



UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS
FACULTAD DE INGENIERIA Y NEGOCIOS
ESCUELA DE MINAS



APLICACIÓN PARA EL CONTROL Y GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO EN MINAS

AUTOR: HÉCTOR ENRIQUE ARENAS TAPIA

PROFESOR GUIA: CARLOS ESPINOZA

SANTIAGO- CHILE

AÑO 2019



UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS
FACULTAD DE INGENIERIA Y NEGOCIOS
ESCUELA DE MINAS



TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO EN MINAS

AUTOR: HÉCTOR ENRIQUE ARENAS TAPIA

SANTIAGO-CHILE

2019



APLICACIÓN PARA EL CONTROL Y GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

ALUMNO: HÉCTOR ARENAS TAPIA

CARRERA: INGENIERIA EN MINAS

2019

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO.....	6
------------------------	---

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS.....	8
2.1 Objetivo general.....	8
2.2 Objetivos específicos.....	8
3. HIPOTESIS.....	9
4. JUSTIFICACIÓN.....	9-10

CAPITULO II. MARCO TEORICO

5. MARCO CONCEPTUAL.....	11
5.1 Definiciones Mantenimiento.....	11
5.1.1 Mantenimiento.....	11-13
5.1.2 Conceptos esenciales Mantenimiento.....	13
5.1.3 Términos y ecuaciones.....	13-16
5.2 Disciplinas Aplicadas al Mantenimiento Área Tranque Mauro.....	17

CAPITULO III. DESARROLLO DEL PROYECTO

6. PROCESO Y OPERACIÓN	
6.1 Reseña Área Operacional.....	18
6.2 Unidades Operacionales.....	19
6.2.1 Sistema Recuperación aguas de proceso.....	19
6.2.2 Sistema de Clasificación de Relaves.....	19-20
7. ETAPAS DEL PROYECTO	
7.1 Situación antes del proyecto.....	21
7.2 Funcionamiento práctico.....	21-24

CAPITULO IV. EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN

8. METODOLOGÍA.....	25
8.1 Inversión del Proyecto.....	25
8.1.1 Smartphone o Tablet.....	26
8.1.2 Selección Empresa creadora de la Aplicación.....	26
8.1.3 Creación y Diseño de la Aplicación.....	27
8.1.4 CAPEX y OPEX del proyecto.....	28
9. ANALISIS.....	29
9.1 Análisis Sistema de Recuperación de Aguas.....	30-36

9.2 Análisis Estación de Hidrociclones.....	37-41
---	-------

CAPITULO V. RESULTADOS

10. RESULTADOS COMPARATIVOS.....	42
10.1 Resultados comparativos Estación de bombeo Recirculación n°1.....	42-44
10.2 Resultados comparativos Estaciones Bombeo Intermedia y Balsas.....	44-46
10.3 Resultados comparativos Estación de ciclones.....	46-48
11. CONCLUSIÓN.....	49
TERMINOLOGIA.....	50-51
NOMENCLATURA.....	52
BIBLIOGRAFIA Y WEBLIOGRAFIA.....	53
ANEXOS.....	54-56

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 5.1 Tiempos Medios de mantenimiento.....	16
FIGURA 6.1 Ubicación geográfica Faena Tranque Mauro.....	18
FIGURA 6.2 Descripción de proceso área Tranque Mauro.....	20
FIGURA 6.3 Distribución geográfica de estaciones de proceso.....	20
FIGURA 7.1 Pantalla inicio Aplicación, activación de credenciales.....	22
FIGURA 7.2 Pantalla desplegable programa semanal.....	23
FIGURA 7.3 APP CGM utilizada por mantenedor.....	23
FIGURA 7.4 APP CGM utilizada por operador.....	24
FIGURA 7.5 Recopilación y procesamiento de datos.....	24
FIGURA 8.1 Diseño Gráfico de aplicación.....	27
FIGURA 10.1 Gráfico comparativo Tiempos Medios entre Fallas estación de Bombeo recirculación n°1.....	43
FIGURA10.2 Gráfico comparativo Tiempos Medios para Reparar estación de bombeo Recirculación n°1.....	43

FIGURA 10.3 Gráfico comparativo Tiempos Medios entre Fallas estaciones de bombeo Intermedia y Balsas.....	45
FIGURA 10.4 Gráfico comparativo Tiempos Medios para Reparar estaciones de Bombeo Intermedia y Balsas.....	45
FIGURA 10.5 Gráfico comparativo Tiempos Medios entre Fallas Estación ciclones.....	47
FIGURA 10.6 Gráfico comparativo Tiempos Medios para Reparar estación ciclones.....	47

INDICE DE TABLAS

TABLA 8.1 Valor CAPEX.....	28
TABLA 6.2 Valor OPEX.....	28
TABLA 9.1 Horas Totales mes para mantenimiento.....	29
TABLA 9.2 Total horas año mantenimiento Área Tranque Mauro.....	29
TABLA 9.3 Resumen detenciones equipos E. recirculación 1 período 2017-18.....	30
TABLA 9.4 Tiempos Medios entre fallas estación Recirculación 1 período 2017-18.....	31
TABLA 9.5 Tiempos medios para reparar estación Recirculación 1 período 2017-18.....	32
TABLA 9.6 Resumen detenciones de equipos E. recirculación 1 periodo 2018.....	32
TABLA 9.7 Tiempos medios entre fallas estación recirculación 1 periodo 2018.....	33
TABLA 9.8 Tiempos medios para reparar E. Recirculación 1 periodo 2018.....	33
TABLA 9.9 Resumen detenciones E. Intermedia y E. Balsas periodo 2017-18.....	34
TABLA 9.10 Tiempos medios entre fallas E. intermedia y E. Balsas periodo 2017-18.....	35
TABLA 9.11 Tiempos medios para reparar E. intermedia y E. Balsas periodo 2017-18...35	
TABLA 9.12 Resumen detenciones equipos E. Intermedia y E. Balsas periodo 2018.....	36
TABLA 9.13 Tiempos medios entre fallas E. Intermedia y E. Balsas periodo 2018.....	37
TABLA 9.14 Tiempos medios para reparar E. Intermedia y E. Balsas periodo 2018.....	37
TABLA 9.15 Resumen detenciones equipos E. Ciclones periodo 2017-18.....	37
TABLA 9.16 Tiempos medios entre fallas E. Ciclones periodo 2017-18.....	39
TABLA 9.17 Tiempos medios para reparar E. Ciclones periodo 2017-18.....	39

TABLA 9.18 Resumen detenciones de equipos E. Ciclones periodo 2018.....	39
TABLA 9.19 Tiempos medios entre fallas E. Ciclones periodo 2018.....	40
TABLA 9.20 Tiempos medios para reparar E. Ciclones periodo 2018.....	41
TABLA 10.1 Resultados comparativos de Tiempos medios entre fallas y tiempos medios para reparar de periodos 2017-18 y 2018 de E. Recirculación 1.....	42
TABLA 10.2 Resultados de confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad E. Recirculación 1.....	43
TABLA 10.3 Resultados comparativos de tiempos medios entre fallas y tiempos medios para reparar de periodos 2017-18 y 2018 de E. Intermedia y E. Balsas.....	44
TABLA 10.4 Resultados de confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad E. Intermedia y E. Balsas.....	46
TABLA 10.5 Resultados comparativos de tiempos medios entre fallas y tiempos medios para reparar de periodos 2017-18 y 2018 de E. Ciclones.....	46
TABLA 10.6 Resultados de confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad E. Ciclones....	48

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto busca la introducción de una herramienta poco utilizada en la industria minera como lo son las aplicaciones para teléfonos Smartphone y tabletas, esta herramienta diseñada para gestionar el mantenimiento permite una comunicación más fluida y eficaz entre las áreas de operaciones y mantenimiento, para aumentar la disponibilidad de los equipos en las estaciones de bombeo de agua de proceso recirculada y estación de cicloneo de relaves en la faena Tranque Mauro perteneciente a la compañía Minera Los Pelambres del Grupo Minero ANTOFAGASTA MINERALS.

La implementación de la aplicación permite a los agentes involucrados en la operación y mantención de los equipos tener un proceder acorde a la información entregada respecto a la bitácora histórica que presenta cada equipo, lo que conllevará a minimizar los tiempos medios de falla de estos con el propósito de mantener al equipo con una alta disponibilidad en sus años de vida útil. Por consiguiente la aplicación móvil minimizará las falencias que no permiten que el mantenimiento tenga un valor predictivo dentro de la mezcla de mantenimiento preventivo y correctivo que se aplican hoy en día, Si bien la herramienta digital no elimina el mantenimiento correctivo, hace que este minimice los tiempos de intervenciones debido a la información de cuál disponía anteriormente donde la aplicación cumplió su función de recopilar datos e información, procesarla en la base de datos y entregar la cronología de las intervenciones del personal de mantenimiento y las condiciones en que opero antes de presentar inconvenientes al operar. A partir de estos antecedentes la toma de decisiones con respecto a la modalidad de intervención al equipo será la más adecuada y su planificación no permite prolongar los tiempos más allá de lo necesario en el mantenimiento del equipo.

La mención en minería, si bien existen muchas tecnologías con respecto a los equipos productivos, existe un vacío en las escasas herramientas que posee el ente humano con respecto a mejorar continuamente la gestión de cual sea el proceso involucrado, esto denota que si bien la humanidad tiene muchos avances tecnológicos no lo está ocupando en su totalidad el potencial que este posee.

CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1. INTRODUCCIÓN

El informe muestra en forma íntegra los pasos a seguir para desarrollar el proyecto de Gestión y Control de Mantenimiento en el área Tranque Mauro mediante una aplicación para teléfonos inteligentes. Este trabajo demuestra como una aplicación bien diseñada es capaz de gestionar y mejorar un proceso operacional de gran magnitud, enfocada en las herramientas e información que el software que administra el mantenimiento le entrega.

En cada capítulo de este informe se detallan las metodologías que se utilizan para que una aplicación para teléfonos sea bien utilizada y poder desarrollar su máximo potencial, teniendo en cuenta los antecedentes históricos que posee el mantenimiento, además muestra el detalle de las características que posee la aplicación para su utilización por parte del recurso humano de la empresa.

En la parte final de este informe de proyecto se podrá visualizar el análisis de los resultados previos a la implementación de este proyecto y los resultados posteriores a la implementación de la aplicación de gestión y control de mantenimiento. Estos tomados de la base de datos de la gerencia de mantenimiento de la empresa MLP, específicamente del área Tranque Mauro.

Este informe de igual forma detalla todas las fuentes con sus respectivos contenidos desde donde se hizo uso y como aportaron al desarrollo de este proyecto.

Alcance: La aplicación fue creada principalmente para el área tranque, basándose su diseño para este proceso, los cambios que se deben realizar para otro proceso son sustanciales. Este proyecto si bien puede implementarse en faenas similares, es indispensable la cobertura celular, ya que sin datos la aplicación no será tan efectiva.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Lograr la continuidad operacional en el proceso tranque de relaves El Mauro, mediante la utilización de una aplicación para la gestión del mantenimiento.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar situación actual del mantenimiento en el área Tranque.
- Medir los resultados en condiciones anterior a la implementación del proyecto, ya sean los Tiempos Medios de Reparación (MTTR) y los Tiempos Medios de Falla (MTBF) de los equipos asociados al proceso.
- Definir los equipos catalogados en el sistema ERP y el plan matriz de mantenimiento para ser ingresados al formato de la aplicación.
- Demostrar los resultados de reducción de tiempos y aumento de disponibilidad con el uso de la aplicación de Gestión y Control de Mantenimiento mediante su utilización por el personal técnico en terreno.

3. HIPÓTESIS

Optimizar la disponibilidad de equipos e instalaciones asociadas a estos mediante la utilización de tecnologías vanguardistas, para esto es la aplicación de mantenimiento que permitirá conocer el estado de estos en línea y con un detalle de información suficiente para mantener una alta disponibilidad y con ello garantizar el éxito en la producción.

4. JUSTIFICACIÓN

El proyecto implementa la aplicación de gestión y control de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos involucrados en el proceso del área Tranque El Mauro para con ello permitir que los equipos cumplan su vida útil efectiva con una alta utilización.

Como ya conocemos la definición de la disponibilidad está es utilizada en las empresas para medir tiempos medios de la operación de equipos, matemáticamente, $MTBF / (MTBF + MTTR)$ para el tiempo de trabajo programado.

En su función práctica la aplicación recaba, interpreta y entrega información del estado actual e histórico de cada equipo, con ello las decisiones que se tomaran serán las acertadas enfocándose de mejorar la disponibilidad futura de este. La interfaz de la aplicación obliga a que sus usuarios sean explícitos en la información entregada, ya que esta procesa los datos suministrados y genera la recomendación más conveniente a seguir. Además la información puede ser monitoreada en línea por todos los entes involucrados que deben garantizar el buen funcionamiento de los equipos, por lo que los ajustes, comentarios y demás actividades relacionadas con la condición del equipo individualizado se ven afectados en beneficio del tiempo por la reducción, en obtener la información y por consiguiente en la reacción para decidir el procedimiento a seguir.

