39	0,37	0,39	0,37	2,71	0,39
<b>% sodio a la salida.</b>	0,19	0,15	0,17	0,16	0,13	0,15	0,13	1,08	0,15
<b>Tiempo de operación real, en horas.</b>	195	387	424	462	383	401	408	2814	402
<b>...Eficiencia, ...% (67% de ...alúmina)</b>	37.20	38.78	45.10	46.80	57.87	55.07	45.50		46.61

Fuente: Tomado de los reportes mensuales de producción.



### CUADRO 33

#### Números de fallas por sistema para el periodo enero a julio del 2004.

Descripción del sistema.	No. Fallas	%	Tiempo promedio fuera de servicio, en Hr.
Recepción , almacenamiento y dosificación de ácido.	0.00	0.00	0.00
Recepción ,almacenamiento y dosificación de alúmina bayer.	0.00	0.00	0.00
Agitación y Reacción.	8.00	5.67	<b>3.38</b>
Extracción y Lavado.	<b>53.00</b>	<b>37.59</b>	<b>4.04</b>
Recuperación de Sólidos.	0.00	0.00	0.00
Floculante.	0.00	0.00	0.00
Aire comprimido.	<b>55.00</b>	<b>39.00</b>	<b>3.84</b>
Secado de Alúmina.	6.00	4.25	<b>9.50</b>
Succión de alúmina.	15.00	10.64	<b>5.40</b>
Recuperación de polvo.	4.00	2.84	<b>4.50</b>
Despacho de alúmina tratada.	0.00	0.00	0.00
Recepción, almacenamiento y dosificación de Dióxido de Carbono.	0.00	0.00	0.00
TOTAL:	141	100	N/C.

Fuente: Tomado de los reportes diarios de producción de PLA.



# ANÁLISIS DE CRITICIDAD



CUADRO 36			
Análisis de Criticidad Sistema 4			
<b>Cuantificación de Criticidad</b>			
Planta: CE.Minerales de Venezuela.S.A.			
Sistema 4: Extracción & Lavado.			
<b>1</b>	<b>Frecuencia de falla (F).</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Asignado</b>
	No más de 5 por siete meses.	10	
	Entre 6 y 10 por siete meses.	35	
	Entre 11 y 20 por siete meses.	75	
	Más de 21 por siete meses.	100	100
<b>2</b>	<b>Nivel de producción (NP).</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Asignado</b>
	0 a 8 Ton.	10	
	8 a 16	35	
	16 a 24	55	
	Más de 24.	75	75
<b>3</b>	<b>Tiempo promedio para reparar (TPPR).</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Asignado</b>
	Menos de hora.	10	
	Entre 1 a 3 horas.	35	
	Entre 3 a 5 horas.	55	55
	Más de 5 horas.	75	
<b>4</b>	<b>Impacto en la producción (IP).</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Asignado</b>
	No afecta la producción.	10	
	25 % de impacto.	25	
	50 % de impacto.	50	
	75 % de impacto.	75	
	Impacto total.	100	100
<b>5</b>	<b>Costo de reparación (CR).</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Asignado</b>
	Hasta 200 MBs.	10	10
	Entre 201 - 1000 MBs.	20	
	Entre 101 - 3000 MBs.	30	
	Entre 301 - 500 MBs.	40	
	Más de 501 MBs.	50	
<b>6</b>	<b>Calidad del producto (CP).</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Asignado</b>
	No afecta.	0	
	Baja.	35	
	Media.	55	
	Alta.	75	75
<b>7</b>	<b>Impacto en seguridad personal (S).</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Asignado</b>
	No Afecta.	0	
	Baja.	50	
	Media.	75	
	Alta.	100	100
<b>8</b>	<b>Impacto Ambiental (A).</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Asignado</b>
	No Afecta.	0	
	Baja.	50	
	Media.	75	
	Alta.	100	100
		<b>TOTAL</b>	<b>615</b>



