

APLICACIÓN DE CONFIABILIDAD A EQUIPOS DE BAJA CRITICIDAD – MOTORES ELÉCTRICOS

COMPAÑÍA MINERA MILPO – UM EL PORVENIR

Yarusyacan – Cerro de Pasco

E.mail: jrupayh@gmail.com – est.jhon.rupay@nexaresources.com

Lima – Perú

RESUMEN:

El presente trabajo busca demostrar que se puede aplicar estrategias de mantenimiento de alto estándar como ingeniería de confiabilidad a equipos críticos, rompiendo un paradigma importante sobre la clasificación de equipos ABC, logrando tener resultados favorables a la organización.

Este caso se aplicó a motores eléctricos de celdas de flotación en el proceso de extracción del concentrado de Zn de la compañía minera Milpo donde aplicando estudios de Weibull Avanzado, cambiando la estrategia correctiva a mantenimientos preventivos.

CRITICIDAD DE EQUIPOS:

EQUIPOS CLASE “A”: Equipos cuyo paro o falla impactan directamente a la producción son clasificados de alta criticidad

- Molinos Primarios.
- Winche Mineral.
- Fajas Principales.



A estos equipos se les dice que se debe de tomar toda la atención y aplicación de estrategias de mantenimiento avanzadas.

- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento Basado en Confiabilidad.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Productivo Total.

EQUIPOS CLASE “B”: Equipos cuyo paro o falla no impactan de forma directa a la producción, generalmente cuenta con stand by.

- Sistema de Bombeo de Agua.
- Equipos Trackles.



EQUIPOS CLASE “C”: A esta clase de equipos se realizan estrategias de mantenimiento generalmente preventivos. Equipos cuya parada o falla no impactan en el proceso de producción. (C)

- Sistema de Iluminación.
- Celdas de Flotación.

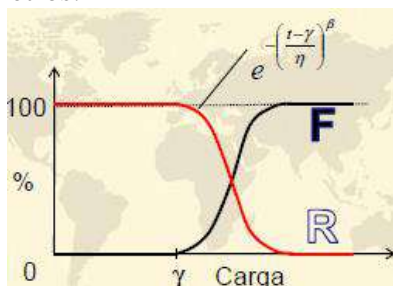
- Bombas Sumideros.
- Colectores de Polvo



A esta clase de equipos se recomienda realizar estrategias de mantenimiento netamente correctivos.

APLICACIÓN DE CONFIABILIDAD A EQUIPOS CLASE “C”:

Se utiliza la metodología de Weibull 03 parámetros.



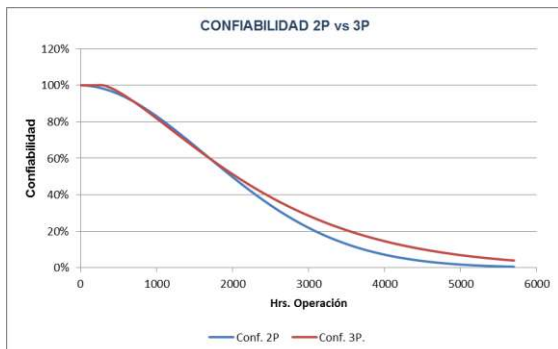
Tomando como base la historia de duración de 20 motores eléctricos de las celdas de flotación, Se muestra los siguientes resultados:

| i | t (hrs.op.) | delta | R |
|----|-------------|-------|-----|
| 1 | 550 | 0 | 95% |
| 2 | 720 | 0 | 90% |
| 3 | 880 | 0 | 86% |
| 4 | 1020 | 0 | 81% |
| 5 | 1180 | 0 | 76% |
| 6 | 1330 | 0 | 71% |
| 7 | 1490 | 0 | 67% |
| 8 | 1610 | 0 | 62% |
| 9 | 1750 | 0 | 57% |
| 10 | 1920 | 0 | 52% |
| 11 | 2150 | 0 | 48% |
| 12 | 2325 | 0 | 43% |
| 13 | 2415 | 0 | 38% |
| 14 | 4320 | 1 | 38% |
| 15 | 4320 | 1 | 38% |
| 16 | 4320 | 1 | 38% |
| 17 | 4320 | 1 | 38% |
| 18 | 4320 | 1 | 38% |
| 19 | 4320 | 1 | 38% |
| 20 | 4320 | 1 | 38% |