En la industria existen muchos programas de gestión de mantenimiento que permiten planificarlo, pero no utilizan herramientas móviles complementarias que puedan entregar información en línea y dar paso para que los resultados que arrojan las inspecciones rutinarias realizadas en terreno por el personal competente de operaciones y mantenimiento y que no deban esperar ser ingresadas en un PC de escritorio destinado en el área administrativa de la faena.

La existencia de programas de mantenimiento los cuales derivan de un plan matriz cuya función es organizar semanalmente las actividades del personal de mantenimiento, esta base es esencial para que la aplicación trabaje acorde a los datos suministrados y los entregue analizados para la creación del siguiente programa desarrollando así todo su potencial, ya que en el proceso existen factores como las características de los fluidos a procesar quienes provocan que los equipos sufran una aceleración en el desgaste de componentes y fallan antes de llegar a la mantención programada por horario de trabajo por ende se aplica la mantención reactiva. A partir de esto los beneficios de este proyecto se incrementan por la posibilidad que entrega la aplicación CGM de informar de

condiciones anormales de funcionamiento con anterioridad y evitar una falla mayor que demande mayor tiempo de intervención y una inversión adicional en nuevos componentes. En este escenario en minería se utiliza un concepto informal que toma relevancia como es “EL EQUIPO AVISA ANTES DE FALLAR”, este concepto lo utilizan los operadores y mantenedores, quienes realizan las inspecciones rutinarias y detectan los indicios en el funcionamiento los equipos.

La aplicación CGM aborda esta problemática en el control y gestión permitiendo aplicar un mantenimiento predictivo, el cual mejora los desempeños de las empresas viéndose reflejado en el cumplimiento de los KPI´s.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

5. MARCO CONCEPTUAL

Para entender el propósito del proyecto es necesario comprender la definición de algunos conceptos relevantes, los cuales son los pilares donde se fundamenta la idea del proyecto estos son el mantenimiento, sus objetivos y los costos que este implica y la disponibilidad sujeta a sus indicadores de tiempos, como lo son, los Tiempos Medios de Reparación, Tiempos Medios entre Fallas y Tiempos Medios para Fallas.

A lo largo de los tiempos, el ser humano ha tenido la necesidad de mantener sus maquinarias y equipos de trabajo en óptimas condiciones. A fines del siglo XVIII e inicios del siglo XIX durante la revolución industrial con la mecanización de las industrias la necesidad de las reparaciones se hizo más fuerte. Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción, con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implantación de la producción en serie, fue instituida por la compañía Ford-Motor Company, fabricante de vehículos, las fabricas establecieron programas mínimos de producción y, en consecuencia, sentir la necesidad de crear equipos de que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible, siempre siguiendo la mantención a equipos que fallaban lo cual es conocido como MANTENIMIENTO CORRECTIVO. Fue hasta 1950, que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un concepto diferente en mantenimiento, que se apegaban o guiaban de las recomendaciones del fabricante del equipo, las cuales hacían referencia a las limitaciones del equipo, forma y cantidades de trabajo al día, tipo de mantenimiento, forma de operar, maquinarias y materiales a utilizar en el mantenimiento. Así nació *la ingeniería de conservación* (preservación y mantenimiento) en el año de 1950 es la fecha en que se toma a la máquina como un medio para conseguir un fin, que es el servicio que ésta proporciona. Los conceptos que llevaron a todo esto son la confiabilidad y la mantenibilidad, y de esto nace el MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

5.1 Definiciones en mantenimiento

5.1.1 *Mantenimiento*

Es el conjunto de actividades (técnicas y administrativas) conducentes a preservar las cualidades funcionales de un equipo o componente. Todo a partir de la premisa de que el uso de un equipo y los efectos de su entorno de trabajo, disminuirán sus condiciones originales.

Objetivos del mantenimiento:

- Preservar la funcionalidad del activo en condiciones de máxima confiabilidad operativa.

- Eficiencia de costos de inversión y de operación.
- Optimizar el rendimiento y aumentar la vida útil.
- Eliminación de fallas, utilizando técnicas proactivas.
- Mejorar la seguridad de las operaciones.

En la industria se consideran tres tipos de mantenimiento, estos son:

Mantenimiento Correctivo: Conocido también por mantenimiento a la falla, es básicamente la intervención no programada o conjunto de tareas destinadas a colocar el equipo en condiciones operativas, luego que haya ocurrido una falla. Las ventajas de este tipo de mantenimiento son un costo de implementación mínimo, no requiere planeamiento y no requiere controles o inspecciones.

Mantenimiento Preventivo: Se define como el conjunto de inspecciones e intervenciones periódicas que buscan controlar, eliminar o evitar condiciones que pudieran causar fallas. Involucra cambios o reacondicionamientos de partes y componentes bajo una base planificada, sin importar el estado de las mismas. Este método define que lo importante es rescatar el concepto de intervención antes de la falla o de prevenir la falla.

Las ventajas más relevantes es la disminución de paradas no programadas, mejor conservación de los equipos, costos de mantenimiento menores que el correctivo por reducción de tiempo de reparaciones, stock de repuestos y horas extras, generación de información de programación y control, permite estudio económico de reparaciones, formación de especialistas de mantenimiento, buena relación entre producción y mantenimiento.

Mantenimiento Predictivo: Este método busca mediante inspecciones periódicas determinar cuándo cambiar o reacondicionar una parte o un sistema del equipo en función del estado actual de los mismos con el objeto de predecir anomalías y corregirlas, usa información de fábrica, estadísticas, mide las variables físicas y químicas más relevantes constituye la aplicación de la tecnología en el proceso de detección temprana.

Las ventajas de este método predictivo son las mismas del mantenimiento preventivo a las que se le agregan tener una mayor disponibilidad de activos, elimina el establecimiento de estándares para el reemplazo de componentes, elimina las inspecciones periódicas programadas que incluyen desmontajes o desarmados y provoca mejoras sustantivas en la seguridad industrial.

Costos:

Costos directos: Son todos los gastos provocados directamente por la actividad de mantenimiento, entre los que se cuentan: Repuestos y Materiales, Mano de Obra, Energía, Infraestructuras, Equipos de Apoyo y Herramientas, Servicios Externos y Administración.

Costos indirectos: Son los provocados por los efectos de un mantenimiento inadecuado. Destacan: Lucro cesante por pérdidas de producción, pérdidas por reproceso, accidentes, incumplimientos, deterioro acelerado de los activos, reemplazos prematuros, mayores primas de seguro, mano de obra ociosa por paradas imprevistas, mayores costos por logística de emergencia, etc.

5.1.2 Conceptos esenciales en mantenimiento

A continuación se abordan algunos conceptos importantes para el control y la evaluación de la gestión del mantenimiento.

Confiabilidad: Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.

Mantenibilidad: Es la capacidad o probabilidad, si hablamos en términos estadísticos, bajo condiciones dadas, que tiene un activo o componente de ser mantenido o restaurado en un periodo de tiempo dado a un estado donde sea capaz de realizar su función original nuevamente, cuando el mantenimiento ha sido realizado bajo condiciones prescritas, con procedimientos y medios adecuados. Esto quiere decir, que si un componente tiene un 95% de Mantenibilidad en una hora, entonces habrá 95% de probabilidad de que ese componente sea reparado exitosamente en una hora.

Disponibilidad: La Disponibilidad de un equipo es la relación existente entre la suma de los tiempos que estuvo en condiciones de ser operado (disponible) en un periodo y el tiempo nominal (total) de ese período. Se expresa en porcentaje.

5.1.3 Términos y ecuaciones

Existen términos que se utilizan para calcular los conceptos de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, y con ellos la conformación de las ecuaciones respectivas. Esto para calcular los parámetros de estos conceptos en función del tiempo, los términos utilizados son:

Utilización: Es una medida de cuánto ha operado o se ha utilizado el equipo. Generalmente se expresa en horas obtenidas a través de los propios medidores del equipo. Para el propósito práctico de la información, la utilización puede expresarse en medidas, tales como: Distancias recorridas [Kilómetros, metros, etc.], carga transportada [Toneladas], longitud perforada [metros] o cual la actividad que el equipo realiza.

Eficiencia: Es la capacidad de un proceso para conseguir un objetivo en función de los recursos disponibles. Se logra eficiencia cuando se utilizan menos recursos para lograr un mismo objetivo; o bien, cuando se logran más objetivos con los mismos o menos recursos.

Las ecuaciones matemáticas para calcular los parámetros en función de los tiempos del mantenimiento se correlacionan con algunos términos que miden el rendimiento.

A continuación la relación base para determinar la disponibilidad.

$$\text{Disponibilidad (D)} = \frac{\text{Tiempo Disponible (TD)}}{\text{Tiempo Nominal (TNom)}}$$

Dónde:

- *Tiempo disponible: es el tiempo nominal donde un equipo debió estar disponible menos el tiempo real que si lo estuvo.*
- *Tiempo nominal: es el tiempo que debió estar disponible el equipo para ser operado.*

Un ejercicio práctico es en un mes, si un equipo debe estar disponible las 24 horas por los 30 días, serían $24 \times 30 = 720$ horas, este es el tiempo nominal. Y el tiempo disponible es 720 horas menos el tiempo real donde el equipo estuvo en condiciones de ser operado descontándose aquellos tiempos en los que estuvo detenido ya sea por intervenciones programadas y fallas.

Para medir la confiabilidad operacional (C_o) utilizamos la siguiente ecuación.

$$C_o = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

Para medir la disponibilidad operacional (D_o) utilizamos la siguiente ecuación.

$$D_o = \text{MTTF} / (\text{MTTF} + \text{MTTR})$$

Dónde:

MTBF: Es el "Tiempo Medio Entre Fallas" es literalmente el promedio de tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente. Se considera como el tiempo promedio que un equipo funciona hasta que falla y necesita ser reparado.

MTTR: El "Tiempo Medio Para Reparar" es el tiempo promedio que toma reparar algo después de una falla.

MTTF: El "Tiempo Medio Para Falla" es el tiempo promedio para equipos que no pueden ser reparados.

Los tiempos para determinar MTBF, MTTR y MTTF son los que se miden de forma práctica en la operación misma, ya sea de forma manual en algún formulario o checklist, o que algún software de control lo haga. Los tiempos a considerar para determinarlos son:

- Tiempos de detenciones programadas (Tdp) en horas o minutos dependiendo de la extensión del período que se mida. Esto es la sumatoria de los tiempos donde el equipo está detenido por alimentación (Tao) del operador si fuesen equipos mecanizados y tiempos programados (Tpm) para mantención con anterioridad.
- Tiempo perdido (Tp) en horas o minutos dependiendo de la extensión del período a medir. Donde es la sumatoria de los tiempos de detenciones por fallas (Tdf) y tiempos de detenciones programadas.
- Tiempo real trabajado (Trt) es el delta del tiempo teórico de trabajo (Ttt) de un equipo, es decir, tiempo operacional de cada trabajo o faena, y el tiempo perdido.
- Cantidad de fallas (Tf) o cantidad en número de detenciones por fallas que sufrió el equipo en el período a evaluar.

La correlación entre estos tiempos está dada por las siguientes expresiones matemáticas.

$$Tdp = Tao + Tpm$$

$$Tp = Tdf + Tdp$$

$$Trt = Ttt - Tp$$

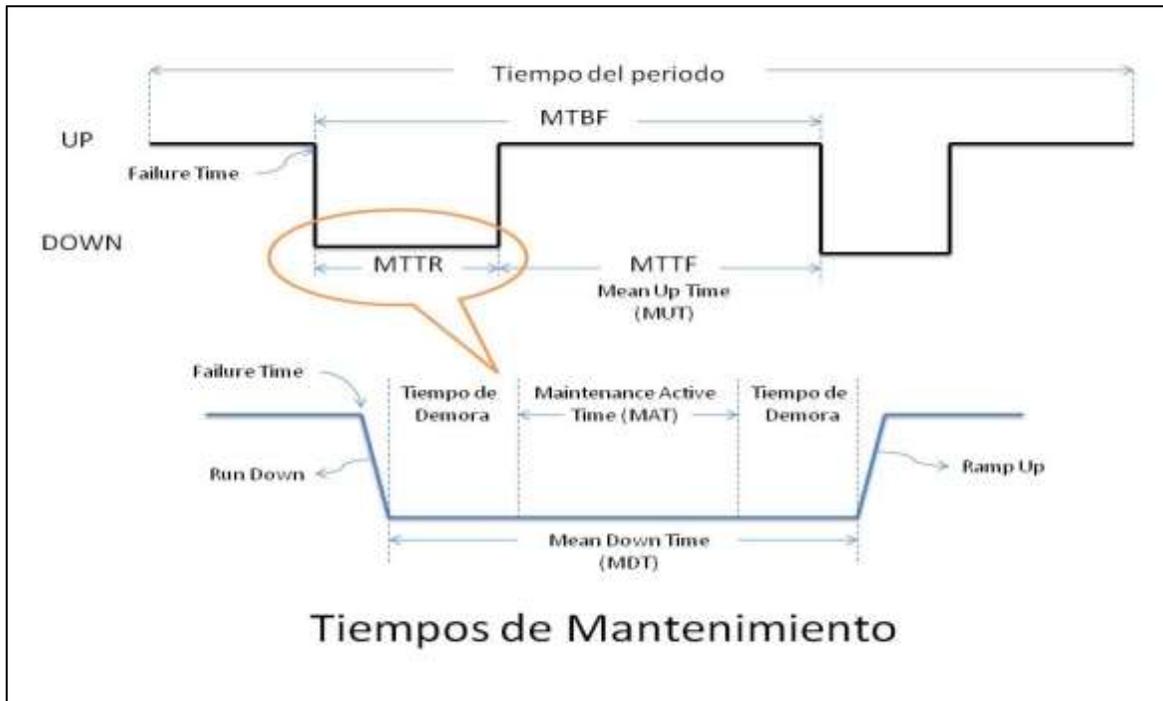
$$MTBF = Trt / Tf$$

$$MTTR = Tdf / Tf$$

$$MTTF = MTBF - MTTR$$

La siguiente imagen demuestra la aplicación de los tiempos medios en una línea de tiempo de operación y mantención de un equipo.