## ANÁLISIS DE CRITICIDAD

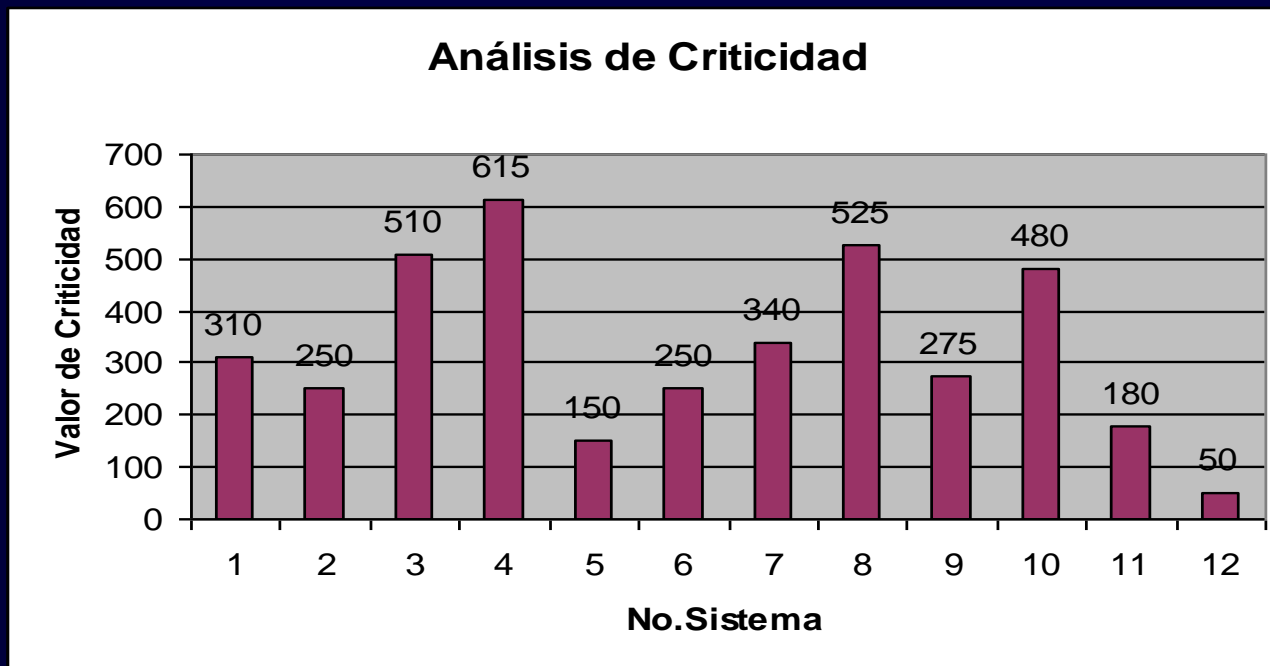


FIGURA 2: Grafico de barras que representa la criticidad de los sistemas que integran la planta de lavado de alúmina (PLA) para el periodo enero - junio del 2004.

El la figura 2 se observa que, el sistema de mayor criticidad resultó el de Extracción y Lavado con 615, seguido del sistema de Secado de Alúmina con 525 y el sistema de Agitación & Reacción con 510.



## GRAFICA DE CONFIABILIDAD DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN & LAVADO

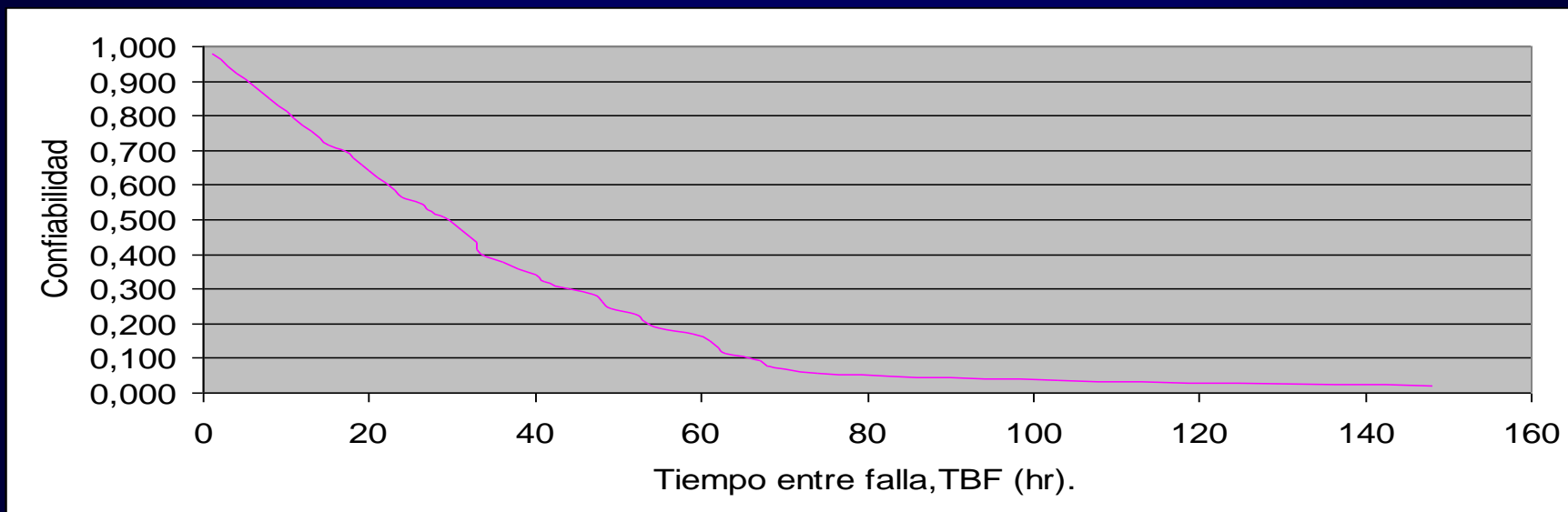


FIGURA 17: Gráfica de línea que representa la confiabilidad para el sistema extracción y lavado de PLA desde enero hasta Julio 2004.