| In t | In (-ln R) | R mod | In (-ln R mod) | Distancia |
|----------------|------------|------------------|----------------|-----------|
| 6.3 | -3.0 | 95% | -3.0 | 0.0 |
| 6.6 | -2.3 | 91% | -2.3 | 0.0 |
| 6.8 | -1.9 | 86% | -1.9 | 0.0 |
| 6.9 | -1.6 | 81% | -1.6 | 0.0 |
| 7.1 | -1.3 | 76% | -1.3 | 0.0 |
| 7.2 | -1.1 | 71% | -1.1 | 0.0 |
| 7.3 | -0.9 | 66% | -0.9 | 0.0 |
| 7.4 | -0.7 | 63% | -0.8 | 0.0 |
| 7.5 | -0.6 | 58% | -0.6 | 0.0 |
| 7.6 | -0.4 | 54% | -0.5 | 0.0 |
| 7.7 | -0.3 | 47% | -0.3 | 0.0 |
| 7.8 | -0.2 | 43% | -0.2 | 0.0 |
| 7.8 | 0.0 | 41% | -0.1 | 0.1 |
| Weibull Básico | | Weibull Completo | | 0.2 |
| beta | 1.92 | beta | 1.4 | |
| cte | 14.94 | eta (hr) | 2289 | |
| eta (hr) | 2412 | gamma | 298 | |
| gamma | 0.00 | | | |
| MTTF | 2139 | MTTF | 2392.105406 | |

Se puede afirmar con certeza que todos los motores logran pasar las 300 Hrs. de trabajo sin fallar, debido al parámetro “gamma” (vida garantizada de los componentes).

A continuación se muestra la gráfica de confiabilidad del sistema de los motores.



APLICACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO:

Los costos de mantenimiento correctivo se basan en esperar que el motor se queme, enviar a bobinar, cambiar rodamientos y esperar casi dos días para volver poner operativo dichas celdas.

Los costos preventivos requiere tener motores de stand by y cada intervención implica cambio de rodamientos, barnizado de motor, alineamiento, torques de borneras y otros.

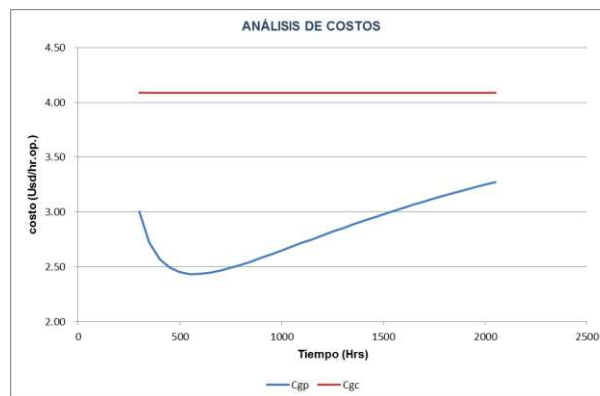
| COSTOS POR INTERVENCIONES | | | |
|---------------------------|-----|-----------------|------|
| PREVENTIVO | | CORRECTIVO | |
| Mtto Motor | 150 | Rep. Motor | 1000 |
| Lucro. Cesante. | 750 | Lucro. Cesante. | 8775 |
| Cgp (\$) | 900 | Cgc (\$) | 9775 |



| Edad (hr) | PREVENTIVO | | | CORRECTIVO |
|-----------|------------------|------------|-------------|-------------|
| | Confiabilidad 3P | MTBI (hrs) | Cgp (\$/hr) | Cgc (\$/hr) |
| 1200 | 76% | 1,102 | 2.79 | 4.09 |
| 1250 | 74% | 1,139 | 2.82 | 4.09 |
| 1300 | 72% | 1,176 | 2.85 | 4.09 |
| 1350 | 71% | 1,212 | 2.88 | 4.09 |
| 1440 | 68% | 1,274 | 2.94 | 4.09 |
| 1450 | 68% | 1,281 | 2.95 | 4.09 |
| 1500 | 66% | 1,314 | 2.98 | 4.09 |
| 1550 | 64% | 1,347 | 3.01 | 4.09 |
| 1600 | 63% | 1,379 | 3.04 | 4.09 |
| 1650 | 61% | 1,410 | 3.07 | 4.09 |
| 1700 | 60% | 1,440 | 3.09 | 4.09 |
| 1750 | 58% | 1,470 | 3.12 | 4.09 |
| 1800 | 57% | 1,499 | 3.15 | 4.09 |
| 1850 | 56% | 1,527 | 3.17 | 4.09 |
| 1900 | 54% | 1,554 | 3.20 | 4.09 |
| 1950 | 53% | 1,581 | 3.23 | 4.09 |
| 2000 | 51% | 1,607 | 3.25 | 4.09 |
| 2050 | 50% | 1,632 | 3.27 | 4.09 |

En la siguiente gráfica se muestra la comparación de los costos correctivos vs los preventivos en distintas horas de operación.