Figura 5.1 Tiempos medios de mantenimiento



Fuente: <https://maintenancela.blogspot.com>

Para medir la Mantenibilidad la ecuación determinada es la siguiente.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

Donde la función de mantenibilidad, que representa la probabilidad de que la reparación comience en el tiempo $t=0$ y sea concluida satisfactoriamente en el tiempo t (probabilidad de duración de la reparación).

e = constante neperiana (2,303...)

μ = Tasa de reparaciones o número total de reparaciones efectuadas con relación al total de horas de reparación del equipo.

t = tiempo previsto para la reparación, que es igual al MTTR.

Se puede ver en las ecuaciones y definiciones anteriores que los tiempos son esenciales para determinar los tres conceptos que miden con parámetros la eficiencia del mantenimiento en cual sea la organización que tenga un área de este tipo.

5.2 Disciplinas aplicadas al mantenimiento Área Tranque Mauro

En el área Tranque Mauro son tres las disciplinas que gobiernan el mantenimiento, están son eléctrica, instrumentación y mecánica. La primera es la primordial ya que es la energía más utilizada en el área debido a que la mayoría de los equipos necesitan esta energía base para funcionar. La instrumentación es responsable de la comunicación del sistema remoto, es decir, trabaja con energía eléctrica hasta 110 volts, además agrupa todos los equipos que utilizan energía nuclear, neumática e hidráulica ya sea como energía base o secundaria. Finalmente la disciplina mecánica hace referencia a la mantenibilidad de equipos mecanizados y al montaje y desmontaje de estos.

Para cada disciplina se utilizan técnicos y un supervisor, los primeros son quienes intervienen de forma directa los equipos siguiendo las directrices del segundo.

A continuación se identifican los equipos más relevantes presentes en los sistemas operativos agrupados en sus respectivas disciplinas.

Categorización de equipos por disciplina.

Eléctricos: Motor de bomba, UPS, parada de emergencia, RTD de vibración, Relay Multilin (protección de motores), tableros eléctricos, conexiones y cableados.

Instrumentación industrial: Flujómetros magnéticos, sensores de nivel, FSL, Indicadores/transmisores de presión, vacuómetros, manómetros, sistema de actuación neumático e hidráulico, densímetros nucleares y otros equipos menores asociados a la comunicación y control automático.

Mecánicos industriales: Cuerpo de bombas, bridas, uniones piping de líneas de impulsión, cuerpos de hidrociclones, válvulas. Además de montaje y desmontaje de equipos de gran envergadura presentes en el área.

CAPITULO III. DESARROLLO DEL PROYECTO.

6. PROCESO Y OPERACIÓN

6.1 Reseña área operacional

El área Tranque Mauro de MLP se extiende sobre una superficie de 82,6 kilómetros cuadrados sobre la cuenca del estero Pupío, está faena recibe los relaves de la Planta concentradora Piuquenes ubicada a 60 Kilómetros de distancia aguas arriba, el poblado más cercano es Caimanes situado a 12 kilómetros aguas abajo en la misma cuenca, esta zona pertenece a la comuna de Los Vilos situada en el extremo sur de la cuarta región de Coquimbo.

Figura 6.1 Ubicación geográfica de faena Tranque Mauro.



Fuente: Mapas www.educarchile.cl

6.2 Unidades operacionales

6.2.1 Sistema de recuperación de aguas de proceso

Estación de bombeo balsas: Sistema de bombeo dotado de 10 bombas Flygt sumergibles de 300 HP montadas sobre balsas que cumplen la función de recuperar en primera instancia el agua desde la laguna de clarificación producto de la sedimentación de los relaves e la cubeta del Tranque. El sistema posee equipos eléctricos, de instrumentación industrial y mecánicos industriales.

Estación de bombeo intermedia: Sistema dotado de 6 bombas centrifugas verticales de 1250 HP, esta instalación de traspaso recibe el agua de proceso desde E. Balsas y la transporta hacia ER1 y mediante un bypass al sistema de clasificación de relaves. El sistema posee equipos eléctricos, de instrumentación industrial y mecánicos industriales.

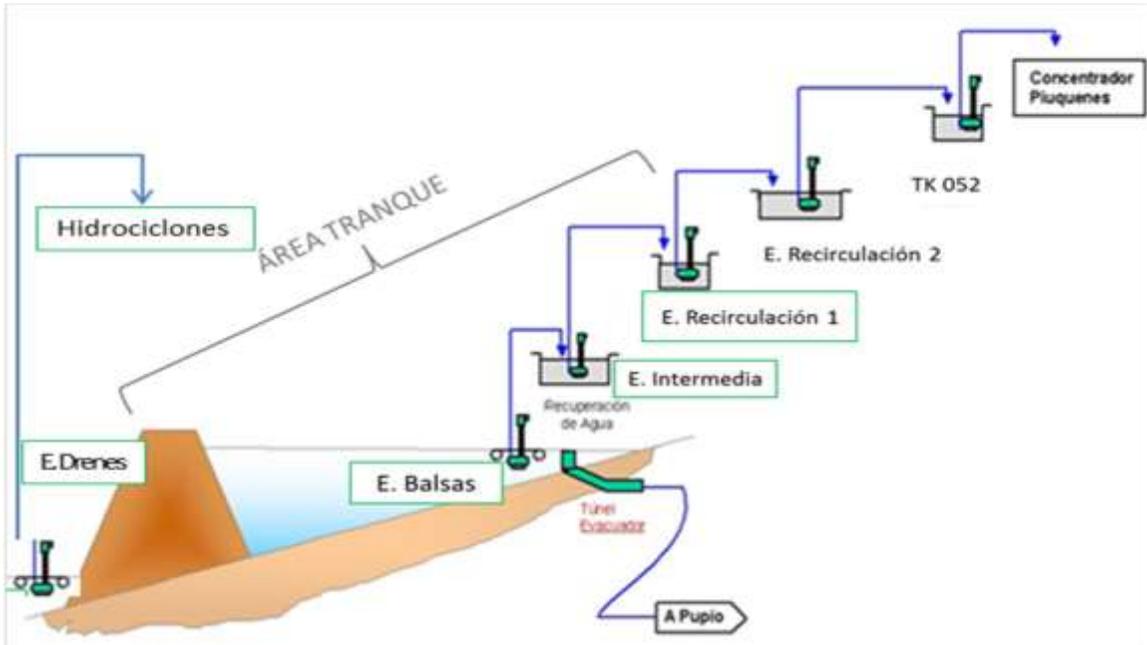
Estación de bombeo recirculación 1: Sistema dotado de 6 bombas centrifugas verticales de 2000 HP, cumple la función de transportar el agua de proceso desde el Tranque Mauro hasta E. R2 ubicada en la planta concentradora a 60 kilómetros de distancia aguas arriba. El sistema posee equipos eléctricos, de instrumentación industrial y mecánicos industriales.

Estación de bombeo drenes: Sistema dotado de 5 bombas centrifugas verticales de 600 HP, esta instalación transporta el agua recuperada desde el sistema de drenaje del muro de contención hacia el sistema de clasificación de relaves. El sistema posee equipos eléctricos, de instrumentación industrial y mecánicos industriales.

6.2.2 Sistema de clasificación de relaves

Estación de Hidrociclones: Sistema dotado con una planta de hidrociclones para clasificar el relave según granulometría y cajones de hormigón dispuestos para distribuir y acondicionar el relave para clasificación y luego disponerlo en el muro de contención o cubeta del Tranque Mauro.

Figura 6.2 Descripción del proceso Tranque Mauro



Fuente: Diagrama de manual de operaciones Tranque, IV revisión MLP.

Figura 6.3 Distribución geográfica de estaciones del proceso



Fuente: Google Earth, Edición personal creador Proyecto.

7. ETAPAS DEL PROYECTO

7.1 Situación antes del proyecto

Anterior a la implementación del proyecto de la Aplicación CGM el mantenimiento del área tranque igualmente siempre fue administrada por software de mantenimiento llamado SAP ERP el cual solo permitía notificar el estado de los equipos mediante avisos por un mal funcionamiento o falla de los equipos, tal aviso era realizado con bastante posterioridad desde el momento en que fue detectada la condición por el agente que realizó la inspección ya que para poder realizarlo debía tener acceso a un PC de escritorio adaptados para el sistema SAP ubicados en el centro cívico de la faena el cual geográficamente se sitúa a distancias considerables de las estaciones del proceso Tranque. Esta práctica impedía que la información fuera ágil y en innumerables ocasiones a causa de este retraso, se produjeron detenciones no programadas con horarios extensos que perjudican la continuidad operacional. Estos programas funcionan con un plan matriz que anteriormente programaba según horario de utilización u operación, y sin la APP CGM se limitaba a no tener información rápida y fidedigna.

La recopilación, análisis y entrega de información se realizaba mediante documentos físicos los que demoran un largo proceso, donde deben ser revisados y aprobados por los entes planificadores quienes posteriormente asignan la criticidad a la condición del funcionamiento de cada equipo para agendar el día y duración de la intervención a este.

Los tiempos medios de reparación y entre fallas eran extensos y algunas veces difíciles de cuantificar porque realmente se desconocía el origen de la falla. En ocasiones se debían dejar trabajos en espera para atender fallas de equipos considerados más críticos en la operación.

7.2 Funcionamiento práctico

En este ítem se muestra en una breve simulación del funcionamiento de la APP CGM en un programa semanal derivado del plan matriz de mantenimiento del Tranque Mauro, la interacción con los agentes humanos que la utilizan directamente y de quienes recopilan la información que esta entrega. El detalle de funcionamiento fue realizado considerando la cronología en un turno de siete días desde que este se inicia hasta que finaliza y comienza el siguiente programa semanal de siete días.

Las imágenes adjuntas son descriptivas con respecto a la aplicación en terreno de APP CGM y no denotan el beneficio en los tiempos del mantenimiento por lo cual fue creada esta aplicación.

La función que cumple la ACGM en el primer día de trabajo de un turno 7x7 e inicio del programa semanal planificado por el área de planificación y confiabilidad de mantenimiento.

- a) Se recibe del turno saliente el equipo móvil con la APP CGM instalada, y con el anterior usuario con su cesión cerrada. Para que el nuevo agente active sus credenciales.

Figura 7.1 Pantalla inicio, activación de credenciales.



Fuente: Diseño prospecto, empresa Smartapp.

- b) Revisar los tres programas semanales de mantenimiento cada uno correspondiente a las tres disciplinas presentes en el área con la finalidad de identificar los equipos que serán sometidos a intervenciones e inspecciones por parte del personal de mantenimiento.

Figura 7.2 Pantalla desplegable programa semanal.



Fuente: Diseño prospecto, empresa Smartapp.

- c) Uso del agente de mantenimiento: Según lo que le arroja el programa de mantenimiento, el mantenedor debe cumplir dichas actividades tales como intervención o inspección de equipos. En base a las condiciones de funcionamiento del equipo en cuestión se debe ingresar la información en la interfaz de la APP CGM.

Figura 7.3 APP CGM utilizada por mantenedor.



Fuente: Diseño prospecto, empresa Smartapp.

Uso del agente de operaciones: El operario a diferencia del mantenedor en sus actividades rutinarias esta la inspección diaria de los equipos. En base a las condiciones de funcionamiento del equipo inspeccionado este debe completar el checklist e informar mediante la generación de un aviso SAP cualquier irregularidad que presente el equipo.