## GRAFICA DE TASA DE FALLA DEL SISTEMA EXTRACCIÓN & LAVADO

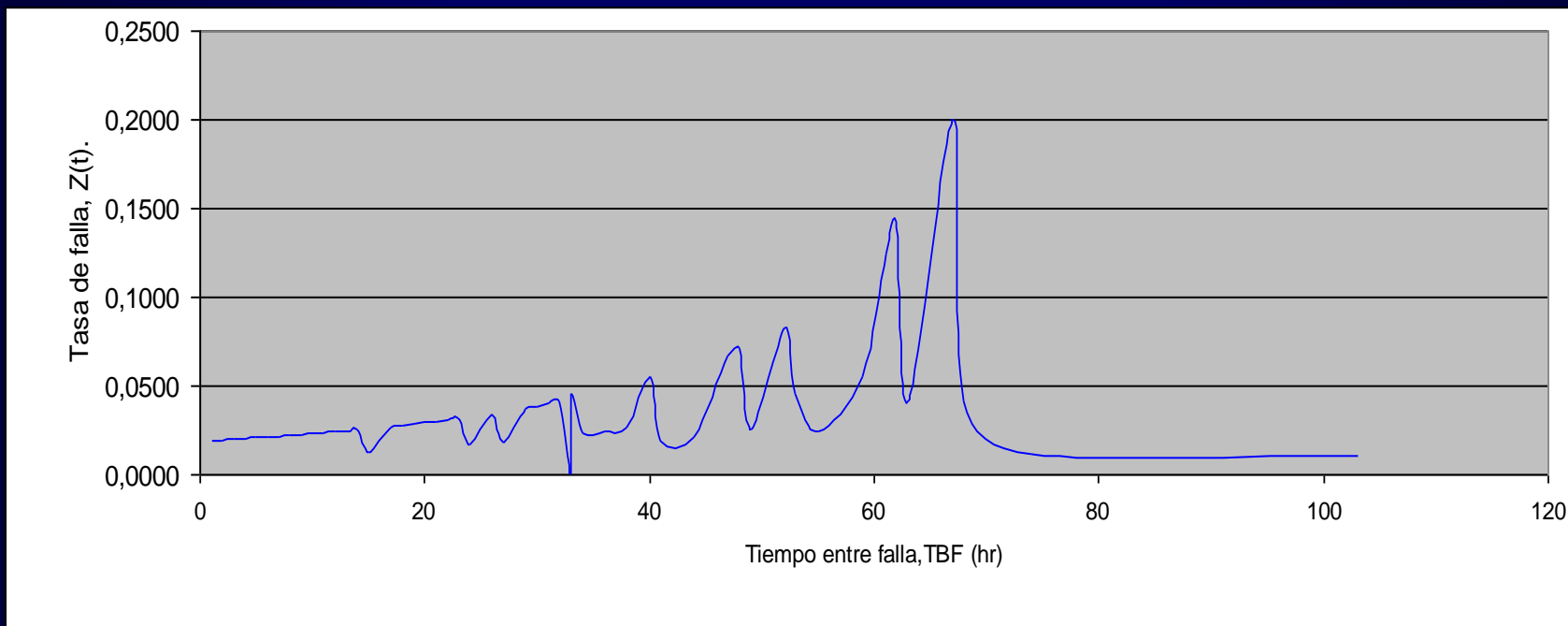
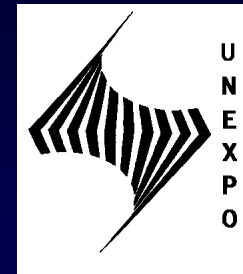


FIGURA 18: Gráfico de línea que representa la Tasa de Falla para el sistema extracción y lavado de PLA y su tendencia desde enero hasta Julio 2004.



# CONFIABILIDAD DE SISTEMA EXTRACCIÓN & LAVADO REAL vs ESPERADA

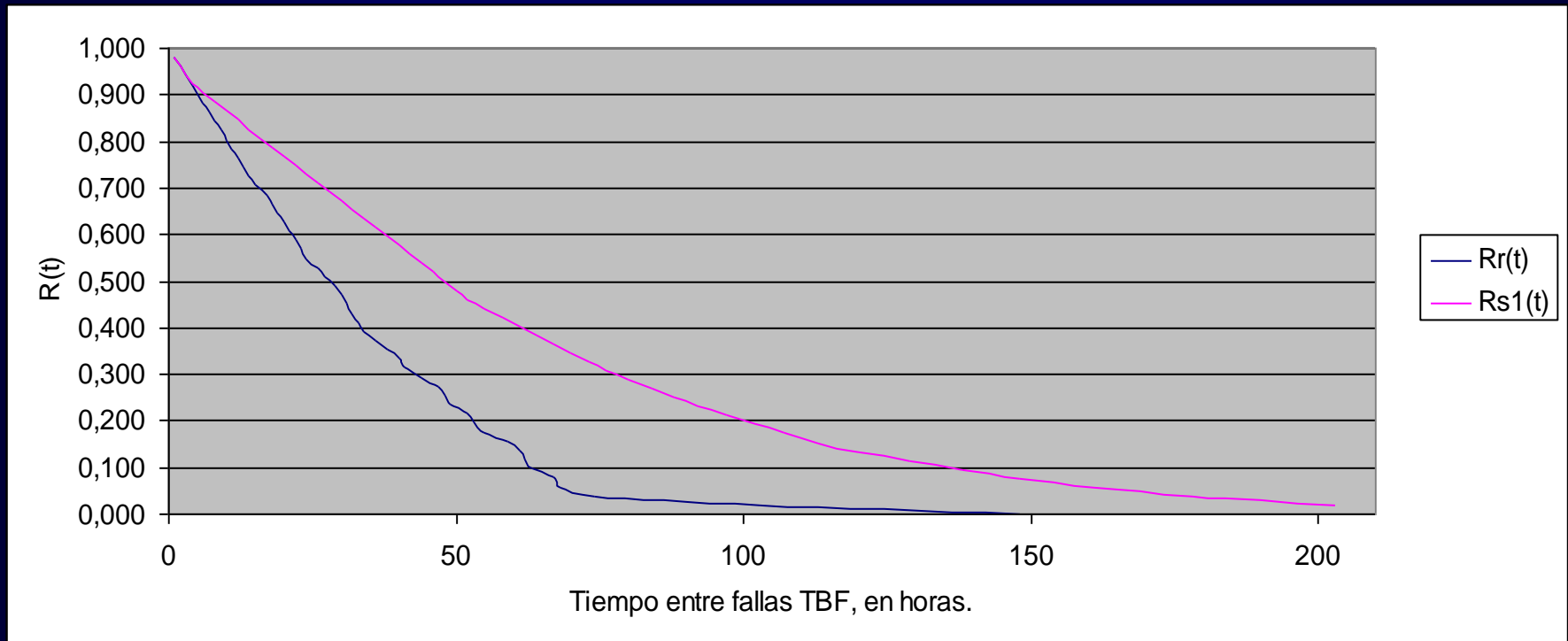


FIGURA 19: Gráfico de línea que representan la Confiabilidad del sistema de extracción y lavado ( $R_r(t)$ ) para el periodo estudiado y la confiabilidad esperada  $R_s(t)$ , después de un(01) año de la implementación el RMC2, para una tasa de falla menor a 0.020.