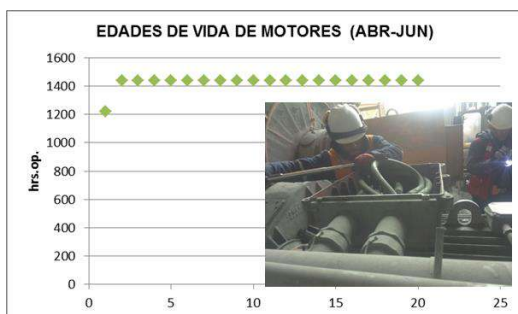
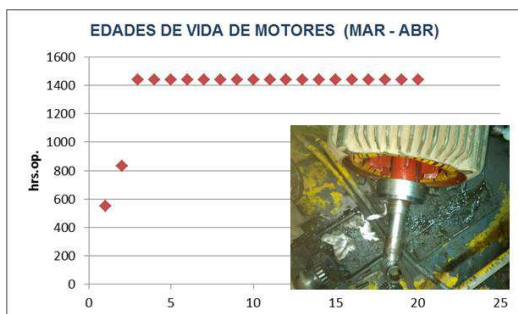
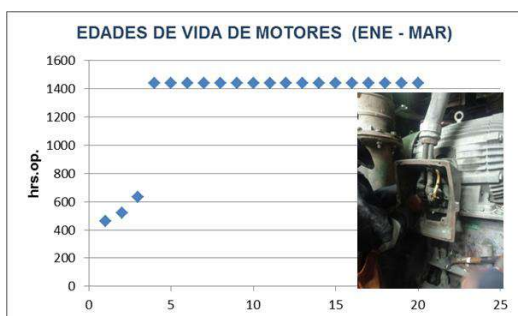
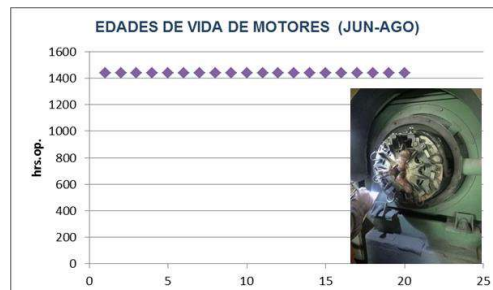
Donde se ve claramente que la estrategia correctiva nos generan altos costos de mantenimiento.



Se decidió intervenir a los motores eléctricos cada 1440 hrs, es decir cada 2 meses haciendo coincidir en las paradas de plante de la UM El Porvenir.

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA:

A continuación se muestra cómo se va disminuyendo la quema o falla de los motores eléctricos, aplicando mantenimientos preventivos cada 1440 hrs.



ANÁLISIS FINANCIERO:

| ANÁLISIS FINANCIERO | |
|----------------------------|-------------------|
| Est. Correctiva | 4.09 |
| Est. Preventiva (1440 hrs) | 2.94 |
| Beneficio (\$/hr.op.) | 1.15 |
| Cantidad Motores | 20 |
| Hrs. Operación | 8640 |
| AHORRO (\$) | 198,720.00 |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se rompe el paradigma de criticidad de equipos, donde en algunos casos un análisis de confiabilidad en estos nos dan un ahorro significativo en su mantenimiento.

No siempre hay que seguir las recomendaciones del manual, debido a que cada equipo trabaja bajo diversas condiciones (altitud, humedad, abrasión, temperatura, geomecánicas, etc.). Para lo cual su comportamiento y desgaste de componentes es variable.

Se puede mejorar los planes de mantenimiento si se realizan estudios de Weibull de 3 parámetros, donde ya se puede programar un mantenimiento en base a las vida garantizada de los componentes (γ : gamma), donde la confiabilidad de que llegue este componente a este tiempo de vida es el 100 %, sin embargo los costos por mantenimiento preventivo se elevarían.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

[1] El Arte de Mantener – Rodrigo Pascual

HOJA DE VIDA:

Ing. Electricista y Conferencista de Mantenimiento Industrial egresado de la Universidad Nacional del Centro del Perú ; graduado como Especialista en Mantenimiento Minero de la Cámara Minera del Perú. (2014). Actualmente desempeñando como Ing. Supervisor Mantenimiento en Compañía Minera Milpo – U.M El Porvenir, en el Área de Mantenimiento Eléctrico Mina – Planta Concentradora.

- Conferencia Nacional IPEMAN 2015 “Diseños de las estrategias de mantenimiento mediante Confiabilidad RCM – Locomotoras Eléctricas”
- Conferencia Internacional (San José – Costa Rica): Asociación Costarricense de Mantenimiento ACIMA – JUNIO 2016 – “Ing. de Confiabilidad para Locomotoras Eléctricas”
- Conferencia Nacional IPEMAN 2016 – “Confiabilidad de Misión de equipos de sostenimiento Scailier.”

CORREO: jrupayh@gmail.com

CEL: 051-963361989

Lima – Perú