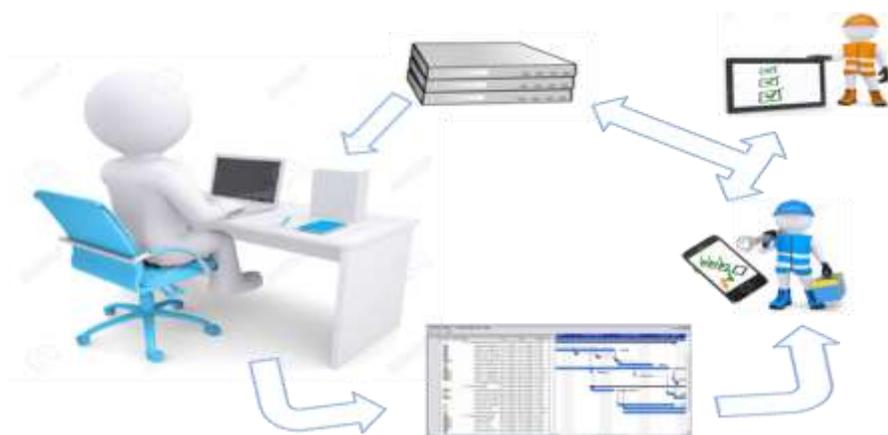
Figura 7.4 APP CGM utilizada por operador.



Fuente: Diseño prospecto, Empresa Smartapp.

- d) Entrega de datos al sistema SAP ERP: La información entregada por los mantenedores y operadores es recopilada por el software y la suma a la base de datos de cada equipo, posterior a esto arroja el histórico según horas de operación y la condición de funcionamiento, la cual debe ser revisada y validada por el planificador, quien cuenta con toda la información de la base de datos.

Figura 7.5 Recopilación y procesamiento de datos.



Fuente: Diseño prospecto, Empresa Smartapp.

CAPITULO IV: EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN

8. METODOLOGÍA

Mejorar el control y la gestión del mantenimiento conlleva realizar un análisis en profundidad de los resultados actuales, e identificar claramente los factores de riesgo implicados en lograr resultados satisfactorios, cuya modalidad provoca evolucionar del mantenimiento correctivo a un mantenimiento predictivo.

La primera conducta que requirió cambios fue la evolución de la cultura comunicacional entre las áreas de operaciones y mantenimiento, basándonos en compartir información fidedigna y clara para realizar una correcta gestión en optimizar la disponibilidad de equipos e instalaciones en el área Tranque de relaves.

La aplicación de mantenimiento solucionara el problema de una comunicación deficiente entre quienes operan y quienes realizan el mantenimiento, creando un cambio en la filosofía de trabajo que existe hasta ahora en las operaciones del tranque de relaves donde las responsabilidades serán mancomunadas entre ambos grupos y las decisiones tomadas apelarán a tener una alta disponibilidad y prolongar la vida útil de los activos.

La capacitación del uso de la aplicación de mantenimiento predictivo es para todos los agentes que interactúan diariamente con equipos e instalaciones del área Tranque, acompañados de un manual que profundice en el mejoramiento continuo en el uso de esta. El personal capacitado de operaciones es responsable de informar mediante la aplicación con detalles la condición actual que resulte de la inspección rutinaria para crear una cronología independiente por cada activo, y los mantenedores deben corroborar la información entregada por operaciones en sus inspecciones programadas en el plan matriz y detallar cada intervención o trabajos realizado para tener el control integral del funcionamiento.

8.1 *Inversión del proyecto.*

La implementación de este proyecto necesita la adquisición de algunos equipos tecnológicos, para un desarrollo correcto de este y entregue su valor principal que es la optimización de tiempos. Mediante un convenio existente entre MLP y la empresa de telecomunicaciones ENTEL, la obtención de un equipo móvil está sujeto a un plan de telefonía asignado a la tarjeta SIM del Smartphone que es donde se aplica el primer CAPEX del proyecto.

En el convenio antes mencionado, también se incluyen todos los accesorios para entregar una velocidad de cobertura 4G en un 60% del área y el 40% restante posee velocidades 3G, esta disminución de velocidad es debido a los accidentes geográficos existentes en la zona precordillerana donde se encuentra situado el Tranque Mauro. Por lo anterior, el proyecto no incluye costos en la adquisición de antenas repetidoras ya que es

responsabilidad de ENTEL entregar y mantener una cobertura acorde a lo que se indica en el contrato.

Los equipos necesarios para el desarrollo del proyecto:

8.1.1 Un Smartphone o Tablet

La buena elección de un Smartphone o Tablet con un procesador que permite el uso de la aplicación si ninguna restricción y con un sistema operativo amigable para el usuario ante esto las consideraciones para dicha elección fueron las siguientes:

- Frecuencia: La frecuencia es la velocidad con la que el procesador hace una tarea. Este término también puede ser considerado como la velocidad. Este dato normalmente lo encuentras con la terminación GHz (Giga Hertz).
- Núcleos: Los núcleos son la cantidad de “capas” que tiene un procesador, cada uno de estos núcleos puede hacer una tarea por separado.

Nota: Es posible que un celular nuevo tenga menos frecuencia que un celular más viejo, esto no significa que sea peor, depende de la cantidad de núcleos que tenga el dispositivo. Donde la frecuencia por el número de núcleos nos entrega la velocidad total.

El ejemplo más fácil y práctico es una fila de supermercado:

Imaginemos que el cajero (núcleo) del supermercado tarda 1 minuto (tiempo de frecuencia) en atender a cada cliente.

Si hay 100 clientes pero solamente hay 1 cajero, tardará 100 minutos en atender a toda la fila de clientes.

Por el otro lado si hay 4 cajeros las filas se hace más cortas y los mismos 100 clientes pueden salir en 25 minutos.

8.1.2 Selección de empresa creadora de la APP.

En el mercado chileno existen varias empresas que diseñan aplicaciones para equipos móviles desempeñando diseños absolutamente acordes a los procesos o utilización para la que son destinados. En este amplio mercado se cotizaron tres empresas que cumplían con los requisitos de trabajar con empresas mineras, la garantía mayor a 18 meses sujeta a las actualizaciones que el mismo proveedor entrega, compatibilidad con el software SAP ERP y el precio conveniente.

La empresa seleccionada fue SMARTAPP perteneciente al grupo PIENSA MÓVIL, está se define como un motor para crear aplicaciones nativas y multiplataforma, que permite entregar Apps de contenido e información a los clientes creando un nuevo canal de comunicación instantáneo e intuitivo.

Se especializan en áreas como: Diseño y Programación Web, Aplicaciones Móviles, Análisis de Big Data, Bases de Datos en la Nube, Marketing Online y Marketing de Contenido.

8.1.3 Creación y diseño de la Aplicación.

La Aplicación posee un diseño amigable y de fácil manipulación para el usuario ya que los agentes que la utilizaran son operadores y técnicos, comenzando por el idioma el cual debe ser español para una interacción absoluta entre estos.

Figura 8.1. Diseño gráfico gpm.group/smartapp



Fuente: Diseño consolidado proporcionado por Empresa SmartApp.

8.1.4 CAPEX y OPEX del proyecto

La inversión inicial implica los costos de obtención del Smartphone y la creación de la APP CGM. A continuación el detalle valorizado de los costos en dólar americano.

Tabla 8.1 Valor CAPEX

Unidad	Proveedor	Costo en USD
Smartphone iPhone 6S Convenio Entel A61243325TD	ENTEL S.A.	0
Plan Entel ilimitado Convenio Entel A61243325TD	ENTEL S.A.	0
Servicio de creación APP CGM Gpm.group / smartapp	Grupo Piensa Móvil / SMARTAPP	41.000
TOTAL		41.000

Fuente: datos obtenidos de factura y centro de costo operaciones MLP.

Mientras el valor del costo de la mantenibilidad del equipo y de la APP CGM se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 8.2 Valor OPEX

Unidad	Valor mensual USD	convenio en meses	Costo en USD
Servicio de mantención y actualización de APP CGM	67	24	1.600
TOTAL			1.600

Fuente: Datos obtenidos de factura y centro de costos operaciones MLP

La duración del convenio con el Grupo Piensa Móvil / SMARTAPP está sujeto a renovación en paralelo con el convenio Entel A61243325TD debido a la disposición de equipos móviles.

9. ANÁLISIS

Se realizó la medición de los tiempos por medio de indicadores que nos entregan los resultados buscados con la implementación de la APP CGM y se comparan con los tiempos anteriores. Para cuantificar la disponibilidad, consideraremos los tiempos medios que existen en entre las fallas y el tiempo medio para reparar la falla de los equipos. El período que comprende desde abril de 2017 a Marzo de 2018 es anterior a la implementación de la APP CGM y el segundo período 2018 corresponde implementada.

La medición se realizó por cada sistema operacional, por ende quedan dos grupos de análisis, sistema de recuperación de agua y sistema de clasificación de relaves. Desde esto se subdividirán en cada sistema las tres disciplinas aplicables.

En el área Tranque Mauro el mantenimiento trabaja en un turno 7 x 7 de 12 horas al día, solo trabaja de 08:00 a 20:00 horas. El programa está diseñado considerando la cantidad de técnicos de planta dispuestos para la ejecución de los trabajos, de él total de horas programadas, se disponen de un 9% para trabajos imprevistos donde se incluyen las horas que se intervienen equipos por fallas.

El siguiente cuadro explica la cantidad de horas dispuestas para el mantenimiento en un mes calendario.

Tabla 9.1 Horas totales mes para mantenimiento.

DISCIPLINA	TURNO/DÍA HORAS	TÉCNICOS	TOTAL HORAS MES	9 % HORAS IMPREVISTOS
Mecánica industrial	12	5	1.800	162
Eléctrica	12	2	720	64,8
Instrumentación	12	2	720	64,8
TOTAL HORAS			3.240	291,6

Fuente: obtenidas del Plan Matriz de Mantenimiento Tranques.

Entonces se define que las horas al año son:

Tabla 9.2 Total horas año para mantenimiento Área Tranque Mauro.

$(12 \times 5) \times 365 \text{ días} =$	21.900 horas de mecánicos.
$(12 \times 2) \times 365 \text{ días} =$	8.760 horas de eléctricos.
$(12 \times 2) \times 365 \text{ días} =$	8.760 horas de instrumentación.
$(21.900 + 8.760 + 8.760) \times 0,09 =$	3.547,8 \approx 3.548 horas totales de imprevistos.

Fuente: obtenidas del Plan Matriz de Mantenimiento Tranques.

9.1 Análisis al Sistema de Recuperación de Aguas

En la Estación de Recirculación 1 se miden MTTR y MTBF de doce meses, nueve últimos del año 2017 y tres del inicio del 2018, anterior a la implementación de la APP CGM, considerando 291,6 horas de cada mes para imprevistos. Se miden las tres disciplinas ejecutantes del área, pero se individualizan las horas que ocupo cada una de estas.

Nota: Considerar que para la mantención de cualquiera sea el equipo o el componente de este, por políticas de seguridad, se debe detener en su totalidad para ser intervenido.

Además, por ser un sistema de bombeo en paralelo con descarga lateral del manifold se tiene a los equipos más cercanos a esta descarga con mayor cantidad de horas de operación para alcanzar la curva de demanda caudal/metros columna agua con mayor eficiencia por ende las horas de mantenimiento programado son mayores para estos equipos.

El siguiente cuadro resume las horas y cantidad de detenciones por falla en parte del año 2017 e inicios de 2018 en Estación de Bombeo Recirculación 1 y los respectivos detalles que nos arroja los siguientes resultados de MTBF y MTTR correspondiente a ese período en particular.

Tabla 9.3 Resumen detenciones de equipos Estación de bombeo Recirculación n°1, período 2017-2018.

	Equipo	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba
	TAG	PP034	PP035	PP036	PP037	PP038	PP045
	Tiempo promedio programado horas/mes	8	8	12	12	14	18
Abril	Cantidad detenciones	3	3	3	4	4	7
	Tiempo horas	4	4	6	6	10	20
Mayo	Cantidad detenciones	3	2	3	1	2	2
	Tiempo horas	4	3	7	1	1,5	3
Junio	Cantidad detenciones	1	1	2	2	4	1
	Tiempo horas	2	2,5	3	4	6	3
Julio	Cantidad detenciones	1	0	2	2	3	2
	Tiempo horas	2	0	3	2	7,5	4,5
Agosto	Cantidad detenciones	0	1	2	3	4	8
	Tiempo horas	0	2	5,5	8	9	10,5

Septiembre	Cantidad detenciones	0	2	6	3	4	2
	Tiempo horas	0	6	8,5	6	6,5	4
Octubre	Cantidad detenciones	1	1	3	4	3	2
	Tiempo horas	2	4	7,5	4,5	8	3
Noviembre	Cantidad detenciones	3	2	3	2	2	1
	Tiempo horas	8	2	5,5	6,5	6,5	3
Diciembre	Cantidad detenciones	2	3	3	2	4	3
	Tiempo horas	3	8	4,5	5,5	4,5	4
Enero	Cantidad detenciones	1	4	2	3	0	1
	Tiempo horas	3	6	3	6	0	1
Febrero	Cantidad detenciones	2	3	2	1	2	2
	Tiempo horas	4	4	1	3	2	1,5
Marzo	Cantidad detenciones	1	3	2	1	2	1
	Tiempo horas	0,5	2	1,5	1,5	3	2

Fuente: Indicadores consolidados base de datos Mantenimiento MLP periodo 2017-18.