# TASAS DE FALLA DEL SISTEMA EXTRACCIÓN & LAVADO REAL vs ESPERADA

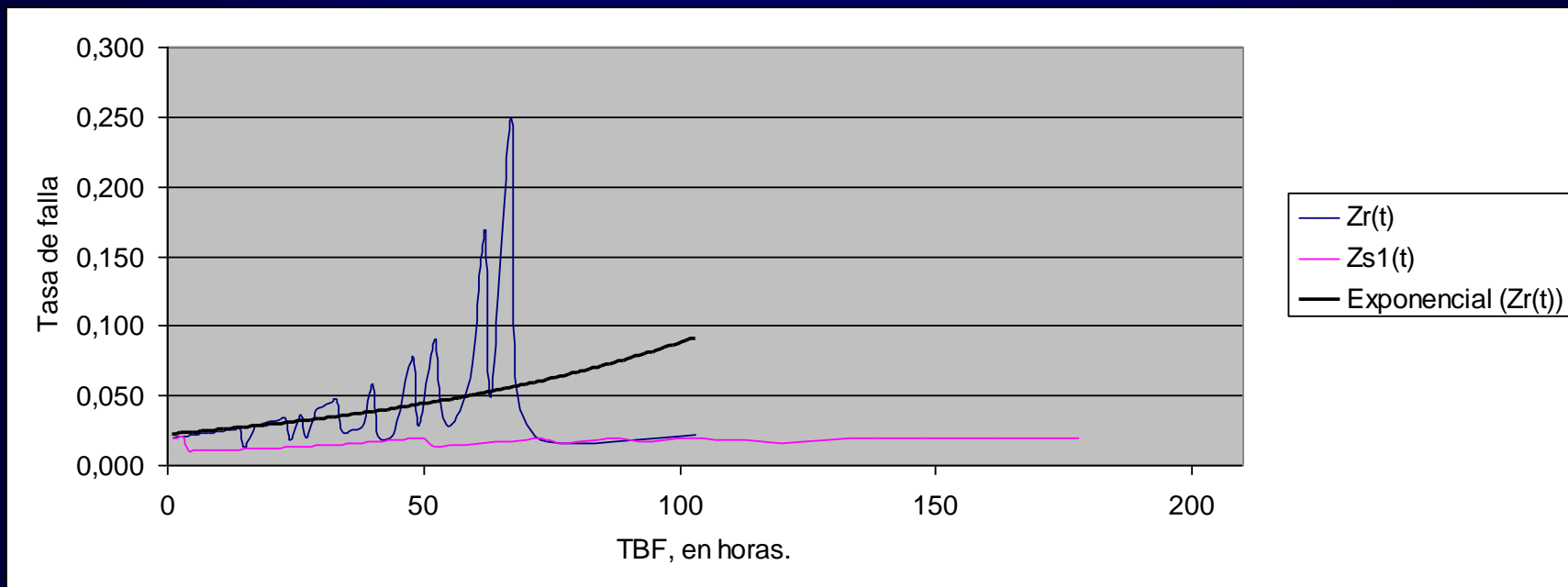


FIGURA 20: Grafico de linea que representan las tasas de fallas real y su esperada ( simulando valores de falla menores o iguales a 0.020).



# MALLA DE CONFIABILIDAD SISTEMA EXTRACCIÓN & LAVADO

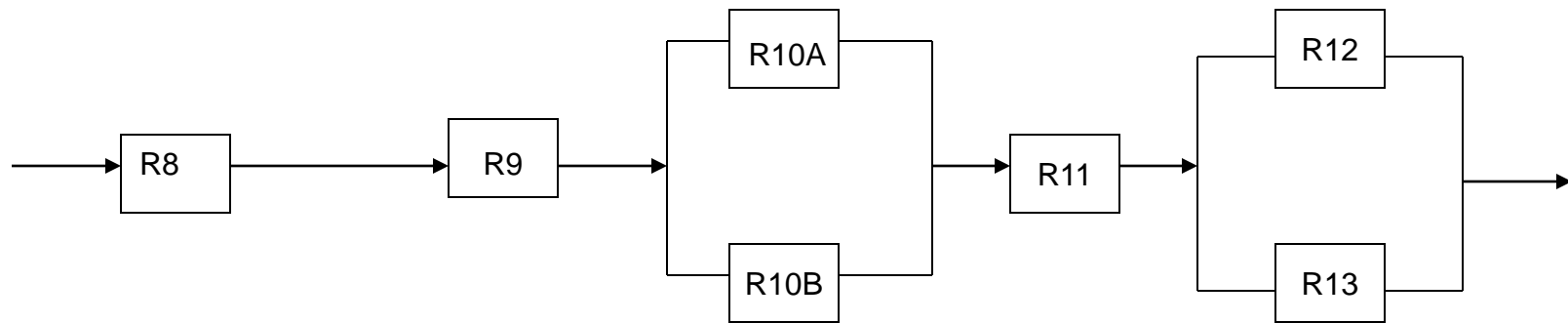
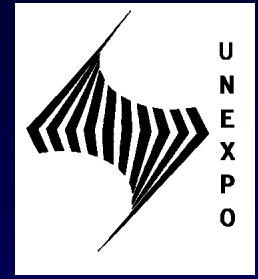


FIGURA 21: Representación de la Malla de Confiabilidad del sistema de extracción y lavado.

Aplicando las ecuaciones 12 y 13, se deduce la ecuación de la confiabilidad equivalente del sistema ( $R_{eq.}$ ) en función de las confiabilidades ( $R_8, R_9, R_{10A}, R_{10B}, R_{11}, R_{12}$  y  $R_{13}$ ) de los correspondientes equipos que la integran ( $E_8$ : cinta extractora;  $E_9$ : recibidor de líquido,  $E_{10A}$ : bomba filtro A;  $E_{10B}$ : bomba filtro B;  $E_{11}$ : bomba de vacío;  $E_{12}$ : bomba de recirculación y  $E_{13}$ : bomba de recirculación).

$$R_{eq.}(t) = R_8 \times R_9 \times (R_{10A} + R_{10B} - R_{10A} \times R_{10B}) \times R_{11} \times (R_{12} + R_{13} - R_{12} \times R_{13}) ; \text{Ecuación 14.}$$





## CÁLCULO DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE EQUIPOS



### 1.9 EFECTIVIDAD GLOBAL DE EQUIPOS (EGE) DEL SISTEMA EXTRACCIÓN Y LAVADO DE LA PLA.

A continuación se presenta datos que permiten evaluar la Efectividad Global de Equipos (EGE) del sistema de extracción & lavado de PLA para el periodo correspondiente a los primeros siete (07) meses del 2004.

La Efectividad se determinara aplicando la ecuación 1, considerando la eficiencia de PLA como la eficiencia del sistema extracción & lavado (46.61 %) según el cuadro 32, la disponibilidad operativa aplicando la ecuación 4 fue de sesenta por ciento (60 %) @ a una calidad de 100% (% sodio menor o igual de 0.15 en promedio, ver cuadro 32).

Sustituyendo se tiene:

$$EGE = 0.46 \times 1 \times 0.60 \times 100 = 27.6\%$$

$$EGE = 27.6\%$$



VER FINECA en proyector



# PROPUESTA



No.	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO:	FRECUENCIA	RESPONSABLE	TAREA	H-H / AÑO
	<b>CINTA E8:</b>				
1	Verificar el correcto funcionamiento de la válvula de alimentación de agua de LAVADO, caso contrario reparar o cambiar válvula, si se requiere.	Mesual	Operador	Preventiva	1
2	Verificar el requerido caudal de alimentación de agua de lavado ( 20 a 60 gpm, según el reactivo utilizado). Cualquier variación significativa en la cantidad de cloruros, revisar tuberías y accesorios.	Mensual	Mecánico	Preventiva	1
3	Inspeccionar "faralaos" de cinta (grietas, adherencia, flexibilidad y fugas de alúmina + agua).	Trimestral	Mecánico	Preventiva	2
4	Monitorear en motor: aceleración y velocidad de vibración , temperatura, corriente y aislamiento.				
	Lectura 1:Velocidad / Aceleración, máxima radial posterior superior (1.80 mm/s - 0.5 gE ).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Lectura 2:Velocidad / Aceleración, máxima radial posterior lateral (1.80 mm/s - 0.5 gE ).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Lectura 3: Velocidad / Aceleración, máxima radial superior anterior (1.80 mm/s - 0.5 gE ).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Lectura 4:Velocidad / Aceleración, máxima radial anterior lateral (1.80 mm/s - 0.5 gE ).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Lectura 5: Velocidad /Aceleración, máxima axial superior(única) (1.80 mm/s - 0.5 gE ).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Consumo de Coriente(m): 9 amp.	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Temperatura máxima (m) :180 ° C	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Resistencia mínima de aislamiento de motor: Un (01) megohm.	Quincenal	Mecánico	A condición	4
5	Monitoriar condición del aceite del reductor: viscosidad, degradación de aditivos, contaminación y metales de desgaste.	Trimestral	Mecánico	A condición	1
6	Chequear el respiradero del reductor, limpiar o cambiar si se requiere.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
7	Verificar nivel de aceite del reductor, añadir o cambiar aceite si es necesario.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
8	Verificar el correcto funcionamiento del térmico del motor.	Semestral	Electricista	Busca falla	1
9	Inspeccionar ajustes, alineación, desgaste y lubricación en sistema de transmisión (cadena, ruedas dentadas, eje, tensor, manguito, prisioneros y otros).	Trimestral	Mecánico	Preventiva	32
10	Verificar funcionamiento de cuerdas de seguridad, reparar si es el caso.	Mensual	Mecánico	Busca falla	2
11	Inspeccionar tensión y alineación de cinta y tela filtrante, según procedimiento EIMCO.	Trimestral	Mecánico	Preventiva	8
12	Inspeccionar funcionamiento de válvula de control de alineación de tela filtrante, el angulo de referencia entre la manivela y la vertical es de 16 grados, ajustar si se requiere.	Mesual	Mecánico	Preventiva	2