Tabla 9.4 Tiempos medios entre fallas de Estación de Bombeo Recirculación n°1 período 2017-2018

2017-2018	PP034	PP035	PP036	PP037	PP038	PP045
Horas programadas	8	8	12	12	14	18
Tiempo programado	96	96	144	144	168	216
Tiempo perdido	128,5	139,5	200	198	232,5	275,5
Tiempo real trabajado	8631,5	8620,5	8560	8562	8527,5	8484,5
MTBF (horas)	479	344	259	305	250	265

Fuente: Ejemplos de ejercicios de sites.google.com/site/apalacioposada en base a datos de tabla 9.3.

Tabla 9.5 Tiempos Medios para Reparar Estación de Bombeo Recirculación n°1 periodo 2017-2018

2017-2018	PP034	PP035	PP036	PP037	PP038	PP045
Tiempo paro por fallas Cantidad de fallas	32,5/18	43,5/25	56/33	54/28	64,5/34	59,5/32
MTTR (horas)	1,8	1,7	1,7	1,9	1,9	1,8

Fuente: Ejemplos de ejercicios de sites.google.com/site/apalacioposada en base a datos de tabla 9.3.

El siguiente cuadro muestra las detenciones y la duración de cada una de ellas con respecto al equipo individualizado y los resultados obtenidos del MTBF y MTTR una vez implementada la APP CGM en marzo de 2018, donde es importante mencionar que el tiempo programado para mantenimiento de los equipos continúa siendo el mismo del anterior periodo.

Tabla 9.6 Resumen detenciones de equipos en Estación de Bombeo Recirculación n°1 periodo 2018.

	Equipo	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba
	TAG	PP034	PP035	PP036	PP037	PP038	PP045
	Tiempo promedio programado horas/mes	8	8	12	12	14	18
Abril	Cantidad detenciones	2	3	2	3	3	4
	Tiempo horas	3	3	3	4	6,5	6
Mayo	Cantidad detenciones	1	2	1	2	2	2
	Tiempo horas	2	2	2	2	2	2
Junio	Cantidad detenciones	1	1	1	2	2	2
	Tiempo horas	1,5	2	2	3	3,5	2
Julio	Cantidad detenciones	1	1	1	1	2	1
	Tiempo horas	1	1,5	1	2	5,5	3,5
Agosto	Cantidad detenciones	1	2	1	1	2	2
	Tiempo horas	1	1,5	3	2	3,5	6
Septiembre	Cantidad detenciones	2	2	3	3	2	2
	Tiempo horas	1	4	4	5	2	5
Octubre	Cantidad detenciones	2	2	2	2	2	2

		Tiempo horas	1,5	3	4	4	4	2
	Noviembre	Cantidad detenciones	2	1	2	2	1	2
		Tiempo horas	3,5	2	4	5	3	3

Fuente: Indicadores consolidados base de datos Mantenimiento MLP periodo 2018.

Tabla 9.7 Tiempos Medios entre Fallas Estación de Bombeo Recirculación n°1 periodo 2018.

2018	PP034	PP035	PP036	PP037	PP038	PP045
Horas programadas	8	8	12	12	14	18
Tiempo programado	64	64	96	96	112	144
Tiempo perdido	78,5	83	123	123	148	178
Tiempo real trabajado	5777,5	5773	5737	5733	5714	5682,5
MTBF(horas)	481	412	441	358	357	334

Fuente: Ejemplos de ejercicios de sites.google.com/site/apalacioposada en base a datos de tabla 9.6.

Tabla 9.8 Tiempos Medios para Reparación Estación de bombeo Recirculación n°1 periodo 2018

2018	PP034	PP035	PP036	PP037	PP038	PP045
Tiempo paro por fallas Cantidad de fallas	14,5/12	19/14	23/13	27/16	30/16	29,5/17
MTTR (horas)	1,2	1,3	1,7	1,6	1,8	1,7

Fuente: Ejemplos de ejercicios de sites.google.com/site/apalacioposada en base a datos de tabla 9.6.

En una apresurada conclusión se deja ver la disminución de los tiempos medios de reparación de fallas y también el aumento entre los tiempos medios de fallas de los equipos de la estación de bombeo R1, los cuales están representados en horas.

En la misma línea de recuperación de aguas de proceso se evalúan los resultados anteriores y posteriores a la implementación de la APP CGM de las estaciones aguas abajo y de menor envergadura que la estación R1.

El siguiente cuadro resume las horas y cantidad de detenciones en un periodo de los nueve meses finales del año 2017, es decir, desde Abril a diciembre y de los tres meses iniciales de 2018 como lo son Enero, Febrero y Marzo de las Estaciones de Bombeo Intermedia y Balsas.

Nota: Ambas estaciones poseen un sistema de bombeo en paralelo con un manifold que descarga a la línea de impulsión principal.

Tabla 9.9 Resumen detenciones E. Intermedia y E. Balsas 2017-2018

Equipo		Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba
TAG		PP4001	PP4002	PP4003	PP5001	PP5002	PP5003
Tiempo promedio programado horas/mes		8	8	8	6	6	6
Abril	Cantidad detenciones	1	2	3	3	2	3
	Tiempo horas	3	4	6	5,5	5	4,5
Mayo	Cantidad detenciones	2	2	2	2	2	1
	Tiempo horas	3	3	2	3,5	3,5	3
Junio	Cantidad detenciones	2	1	1	1	2	1
	Tiempo horas	2	2	3	2	3	4
Julio	Cantidad detenciones	1	1	1	2	4	1
	Tiempo horas	2	0,5	3,5	1	6	3
Agosto	Cantidad detenciones	1	3	3	2	2	2
	Tiempo horas	12	8	10,5	12	9,5	10
Septiembre	Cantidad detenciones	3	2	4	4	3	2
	Tiempo horas	4	4	6,5	6	5,5	4
Octubre	Cantidad detenciones	2	1	2	1	1	1
	Tiempo horas	2	3	2,5	3	2	3
Noviembre	Cantidad detenciones	2	2	1	2	1	2
	Tiempo horas	3	2,5	2,5	4	1,5	3
Diciembre	Cantidad detenciones	2	2	2	3	2	1
	Tiempo horas	2	4	4	4	5,5	2
Enero	Cantidad detenciones	1	0	1	1	1	1

DETENCIONES POR FALLAS

		Tiempo horas	3	0	2	2	2	1
	Febrero	Cantidad detenciones	2	2	3	5	2	1
		Tiempo horas	3	3,5	2	4,5	3	2
	Marzo	Cantidad detenciones	1	2	4	3	1	3
		Tiempo horas	0,5	3,5	2	2,5	3	2,5

Fuente: Indicadores consolidados base de datos Mantenimiento MLP periodo 2017-18.

Tabla 9.10 Tiempos Medios entre Fallas Estaciones de bombeo Intermedia y Balsas 2017-2018

2017-2018	4001	4002	4003	5001	5002	5003
Horas programadas	8	8	8	6	6	6
Tiempo Programado	96	96	96	72	72	72
Tiempo perdido	135,5	134	142,5	122	121,5	114
Tiempo real trabajado	8624,5	8626	8617,5	8638	8638,5	8646
MTBF (horas)	431	431	319	297	375	455

Fuente: Ejemplos de ejercicios de sites.google.com/site/apalacioposada en base a datos de tabla 9.9.

Tabla 9.11 Tiempos Medios para Reparar de E. Intermedia y Balsas 2017-2018

2017-2018	4001	4002	4003	5001	5002	5003
Tiempo paro por fallas Cantidad de fallas	39,5/20	38/20	46,5/27	50/29	49,5/23	42/19
MTTR (horas)	1,9	1,9	1,7	1,7	2,1	2,2

Fuente: Ejemplos de ejercicios de sites.google.com/site/apalacioposada en base a datos de tabla 9.9.

El siguiente cuadro muestra las detenciones y la duración de estas en horas del período posterior a la implementación de la APP CGM, es decir, todo el período que ha avanzado el año 2018 de las estaciones de bombeo Intermedia y Balsas. En este se observa la disminución de detenciones por falla y el menor tiempo utilizado para la reparación de los equipos involucrados en este sistema de bombeo en particular.

La intención comparativa de estos cuadros entrega inmediatamente los resultados o diferencias que existen con la implementación de la APP CGM.

Nota: las horas programadas son las mismas del período anterior.

Tabla 9.12 Resumen detenciones de equipos en E. Intermedia y E. Balsas 2018.

DETENCIONES POR FALLAS	Equipo	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba	Bomba
	TAG	PP4001	PP4002	PP4003	PP5001	PP5002	PP5003
	Tiempo promedio programado horas/mes	8	8	8	6	6	6
Abril	Cantidad detenciones	1	2	3	3	2	3
	Tiempo horas	1	2	5	4	3	3,5
Mayo	Cantidad detenciones	2	1	2	2	2	1
	Tiempo horas	2	1	2	3	2	2
Junio	Cantidad detenciones	1	1	1	1	2	1
	Tiempo horas	1	1	2	2	2	2,5
Julio	Cantidad detenciones	2	1	1	2	2	1
	Tiempo horas	1	0,5	2,5	1,5	3	2
Agosto	Cantidad detenciones	2	3	3	2	2	2
	Tiempo horas	2,5	3	8	6	4	6
Septiembre	Cantidad detenciones	2	2	3	3	3	1
	Tiempo horas	2	2,5	4,5	4	4	2
Octubre	Cantidad detenciones	1	1	2	1	1	1
	Tiempo horas	1	2	2	2,5	1	2
Noviembre	Cantidad detenciones	2	2	1	2	1	2
	Tiempo horas	2	2	2	3	1	2

Fuente: Indicadores consolidados base de datos Mantenimiento MLP periodo 2018.

Tabla 9.13 Tiempos Medios entre Fallas período posterior APP CGM E. Intermedia y E. Balsas

2018	4001	4002	4003	5001	5002	5003
Horas programadas	8	8	8	6	6	6
Tiempo Programado	64	64	64	48	48	48
Tiempo Perdido	76,5	78	92	74	68	70
Tiempo real trabajado	5779,5	5778	5764	5782	5788	5786
MTBF	444	444	360	361	385	482

Fuente: Ejemplos de ejercicios de sites.google.com/site/apalacioposada en base a datos de tabla 9.12.

Tabla 9.14 Tiempos Medios para Reparar de E. Intermedia y E. Balsas período 2018

2018	4001	4002	4003	5001	5002	5003
Tiempo paro por fallas	12,,5/13	14/13	28/16	26/16	20/15	22/12
Cantidad de fallas						
MTTR (horas)	1	1,1	1,7	1,6	1,3	1,8

Fuente: Ejemplos de ejercicios de sites.google.com/site/apalacioposada en base a datos de tabla 9.12.

9.2 Análisis a Estación de hidrociclones

La siguiente tabla resume la cantidad de detenciones y horas en el año 2017 y los tres meses iniciales del año 2018 previo a la implementación de APP CGM correspondiente a la Estación de ciclones del sistema de clasificación de relaves.

Tabla 9.15 Resumen detenciones de equipos en E. Ciclones período 2017-2018

DETENCIONES POR FALLAS	Equipo	Lado A Batería	Lado B Batería	Lado C Batería	Cajones colectores
		TAG	CS001	CS001	CS001
	Tiempo promedio programado horas/mes	6	6	6	10
Abril	Cantidad detenciones	4	6	3	3
	Tiempo horas	7,5	7,5	5	7
Mayo	Cantidad detenciones	3	3	4	3

		Tiempo horas	4	6,5	8	8,5
Junio		Cantidad detenciones	2	3	2	4
		Tiempo horas	5,5	4,5	4	8,5
Julio		Cantidad detenciones	2	3	2	3
		Tiempo horas	6,5	4	3,5	9
Agosto		Cantidad detenciones	3	4	2	6
		Tiempo horas	5	6	5	14
Septiembre		Cantidad detenciones	3	3	4	3
		Tiempo horas	3	8	6	6,5
Octubre		Cantidad detenciones	3	4	1	3
		Tiempo horas	2,5	5,5	4,5	12
Noviembre		Cantidad detenciones	3	3	2	3
		Tiempo horas	5,5	6,5	4,5	7
Diciembre		Cantidad detenciones	2	6	2	8
		Tiempo horas	4,5	11,5	3	12
Enero		Cantidad detenciones	2	3	2	3
		Tiempo horas	3	4	3	6,5
Febrero		Cantidad detenciones	3	2	3	5
		Tiempo horas	3,5	5	5	8,5
Marzo		Cantidad detenciones	2	2	1	4
		Tiempo horas	4,5	3,5	4	6,5

Fuente: Indicadores consolidados base de datos Mantenimiento MLP periodo 2017-18.