# PROPUESTA



No.	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO:	FRECUENCIA	RESPONSABLE	TAREA	H-H / AÑO
13	Verificar la correcta presión de aire comprimido para el sistema de alineación de tela (60 a 80 psi), ajustar si es necesario.	Diario	Mecánico	Preventiva	6
14	Drenar trampa de agua del sistema de alineación de tela filtrante.	Diario	Operador	Preventiva	6
15	Verificar nivel de aceite en el dosificador del sistema de alineación, agregue si se requiere.	Mensual	Mecánico	Preventiva	6
16	Inspeccionar el correcto deslizamiento del cilindro alineador de la tela filtrante sobre la base de teflón, en caso contrario inspeccione anclaje y/o cambie la base.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
17	Inspeccionar desgaste superficial de rodillos de tela filtrantes, si es necesario cambie rodillo.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
18	Inspeccionar lubricación en chumaceras de los rodillos de tela filtrante, lubricarlos si se requiere.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
19	Inspeccionar tambor motriz de cinta: desgaste superficial, lubricación de chumaceras, apriete (¿Lb-Pulg) tornillos de anclaje y ruido extraño.	Trimestal	Mecánico	Preventivo	2
20	Inspeccionar en búsqueda de posibles salpique de agua sobre rodamientos , corregirlos a la brevedad.	Mensual	Mecánico	Preventivo	2
21	Retorquear tornillería de "bandeja de vacío", torque requerido: ¿Lbs-Pulg?	Semestral	Mecánico	Preventiva	8
22	Inspeccionar desgaste de segmentos deslizantes, cambiar si es necesario.	Anual	Mecánico	Preventiva	12
23	Inspeccionar en búsqueda de fuga de vacío por conexiones, mangueras y manifold. Corregir si es el caso.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
24	Determinar granulometría del materia en la cinta E2, aceptable 12 % de fino ( malla # 44).	Cada hora.	Laboratorista	Preventiva	540



# PROPUESTA



No.	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO:	FRECUENCIA	RESPONSABLE	TAREA	H-H / AÑO
	<b>BOMBA E11:</b>				
25	Inspeccionar posibles fugas de vacío por conexiones, corregir si se requiere.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
26	Verificar el correcto caudal de alimentación de agua de sello (20 gpm), ajustar si se requiere.	1 vez/turno	Operador	Preventiva	18
27	Inspeccionar sistema de transmisión de fuerza: desgaste de gargantas de poleas,alineación de poleas,limpieza de poleas, tensión de correas, desgaste de correas,correspondencia entre correas y poleas; ajustar o cambiar si se requiere.	Trimestral	Mecánico	Preventiva	32
28	Ajustar sello mecánico de la bomba o reemplazar si es el caso.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
29	Verificar funcionamiento del sistema de enfriamiento de sello mecánico, ajustar caudal si es necesario (1 gpm @ 5 psi).	Mensual	Mecánico	Preventiva	1
30	Monitorear desgaste de bomba, a traves de la Friboscopia ( servicio prestado por Proveedor).	Anualmente	Especialista	A condición	
31	Monitorear en motor: aceleración y velocidad de vibración , temperatura, corriente y aislamiento.				
	Lectura 1:Velocidad / Aceleración, máxima radial posterior superior (2.80 mm/s - 1 gE).				
	Lectura 2:Velocidad / Aceleración, máxima radial posterior lateral (2.80 mm/s - 1 gE).				
	Lectura 3: Velocidad / Aceleración, máxima radial superior anterior (2.80 mm/s - 1 gE).				
	Leectura 4:Velocidad / Aceleración,máxima radial anterior lateral (2.80 mm/s - 1 gE).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Lectura 5: Velocidad /Aceleración, máxima axial superior( 2.80 mm/s - 1 gE)).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Consumo de Corriente (m): 25 amp.	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Temperatura máxima (m): 155 °C	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Resistencia minima de aislamiento de motor: Un megohm.	Quincenal	Electricista	A condición	4
32	Verificar el correcto funcionamiento de térmico del motor.	Semestral	Electricista	Busca falla	4



# PROPUESTA



No.	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO:	FRECUENCIA	RESPONSABLE	TAREA	H-H / AÑO
	<b>BOMBAS E10A y E10 B</b>				
33	Inspeccionar sistema de transmisión de fuerza: desgaste de gargantas de poleas, alineación de poleas, limpieza de poleas, tensión de correas, desgaste de correas, correspondencia entre correas y poleas; ajustar o cambiar si se requiere.	Trimestral	Mecánico	Preventiva	8
34	Inspeccionar desgaste de impeler y carcasa de bomba, cambiar si se requiere.	Bimensual	Mecánico	Preventiva	24
35	Chequear nivel de aceite en caja de rodamientos, agregar o cambiar si se requiere.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
36	Limpiar respiradero de la caja de rodamientos, cambiar si es necesario.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
37	Inspeccionar funcionamiento de válvula de descarga, reparar o cambiar si se requiere.	Trimestral	Mecánico	Preventiva	1
38	Ajustar sello mecánico de la bomba o reempacar, si es el caso.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
39	Verificar funcionamiento del sistema de enfriamiento de sello mecánico, ajustar caudal de agua si es necesario (1 gpm a 5 psi).	Mensual	Mecánico	Preventiva	1
40	Inspeccionar posible fuga por brida bomba-recibidor E9, ajustar o repara si se requiere.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
41	Verificar el correcto funcionamiento del térmico al motor.	Semestral	Electricista	Busca falla	1
42	Verificar posible obstrucción en la tubería de descarga, soplar tubería si se requiere con aire comprimido y verificar funcionamiento válvula antiretorno.	Trimestral	Mecánico	Preventiva	4
43	Monitorear en motores: aceleración y velocidad de vibración, temperatura, corriente y aislamiento.				
	Lectura 1: Velocidad / Aceleración, máxima radial posterior superior (1.80 mm/s - 0.5 gE).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Lectura 2: Velocidad / Aceleración, máxima radial posterior lateral (1.80 mm/s - 0.5 gE).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Lectura 3: Velocidad / Aceleración, máxima radial superior anterior (1.80 mm/s - 0.5 gE).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Lectura 4: Velocidad / Aceleración, máxima radial anterior lateral (1.80 mm/s - 0.5 gE).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Lectura 5: Velocidad / Aceleración, máxima axial superior (1.80 mm/s - 0.5 gE).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Consumo de Corriente (m): 4 amp.	Quincenal	Electricista	A condición	8
	Temperatura máxima (m): 155 °C	Quincenal	Electricista	A condición	8
	Resistencia mínima de aislamiento de motor: Un (01) megohm.	Quincenal	Electricista	A condición	8



# PROPUESTA



No.	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO:	FRECUENCIA	RESPONSABLE	TAREA	H/H / AÑO
	<b>BOMBAS E12 y E13:</b>				
44	Instalar colador en succión de bomba, evita entrada cuerpo extraños (tornillos, arandelas, herramientas y otros).	Única	Soldador	Rediseño	
45	Inspección condición del colador, limpiarlo si es necesario.	Diario	Operador	Preventiva	6
46	Inspeccionar desgaste de impeler y carcasa de bomba, cambiar si es necesario.	Semestral	Mecánico	Preventiva	16
47	Inspeccionar sistema de transmisión de fuerza: desgaste de gargantas de poleas, alineación de poleas, limpieza de poleas, tensión de correas, desgaste de correas, correspondencia entre correas y poleas; ajustar o cambiar si se requiere.	Trimestral	Mecánico	Preventiva	8
48	Ajustar sello mecánico de la bomba o reempacar si es el caso.	Mensual	Mecánico	Preventiva	2
49	Verificar funcionamiento del sistema de enfriamiento de sello mecánico, ajustar caudal de agua si es necesario (1 gpm a 5 psi).	Mensual	Mecánico	Preventiva	1
50	Verificar funcionamiento de válvula de descarga de agua de recirculación ( fugas, trabada o obstruida), repara o cambiarla si es el caso.	Trimestral	Mecánico	Preventiva	1
51	Monitorear en motores: aceleración y velocidad de vibración , temperatura, corriente y aislamiento.				
	Lectura 1: Velocidad / Aceleración, máxima radial posterior superior (1.80 mm/s - 0.5 gE ).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Lectura 2: Velocidad / Aceleración, máxima radial posterior lateral (1.80 mm/s - 0.5 gE ).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Lectura 3: Velocidad / Aceleración, máxima radial superior anterior (1.80 mm/s - 0.5 gE ).	Quincenal	Electricista	A condición	4
51	Lectura 4: Velocidad / Aceleración, máxima radial anterior lateral (1.80 mm/s - 0.5 gE ).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Lectura 5: Velocidad / Aceleración, máxima axial superior (1.80 mm/s - 0.5 gE ).	Quincenal	Electricista	A condición	4
	Consumo de Corriente (m): 5 amp.	Quincenal	Electricista	A condición	8
	Temperatura máxima (m): 155 °C	Quincenal	Electricista	A condición	8
	Resistencia mínima de aislamiento de motor: Un (01) megohm.	Quincenal	Electricista	A condición	8
52	Verificar el correcto funcionamiento del térmico al motor.	Semestral	Electricista	Busca falla	1



# PROPUESTA



No.	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA DE MANTENIMIENTO:	FRECUENCIA	RESPONSABLE	TAREA	H-H / AÑO
	<b>RECIBIDOR E9:</b>				
53	Reacondicionamiento del sistema de control de nivel de liquido.	Única	Electricista	Rediseño	
54	Verificar presión de aire comprimido para el sistema de control de nivel (60 a 80 psi), ajustar si es necesario.	1 vez/turno	Operador	Preventiva	6
55	Inspeccionar sensores de nivel máximo/mínimo, limpiar o cambiar, si es necesario.	Diario	Operador	Preventiva	3
56	Inspeccionar funcionamiento de vacuómetro, limpiar o cambiarlo, si es necesario.	Diario	Operador	Preventiva	3
57	Inspeccionar grietas en soldaduras en el recibidor, reparar si se requiere.	Semestral	Mecánico	Preventiva	2
58	Inspeccionar indicador de nivel de liquido, limpiarlo si se requiere.	Diario	Mecánico	Preventiva	2
	Las H-H/ AÑO indicadas corresponden a pequeños ajustes e inspecciones, no incluye reparaciones.			<b>Total HH/AÑO:</b>	<b>943</b>





## CONCLUSIONES



- 1.- La política de mantenimiento existente en la planta de lavado de alúmina (PLA) es el mantenimiento correctivo, se realizan también algunas tareas de limpieza y lubricación sin periodicidad establecida, los registros de fallas no son confiables. Buena parte de instrumentación esta dañada.
- 2.- La metodología aplicada RCM2 permitió al personal de mantenimiento & operaciones de la empresa CE.Minerales de Venezuela. S.A., conocer con mayor profundidad el contexto funcional de la planta y obtener un conocimiento bastante homogéneo entre el personal.
- 3.- La evaluación de criticidad confirmó como el sistema más critico el de Extracción y Lavado, seguidos de los sistemas Secado de Alúmina y el Agitación y Reacción.



## CONCLUSIONES



4.- Los modos de fallas reflejados en FMECA evidencian un ambiente altamente abrasivo, pobres acciones preventivas, modificación inadecuada en el diseño original de la bomba de filtro, uso indebido de repuestos reconstruidos como es el caso del impeler para las bombas E10 (A y B), retrasos en la reposición de piezas desgastadas como es el caso de los impellers de las bombas de recirculación de agua E(12 y 13), correas y poleas de transmisión y sistema de control de nivel de liquido inoperante (E9).

5.- Los métodos de detección “certeros” utilizados, la “significante” severidad del efecto de las fallas en promedio y la “moderadamente alta” ocurrencia de las mismas justifica los bajos valores obtenidos de Número de Prioridad de Riesgo (NRP).