Tabla 9.16 Tiempos Medios entre Fallas E. Ciclones período 2017-2018

2017-18	lado a	lado b	lado c	cajones
Horas programadas	6	6	6	10
Tiempo programado	72	72	72	120
Tiempo perdido	127	144,5	127,5	226
Tiempo real trabajado	8633	8615,5	8632,5	8534
MTBF	269	205	308	177

Fuente: Ejemplos de ejercicios de sites.google.com/site/apalacioposada en base a datos de tabla 9.15.

Tabla 9.17 Tiempos Medios para reparar E. Ciclones período 2017-2018

2017-2018	Lado a	Lado b	Lado c	Cajones
<u>Tiempo paro por fallas</u> Cantidad de fallas	55/32	72,5/42	55,5/28	106/48
MTRR (horas)	1,7	1,7	1,9	2,2

Fuente: Ejemplos de ejercicios de sites.google.com/site/apalacioposada en base a datos de tabla 9.15.

El siguiente cuadro muestra las detenciones y la duración de estas en horas del período posterior a la implementación de la APP CGM, es decir, todo el período que ha avanzado el año 2018 de la Estación de Ciclones correspondiente al Sistema de clasificación de relaves.

Tabla 9.18 Resumen detenciones de equipos E. ciclones período 2018

DETENCIONES POR FALLAS	Equipo	Lado A Bateria	Lado B Bateria	Lado C Bateria	Cajones colectores
	TAG	CS001	CS001	CS001	ST034, 037
	Tiempo promedio programado horas/mes	6	6	6	10
Abril	Cantidad detenciones	3	1	0	2
	Tiempo horas	2	0,5	0	5,5
Mayo	Cantidad detenciones	1	0	2	4
	Tiempo	3	0	4	7,5

	horas				
Junio	Cantidad detenciones	2	1	1	4
	Tiempo horas	5	2	3	7
Julio	Cantidad detenciones	1	2	2	4
	Tiempo horas	0,5	1	2,5	9
Agosto	Cantidad detenciones	3	2	2	6
	Tiempo horas	2	4	4	12
Septiembre	Cantidad detenciones	1	2	3	3
	Tiempo horas	3	2	5	6
Octubre	Cantidad detenciones	3	2	1	4
	Tiempo horas	2	3,5	3	12
Noviembre	Cantidad detenciones	2	1	1	5
	Tiempo horas	3,5	2,5	2,5	7

Fuente: Indicadores consolidados base de datos Mantenimiento MLP periodo 2018.

Tabla 9.19 Tiempos Medios entre Fallas E. Ciclones período 2018

2018	lado a	lado b	lado c	cajones
Horas programadas	6	6	6	10
Tiempo programado	48	48	48	80
Tiempo Perdido	69	63,5	73,5	146
Tiempo real Trabajado	5787	5792,5	5782,5	5710
MTBF	361	526	578	190

Fuente: Ejemplos de ejercicios de sites.google.com/site/apalacioposada en base a datos de tabla 9.18

Tabla 9.20 Tiempos Medios para Reparar E. Ciclones período 2018

2018	Lado a	Lado b	Lado c	Cajones
<u>Tiempo paro por fallas</u> Cantidad de fallas	21/16	15,5/11	23,5/12	66/31
MTTR (horas)	1,3	1,4	1,9	2

Fuente: Ejemplos de ejercicios de sites.google.com/site/apalacioposada en base a datos de tabla 9.18.

Se puede distinguir fácilmente que los tiempos medios en las tres estaciones del proceso Tranque mauro se vieron mejorados sustancialmente con la ayuda de la APP CGM, si bien no fue la única reforma que modificó el proceso esta ayuda al sistema de mantenimiento preventivo existente. El cambio cultural del personal a cargo de que los equipos mejoren su confiabilidad, mantenibilidad y consiga la disponibilidad ayuda de forma relativa a que el proceso posea equipos realmente confiables, en buenas condiciones y disponibles la mayor parte de su vida útil en operaciones.

CAPITULO V. RESULTADOS

10. Resultados Comparativos

La medición realizada en dos periodos uno previo a la implementación de la APPCGM y el otro posterior a la misma, se obtuvieron resultados para ser comparados, ya que los análisis a las detenciones que sufrieron los equipos sujetos a investigación muestran que los tiempos medios que concluyen a los principales conceptos de mantenimiento como lo son la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad fueron mejorados sustancialmente con la implementación de la APP CGM.

10.1 Resultados comparativos Estación de Bombeo Recirculación n°1.

A continuación se muestran los resultados en tablas de resumen de la Estación de Recirculación n°1 analizados los periodos en cuestión, donde se comparan los tiempos en beneficio de cada medición que se aplica, ya sea en el aumento de los tiempos medios entre fallas y la disminución de los tiempos medios para reparar.

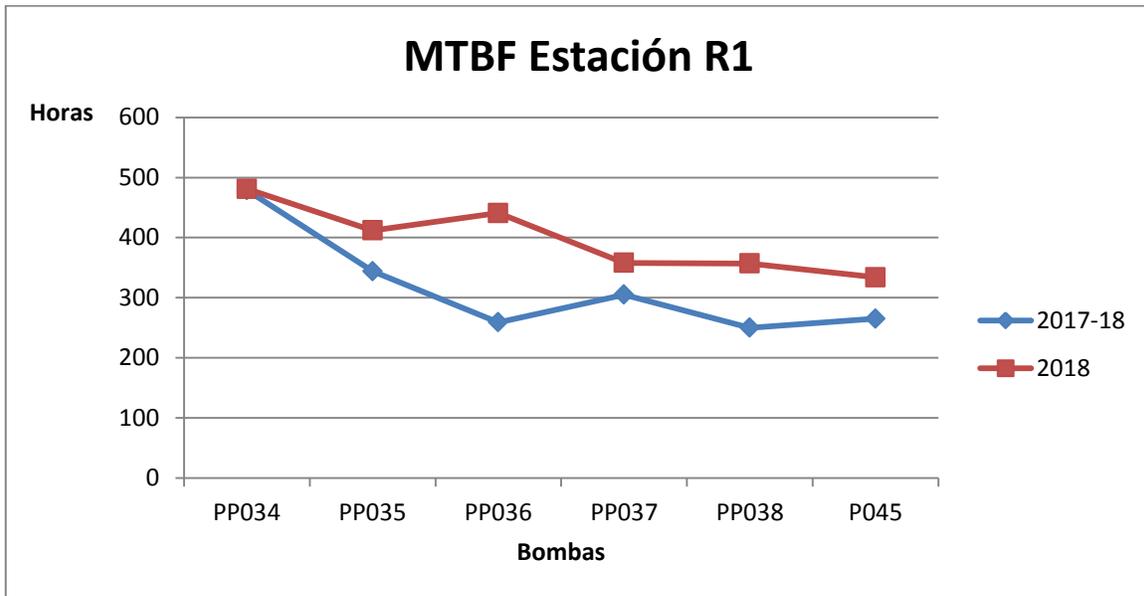
Tabla 10.1 Resultados comparativos de Tiempos Medios entre Fallas y Tiempos Medios para Reparar de los períodos 2017-18 y 2018 de Estación de Bombeo Recirculación n°1.

Año	MTBF					
	PP034	PP035	PP036	PP037	PP038	PP045
2017-18	479 horas	344 horas	259 horas	305 horas	250 horas	265 horas
2018	481 horas	412 horas	441 horas	358 horas	357 horas	334 horas
Año	MTTR					
	PP034	PP035	PP036	PP037	PP038	PP045
2017-18	1,8 horas	1,7 horas	1,7 horas	1,9 horas	1,9 horas	1,8 horas
2018	1,2 horas	1,3 horas	1,7 horas	1,6 horas	1,8 horas	1,7 horas

Fuente: Resumen de datos tablas 9.4 – 9.5 – 9.7 y 9.8.

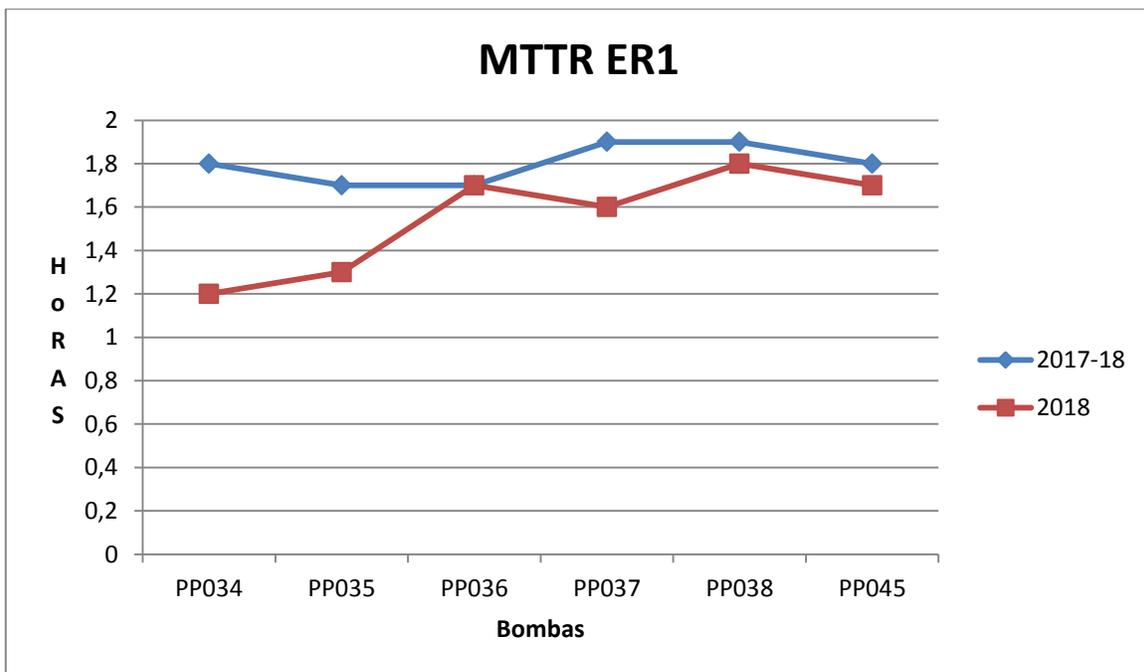
Igualmente, se grafica la tendencia comparativa de ambos períodos en un gráfico de dispersión.

Figura 10.1 Gráfico comparativo Tiempos Medios entre Fallas de Estación de Bombeo Recirculación n°1.



Fuente: Rango de datos de Tabla 10.1

Figura 10.2 Gráfico comparativo Tiempos Medios para Reparar Estación de Bombeo Recirculación n°1.



Fuente: Rango de datos Tabla 10.1

Con los datos ya recabados podemos aplicar las ecuaciones principales de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad, a continuación los resultados.

La confiabilidad por cada equipo analizado en la estación del primer período, es decir 2017 y los primeros tres meses del año 2018 es:

Tabla 10.2 Resultados confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de Estación de Bombeo Recirculación n°1.

Año equipo	Confiabilidad		Mantenibilidad		Disponibilidad	
	2017-18	2018	2017-18	2018	2017-18	2018
PP034	96,3%	97,5%	83,4%	89,8%	96%	98%
PP035	95,2%	97%	81,7%	82,7%	95%	98%
PP036	93,8%	97%	81,7%	82,7%	95%	98%
PP037	94,1%	95,7%	85%	87,9%	93%	95,1%
PP038	92,9%	95,2%	85%	87,5%	94%	95%
PP045	93,6%	95,1%	83,4%	86,7%	93%	95,2%

Fuente: Resultados ecuaciones punto 5.1.3 con datos de tabla 10.1.

10.2 Resultados comparativos Estaciones de Bombeo Intermedia y balsas.

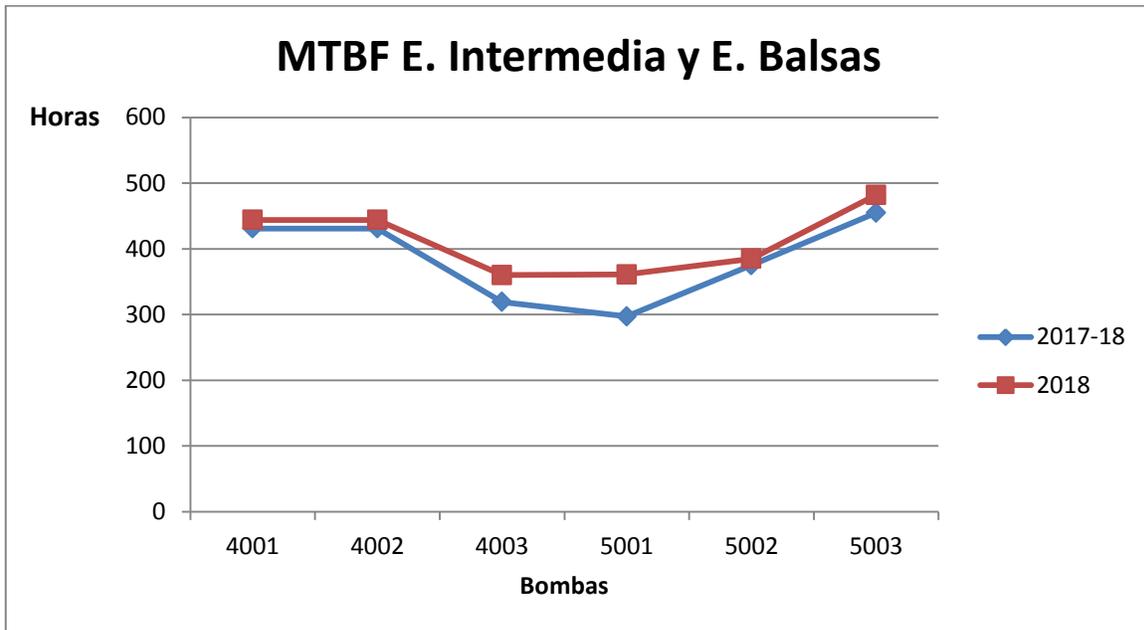
A continuación se muestran los resultados en tablas de resumen de las estaciones de Bombeo intermedia y balsas analizados los periodos correspondientes donde se comparan los tiempos en beneficio de cada medición que se aplica, ya sea en el aumento de los tiempos medios entre fallas y la disminución de los tiempos medios para reparar.

Tabla 10.3 Resultados comparativos de Tiempos Medios entre Fallas y Tiempos Medios para Reparar de los períodos 2017-18 y 2018 de las Estaciones de Bombeo E. Intermedia y E. Balsas.

Año	MTBF					
	4001	4002	4003	5001	5002	5003
2017-18	431 horas	431 horas	319 horas	297 horas	375 horas	455 horas
2018	444 horas	444 horas	360 horas	361 horas	385 horas	482 horas
Año	MTRR					
	4001	4002	4003	5001	5002	5003
2017-18	1,9 horas	1,9 horas	1,7 horas	1,7 horas	2,1 horas	2,2 horas
2018	1 horas	1,1 horas	1,7 horas	1,6 horas	1,3 horas	1,8 horas

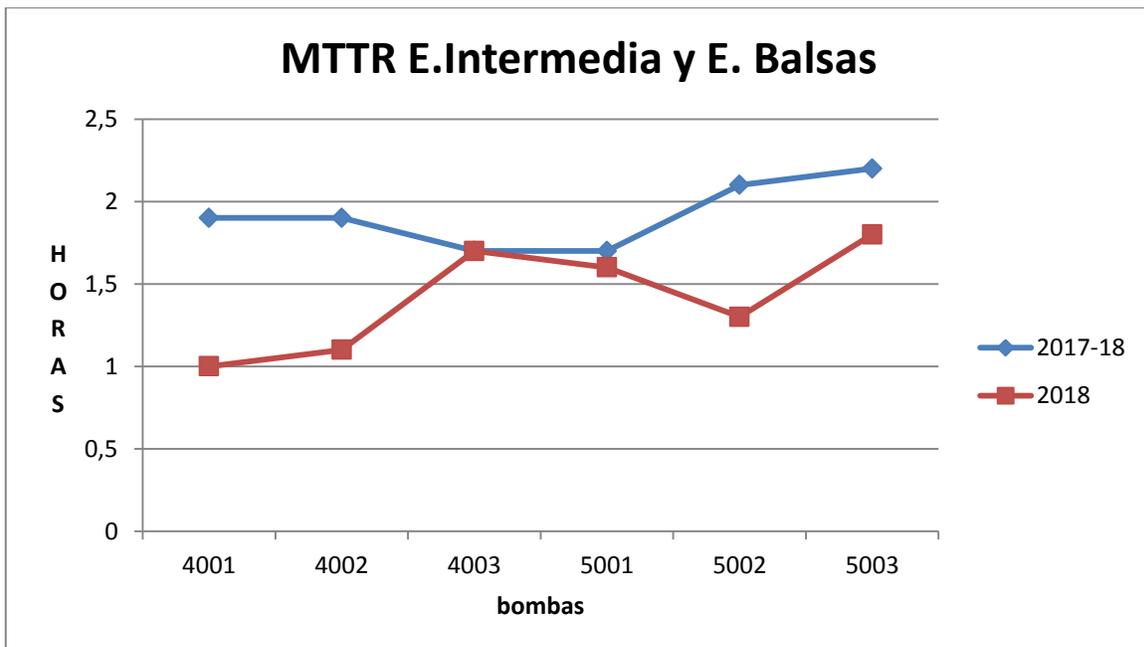
Fuente: Resumen de datos tablas 9.10 – 9.11 – 9.13 y 9.14.

Figura 10.3 Gráfico comparativo de Tiempos Medios entre Fallas de períodos 2017-18 y 2018 de estaciones de Bombeo E. Intermedia y E. Balsas



Fuente: Rango de datos tabla 10.3

Figura 10.4 Gráfico comparativo de Tiempos Medios para Reparar de períodos 2017-18 y 2018 de Estaciones de Bombeo E. Intermedia y E. Balsas



Fuente: Rango de datos tabla 10.3.

Tabla 10.4 Resultados confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad Estaciones de bombeo E. Intermedia y E. Balsas.

año equipo	Confiabilidad		Mantenibilidad		Disponibilidad	
	2017-18	2018	2017-18	2018	2017-18	2018
PP4001	94,8%	96,5%	86,4%	90,8%	95,5%	97,9%
PP4002	94,9%	96%	86,7%	89,7%	96,1%	98,3%
PP4003	92,9%	94.1%	84,7%	88,7%	95%	97,8%
PP5001	93,2%	95,3%	84,8%	86,9%	93,6%	95,8%
PP5002	92%	94,1%	84,5%	87,5%	94,1%	95,5%
PP5003	92,6%	93,8%	84%	87,1%	93,8%	95,9%

Fuente: Resultados ecuaciones punto 5.1.3 con datos de tabla 10.3.

10.3 Resultados comparativos Estación Ciclones.

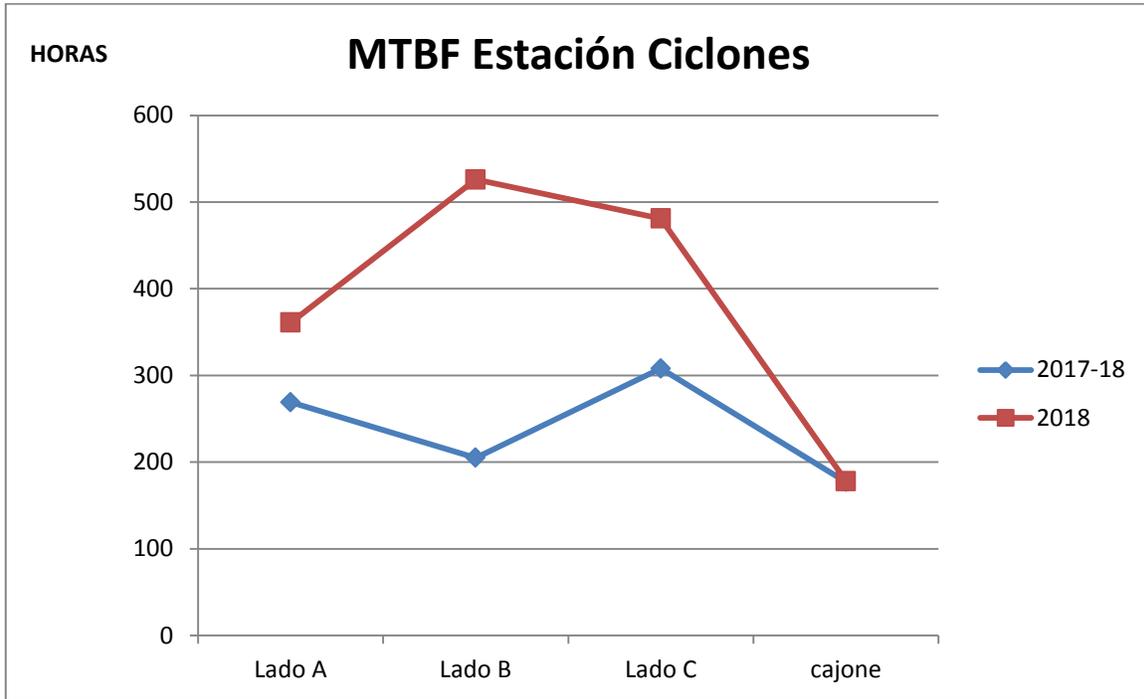
A continuación se muestran los resultados en tablas de resumen de Estación de ciclones analizada donde se comparan los tiempos en beneficio de cada medición que se aplica, ya sea en el aumento de los tiempos medios entre fallas y la disminución de los tiempos medios para reparar.

Tabla 10.5 Resultados de los Tiempos Medios entre Fallas y Tiempos Medios para Reparar de Estación Ciclones.

Año	MTBF			
	Lado A	Lado B	Lado C	Cajones
2017-18	269 horas	205 horas	308 horas	177 horas
2018	361 horas	526 horas	482 horas	178 horas
Año	MTTR			
	Lado A	Lado B	Lado C	Cajones
2017-18	1,7 horas	1,7 horas	1,9 horas	2,2 horas
2018	1,3 horas	1,4 horas	1,9 horas	2 horas

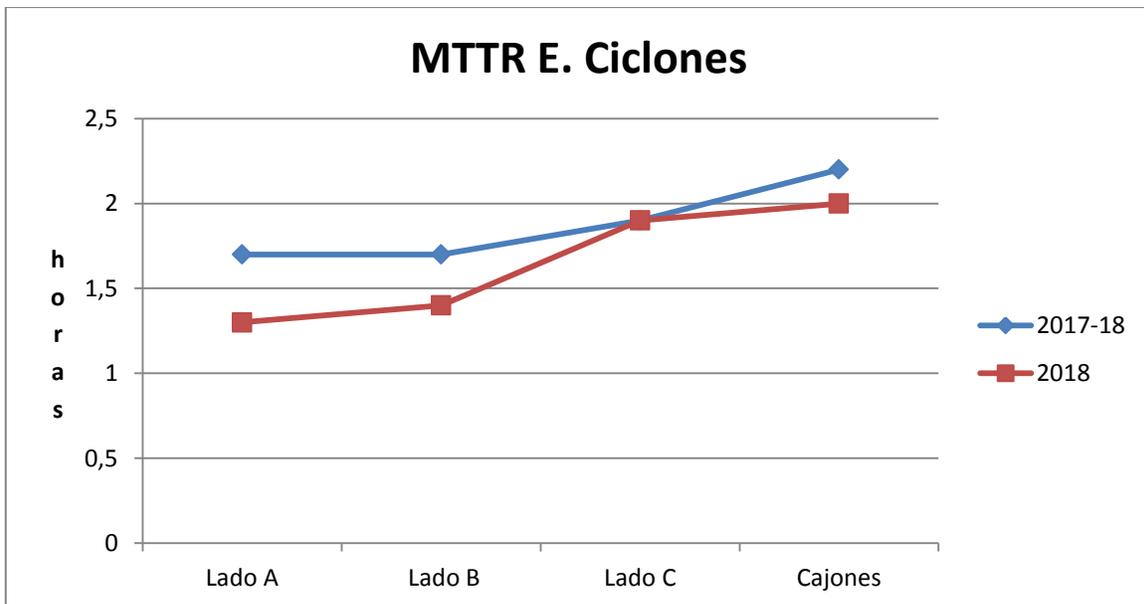
Fuente: Resumen de datos tablas 9.16 – 9.17 – 9.19 y 9.20.

Figura 10.5 Gráfico comparativo de Tiempos Medios entre Fallas de períodos 2017-18 y 2018 de Estación Ciclones.



Fuente: Rango de datos Tabla 10.5

Figura 10.6 Gráfico comparativo Tiempos Medios para Reparar períodos 2017-18 y 2018 de Estación Ciclones



Fuente: Rango de datos Tabla 10.5

Tabla 10.6 Resultados confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de Estación Ciclonés.

año equipo	Confiabilidad		Mantenibilidad		Disponibilidad	
	2017-18	2018	2017-18	2018	2017-18	2018
Lado A	93,6%	95,5%	88,4%	90,8%	95,8%	97,1%
Lado B	94,1%	96,1%	87,7%	90,7%	96,4%	98,1%
Lado C	93,9%	96,1%	88,7%	91,7%	95,5%	97,9%
Cajones	93,2%	95,1%	85,8%	86,9%	94,3%	95,7%

Fuente: Resultados ecuaciones punto 5.1.3 con datos de tabla 10.5.

11. CONCLUSIÓN

El proyecto de la aplicación de control y gestión del mantenimiento entrega resultados beneficiosos para el proceso tranque, donde hay una capacidad mediana de equipos y existen plantas con tecnología moderada, si bien en el mantenimiento preventivo es una herramienta capaz de ayudar de forma inconmensurable, quizás las limitaciones las tenga al indagar en un mantenimiento predictivo por la limitación de incorporarse con equipos tecnológicos de medición que entregan resultados de condiciones en el momento.