6.- La confiabilidad del sistema de extracción y lavado para 20 horas de operación fue de 62.7 % aproximadamente con tasa de falla creciente exponencialmente para el periodo estudiado. Sin embargo en los últimos tres (03) meses, se notó una disminución de la tasa de falla, producto de una mayor atención en el mantenimiento (H-H adicional por concepto de mantenimiento).



## CONCLUSIONES



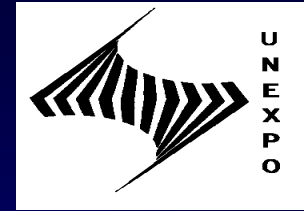
7.- La confiabilidad del sistema de extracción y lavado un año de la implementación del plan se “espera” que sea mayor a 76.90 % @ 20 horas, con una distribución de tasa que tiende a “horizontalizarse” hacia 0.020 fallos-horas.

8.- La Efectividad Global de equipos (EGE) para el sistema de extracción de lavado de la PLA en el periodo estudiado fue de 27.60 %, debido a la baja capacidad de aceite comprimido que afectó la eficiencia de la planta, la baja confiabilidad de los equipos del sistema estudiado; esta variable está muy ligada a la disponibilidad, necesaria para el cálculo de EGE.

9.- El tiempo promedio para solventar una falla en el sistema de extracción & lavado fue de 4 horas aproximadamente. Esto implica que 2 fallas en un turno de 8 horas no se produce.



## CONCLUSIONES

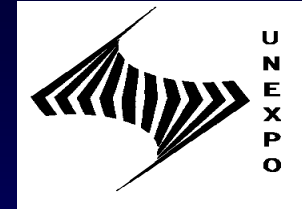


10.- El sistema de aire comprimido representó el 39% de las fallas registradas en el periodo estudiado (mayor que el Extracción y Lavado, 37.59), siendo su principal causa la incapacidad o insuficiencia de aire al momento de descargar el camión cisterna (descarga de alúmina bayer a los silos ).

11.- El incremento de sólidos sedimentales en efluentes esta directamente relacionada con los modos de fallas de las bombas E10 (A y B) y en un menor grado a la inoperatividad del sistema de control de liquido (E9).



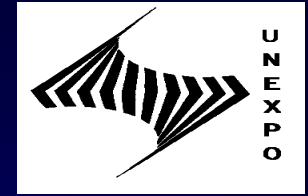
## RECOMENDACIONES



- 1.- Diseñar e implementar un sistema informático para el control de registros de fallas y de producción, que sea rápido, seguro, confiable y “amigable” al usuario.
- 2.- Reponer la instrumentación necesaria para monitorear los parámetros de proceso y el desempeño de los equipos, tales como: manómetros, indicadores de temperaturas, caudalímetros, amperímetros e indicador de Ph.
- 3.- Acondicionar el sistema de operación automático de la planta, este sistema gobierna los permisos de los equipos, brindando mayor seguridad en las operaciones.
- 4.- Evaluar económicamente el uso del impeler vulcanizado original Krogh para la bomba filtro considerando el desgaste que se produce en la bomba de vacío E11, por no usarlo; involucrar al proveedor de la bomba en la evaluación y solicitar alternativas de solución.



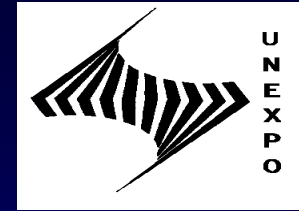
## RECOMENDACIONES



- 5.- Restaurar el sistema de control de nivel líquido en el receptor E9, este sistema evita la descarga de los sólidos sedimentales a efluente a través del drenaje de la bomba E11.
- 6.- Evaluar política de inventario, ajustarlo si es necesario después de un (01) año de la implementación del RCM2.
- 7.- Solventar la deficiencia de aire comprimido en planta de lavado de alúmina, la cual se presenta cuando ocurre la descarga de alúmina bayer, desde el camión cisterna a los silos (E1A y E1B).
- 8.-Cambiar poleas de transmisión desgastadas en las motobombas E12, E13, E10 (a y b ), E15 y E27.



## RECOMENDACIONES



9.- Cambiar carcasa e impeler vulcanizados a la bomba E12, las piezas desgastadas pueden reutilizarse en las bombas con desempeños menos exigentes (E13 y E15) hasta que la frecuencia de falla justifique el cambio.

10.- Iniciar monitoreo de vibración general en motores eléctricos, reductor (E8) y bombas. No se justifica la compra de instrumento de medición de espectros.

11.- Contratar el servicio de análisis y diagnostico del aceite lubricante para el reductor de la cinta E8. Este reductor tienen una vida promedio de un año, es recomendable evaluar tanto su comportamiento a través del aceite lubricante y si es necesario su capacidad con respecto al desempeño. La vida útil promedio según el fabricante es de 5 a 10 años.



## RECOMENDACIONES



12.- Revisar después de los 6 meses de la implementación la necesidad de variar las frecuencias de las tareas de mantenimiento establecidas, en base a los nuevos y confiables registros de fallas.

13.- Verificar la correcta instalación de las protecciones eléctrica en los motores y su correspondientes ajustes.

14.- Reparar o cambiar los “faralaos” de la cinta E8, los cuales originan el daños de los rodamientos de los rodillos, por el salpique de agua.

15.- Restaurar alarma sonora/visual que indica arranques y paradas de planta.





## RECOMENDACIONES



- 16.- Evaluar al año de la implementación nuevamente la criticidad de los sistemas y estudiar la posibilidad de implementar la metodología RCM a otro(s) sistema(s).
- 17.-Exigir al proveedor de alúmina bayer el cumplimiento de las especificaciones técnicas del producto suministrado ( específicamente el % de fino).



# Ciclo de preguntas



Muchas gracias