Lo más importante que esta idea fue pensada para el proceso de tranque y resolver una problemática de muchos tiempos perdidos y de lograr mejorar la disponibilidad de equipos en el área.

TERMINOLOGÍA

- **SAP ERP:** Software de planificación de recursos empresariales desarrollado por la compañía alemana SAP SE. Está incorporada las funciones empresariales claves de una organización.
- **MINERA LOS PELAMBRES:** Compañía Minera productora de concentrado de cobre perteneciente al grupo minero Antofagasta Minerals.
- **AVISOS SAP:** Plataforma que permite realizar la denuncia de una condición que indica un mal funcionamiento o falla en un equipo, este recibe un número único que lo identifica y con el cual se puede hacer seguimiento si la condición fue mejorada o aún está pendiente. Esta denuncia llega de forma automática al planificador de mantenimiento.
- **PLAN MATRIZ:** Es el conjunto de intervenciones y procedimientos (pautas) a efectuar sobre el equipo de manera programada para optimizar su comportamiento. Como tal, en su diseño recae parte de la responsabilidad de afectar los resultados de la disponibilidad. El plan matriz debe recoger todas las recomendaciones del fabricante, de la propia experiencia acumulada y de las particulares condiciones de operación a las que está destinado el equipo.
- **AGUAS ABAJO:** Sector posterior a una instalación respecto de un punto con el observador ubicado en la dirección del flujo.
- **AGUAS ARRIBA:** sector anterior a una instalación respecto de un punto con el observador ubicado en la dirección del flujo.
- **INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL:** Es un sistema de equipos con una estructura compleja que agrupa un conjunto de instrumentos, un dispositivo o sistema en el que se mide, unas conexiones entre estos elementos y por último, y no menos importante, unos programas que se encargan de automatizar el proceso y de garantizar la repetitividad de las medidas.
- **LUCRO CESANTE:** El lucro cesante es una forma de daño patrimonial que consiste en la pérdida de una ganancia legítima o de una utilidad económica por parte de la víctima o sus familiares como consecuencia del daño, y que ésta no se habría producido si el evento dañino no se hubiera verificado. El lucro cesante ocurre cuando hay una pérdida de una perspectiva cierta de beneficio. Por ejemplo, el comerciante cuya mercancía ha sido destruida puede reclamar el precio de la misma, así como el beneficio que habría obtenido.

- **MANIFOLD DE LINEA DE IMPULSIÓN:** Tubería piping que une un sistema de impulsión paralelo y descarga en la línea principal de transporte del fluido trasegado.

NOMENCLATURA

MLP	Minera Los Pelambres
SAP ERP	Systems, Applications and Products Enterprise Resource Planning.
APP CGM	Aplicación de control y Gestión de mantenimiento
E. Dren	Estación de bombeo de agua de proceso proveniente del sistema de drenaje del Muro de Arenas.
E. Balsas	Estación de bombeo de agua de proceso, recuperada desde la cubeta de clarificación del Tranque Mauro hasta la estación de bombeo intermedia.
E. Intermedia	Estación de bombeo de agua de proceso que recibe de la estación de bombeo balsas y bombea hacia la Estación de bombeo recirculación 1.
E. R1	Estación de bombeo de agua de proceso recirculación 1 que trasiega el fluido hasta ER2 ubicada en la planta concentradora Piuquenes de MLP ubicadas entre sí a 60 kilómetros y con un diferencial de cota mayor a 249 metros.
KPI's	(Key performance indicators), indicadores claves de desempeño.
USD	Dólar americano
KUS\$	Por miles de dólares
MUS\$	Por millones de dólares

BIBLIOGRAFIA Y WEBLIOGRAFIA

- FRANÇOIS MONCHY (1990). Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial, Ingeniero del Instituto de Administración de Empresas Gustave Eiffel, Francia, con Master en Gestión de Recursos Humanos.
- EJEMPLO EJERCICIO MTTR Y MTBF
<https://sites.google.com/site/apalacioposada/ejercicios-sobre-m-t-t-r-m-t-t-b/01-fabrica-de-juquetes>.
Autor: Antonio Palacios Posada.
- ORGANIZACIÓN Y GESTION INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO” AUTOR. SERGIO GARCIA GARRRIDO. EBOOKS.
- MATERIAL DE ESTUDIO EN PDF, TERCER SEMESTRE DE LA CARRERA. UNIDAD OPERACIÓN MINERA Y MANTENCIÓN.
- PROGRAMAS SEMANALES TRANQUE EL MAURO/ EMPRESA FLSMIDTH y EMPRESA HIGH SERVICE.
- SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO TRANQUES Y RELAVES/PLANIFICACIÓN Y PROGRAMAS PLAN MATRIZ/CENTRO DOCUMENTAL Y DISCO S. MLPCHAAP.
- MAPAS / GOOGLE EARTH

ANEXOS

Equipo	confiabilidad		mantenibilidad		Disponibilidad	
	2017-18	2018	2017-18	2018	2017-18	2018
PP034	$479/(479+1,8) \times 100 = 96,3\%$	$481/(481+1,2) = 97,5\%$	$1-e(-1,8) \times 100 = 83,4\%$	$1-e(-1,2) \times 100 = 69,8\%$	$477,2/(4+1,8) \times 100 = 96$	$479,8/(481+1,2) = 99\%$
Pp035	$344/(344+1,7) \times 100 = 95,2\%$	$412/(412+1,3) \times 100 = 97\%$	$1-e(-1,7) \times 100 = 81,7\%$	$1-e(-1,3) \times 100 = 72,7\%$	$342,3/(344+1,7) \times 100 = 95\%$	$409/(412+1,7) \times 100 = 98\%$
Pp036	$259/(259+1,7) \times 100 = 93,8\%$	$441/(441+1,7) \times 100 = 96,2\%$	$1-e(-1,7) \times 100 = 81,7\%$	$1-e(-1,7) \times 100 = 81,7\%$	$257,1/(259+1,9) \times 100 = 94\%$	$439,6/(441+1,7) \times 100 = 96\%$
Pp037	$305/(305+1,9) \times 100 = 94,1\%$	$358/(358+1,6) \times 100 = 95,7\%$	$1-e(-1,9) \times 100 = 85\%$	$1-e(-1,6) \times 100 = 79\%$	$303,1/(305+1,9) \times 100 = 93\%$	$356,4/(358+1,6) \times 100 = 95,1\%$
Pp038	$250/(250+1,9) \times 100 = 92,9\%$	$357/(357+1,8) \times 100 = 95,2\%$	$1-e(-1,9) \times 100 = 85\%$	$1-e(-1,8) \times 100 = 83,5\%$	$248,1/(250+1,9) \times 100 = 94\%$	$355,2/(357+1,8) \times 100 = 95\%$
Pp045	$265/(265+1,8) \times 100 = 93,6\%$	$334/(334+1,7) \times 100 = 95,1\%$	$1-e(-1,8) \times 100 = 83,4\%$	$1-e(-1,7) \times 100 = 81,7\%$	$263,1/(265+1,8) \times 100 = 93\%$	$332,3/(334+1,7) \times 100 = 95,2\%$

Equipo	confiabilidad		mantenibilidad		Disponibilidad	
	2017-18	2018	2017-18	2018	2017-18	2018
PP034	$479/(479+1,8) \times 100 = 96,3\%$	$481/(481+1,2) = 97,5\%$	$1-e(-1,8) \times 100 = 83,4\%$	$1-e(-1,2) \times 100 = 69,8\%$	$477,2/(4+1,8) \times 100 = 96$	$479,8/(481+1,2) = 99\%$
Pp035	$344/(344+1,7) \times 100 = 95,2\%$	$412/(412+1,3) \times 100 = 97\%$	$1-e(-1,7) \times 100 = 81,7\%$	$1-e(-1,3) \times 100 = 72,7\%$	$342,3/(344+1,7) \times 100 = 95\%$	$409/(412+1,7) \times 100 = 98\%$

Pp0 36	$259/(259+1,7) \times 100 = 93,8\%$	$441/(441+1,7) \times 100 = 96,2\%$	$1-e(-1,7) \times 100 = 81,7\%$	$1-e(-1,7) \times 100 = 81,7\%$	$257,1/(259+1,9) \times 100 = 94\%$	$439,6/(441+1,7) \times 100 = 96\%$
Pp0 37	$305/(305+1,9) \times 100 = 94,1\%$	$358/(358+1,6) \times 100 = 95,7\%$	$1-e(-1,9) \times 100 = 85\%$	$1-e(-1,6) \times 100 = 79\%$	$303,1/(305+1,9) \times 100 = 93\%$	$356,4/(358+1,6) \times 100 = 95,1\%$
Pp0 38	$250/(250+1,9) \times 100 = 92,9\%$	$357/(357+1,8) \times 100 = 95,2\%$	$1-e(-1,9) \times 100 = 85\%$	$1-e(-1,8) \times 100 = 83,5\%$	$248,1/(250+1,9) \times 100 = 94\%$	$355,2/(357+1,8) \times 100 = 95\%$
Pp0 45	$265/(265+1,8) \times 100 = 93,6\%$	$334/(334+1,7) \times 100 = 95,1\%$	$1-e(-1,8) \times 100 = 83,4\%$	$1-e(-1,7) \times 100 = 81,7\%$	$263,1/(265+1,8) \times 100 = 93\%$	$332,3/(334+1,7) \times 100 = 95,2\%$

Equipo	confiabilidad		mantenibilidad		Disponibilidad	
	2017-18	2018	2017-18	2018	2017-18	2018
PP0 34	$479/(479+1,8) \times 100 = 96,3\%$	$481/(481+1,2) = 97,5\%$	$1-e(-1,8) \times 100 = 83,4\%$	$1-e(-1,2) \times 100 = 69,8\%$	$477,2/(4+1,8) \times 100 = 96$	$479,8/(481+1,2) = 99\%$
Pp0 35	$344/(344+1,7) \times 100 = 95,2\%$	$412/(412+1,3) \times 100 = 97\%$	$1-e(-1,7) \times 100 = 81,7\%$	$1-e(-1,3) \times 100 = 72,7\%$	$342,3/(344+1,7) \times 100 = 95\%$	$409/(412+1,7) \times 100 = 98\%$
Pp0 36	$259/(259+1,7) \times 100 = 93,8\%$	$441/(441+1,7) \times 100 = 96,2\%$	$1-e(-1,7) \times 100 = 81,7\%$	$1-e(-1,7) \times 100 = 81,7\%$	$257,1/(259+1,9) \times 100 = 94\%$	$439,6/(441+1,7) \times 100 = 96\%$
Pp0 37	$305/(305+1,9) \times 100 = 94,1\%$	$358/(358+1,6) \times 100 = 95,7\%$	$1-e(-1,9) \times 100 = 85\%$	$1-e(-1,6) \times 100 = 79\%$	$303,1/(305+1,9) \times 100 = 93\%$	$356,4/(358+1,6) \times 100 = 95,1\%$
Pp0 38	$250/(250+1,9) \times 100 = 92,9\%$	$357/(357+1,8) \times 100 = 95,2\%$	$1-e(-1,9) \times 100 = 85\%$	$1-e(-1,8) \times 100 = 83,5\%$	$248,1/(250+1,9) \times 100 = 94\%$	$355,2/(357+1,8) \times 100 = 95\%$

Pp0 45	$265/(265+1,8) \times 100 = 93,6\%$	$334/(334+1,7) \times 100 = 95,1\%$	$1-e(-1,8) \times 100 = 83,4\%$	$1-e(-1,7) \times 100 = 81,7\%$	$263,1/(265+1,8) \times 100 = 93\%$	$332,3/(334+1,7) \times 100 = 95,2\%$
-----------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Costos	1	
ope/mant	Mant	
UG	Plantas y Relaves	
Item relevante report	(Todas)	
Proceso	TFT	mantención
Proceso Report	(Todas)	MANT STF POR SUB-PROCESOS - DETALLE MES

Ppto18	Periodo												
Subproceso	201801	201802	201803	201804	201805	201806	201807	201808	201809	201810	201811	201812	Total general
Agua Mina	14	14	14	14	14	14	18	14	14	14	14	14	169
Eq. Apoyo Tranques	37	417	37	37	37	52	37	37	37	53	37	38	856
Eq. Transp. Concentrado	245	146	188	537	904	492	535	182	81	131	446	64	3.952
Eq. Transp. Relaves	401	571	651	557	434	416	593	537	418	1.386	1.180	470	7.616
Operación Relaves	246	246	247	247	248	249	249	250	250	251	251	252	2.985
Operación Tranques	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Operación Transporte Concentra	32	32	32	32	32	32	32	33	33	33	33	33	389
Suministro Agua Fresca	62	56	194	115	94	158	87	88	194	57	74	181	1.362
Suministro Agua Recirculada	158	104	282	146	325	305	397	380	169	204	329	106	2.904
Tranques	418	529	403	404	479	425	463	413	422	462	458	480	5.356
Total general	1.613	2.116	2.048	2.089	2.567	2.142	2.412	1.934	1.618	2.590	2.822	1.638	25.588