



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Investigación

**Propuesta de implementación un sistema de
gestión de mantenimiento preventivo para optimizar
la disponibilidad de equipos en el área de chancado
de la planta concentradora**

Percy Clifor Cruz Agustín

Huancayo, 2019

Para optar el Grado Académico de Bachiller
en Ingeniería Industrial



Repositorio Institucional Continental

Trabajo de Investigación



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi fortaleza en la toma de decisiones y el motivo para seguir superándome día a día.

A mi familia, por el apoyo brindado durante el desarrollo de la tesis

A mi maestro de Seminario de Tesis II, quien me supo dirigir en el proceso del desarrollo de esta investigación, hasta la culminación.

DEDICATORIA

A mi familia.

A mi esposa.

A a mis maestros de la Universidad Continental.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	12
1.1. Planteamiento y formulación del problema	12
1.1.1. Planteamiento del problema.....	12
1.1.2. Formulación del problema.....	15
1.2. Objetivos.....	15
1.2.1. Objetivo general	15
1.2.2. Objetivos específicos	16
1.3. Justificación e importancia.....	16
1.3.1. Las limitaciones.....	16
1.3.2. Delimitación.....	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes del problema	18
2.2. Bases teóricas	20
2.1.1. Sistema de gestión de mantenimiento	20
2.2.1. Optimizar La Disponibilidad De Los Equipos.....	25
2.3. Definición de términos básicos	27

CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	30
3.1. Método aplicado para el desarrollo de la solución	30
3.1.1. Método de la investigación.....	30
3.1.2. Propuesta del diseño del prototipo tecnológico	30
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	33
4.1. Identificación de requerimientos	33
4.1.1. Funcionalidad.....	33
4.1.2. Confiabilidad.....	33
4.1.3. Rendimiento	33
4.2. Análisis de la solución.....	34
4.2.1. Criterios de diseño	34
4.2.2. Plan Operativo.....	35
4.2.3. Plan técnico.....	36
4.2.4. Plan económico.....	37
4.3. Diseño 38	
4.3.1. Prototipo modelado	38
4.3.2. Prototipo físico.....	43
CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN.....	44
4.4. Construcción.....	44
4.4.1. Pautas de mantenimiento.....	44
4.4.2. Informes Mensuales	45
4.4.3. Modelamiento de los procesos en el Área de Chancado	46
4.5. Pruebas y resultados	59
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES	62

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 63

ANEXOS 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo circuito de chancado	14
Figura 2 Diagrama caso de uso	34
Figura 3 Circuito de chancado.....	47
Figura 4 Circuito de molienda primaria, secundaria y remolienda bulk	48
Figura 5 Circuito de flotación bulk	49
Figura 6 Circuito de separación Pb/Cu.....	50
Figura 7 Circuito de flotación de zinc	50
Figura 8 Circuito de clasificación para el relleno hidráulico.....	51
Figura 9 Circuito de eliminación de aguas	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterio de diseño	34
Tabla 2 Plan Técnico.....	37
Tabla 3 Plan económico.....	38
Tabla 4 Tablero de control	41
Tabla 5 Leyenda de la circuitos.....	54
Tabla 6 Producción real TDPM	59
Tabla 7 Producción real TDPM	60

RESUMEN

La investigación titulada implementación un Sistema de Gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de los equipos en el área de chancado de la planta concentradora, tuvo como objetivo determinar los resultados de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de los equipos en el Área de Chancado de la planta concentradora Amistad-Morococha, en la Compañía Minera Argentum S.A. Para ello se tomó en cuenta el método tecnológico, y como método general el analítico-sintético, con un diseño del prototipo tecnológico. Los resultados la aplicación de la mantención preventiva, mejora la disponibilidad de Equipos, haciéndose imprescindible su aplicación. Para ello se debe contar con contactos y contratos con empresas especialistas en el tópico en cuestión, para analizar aceite a la totalidad de los componentes lubricados. simultáneamente, analizar las vibraciones de todos los rodamientos, según esta investigación la revisión del Plan de Inversiones de la Empresa (PIE), es de vital importancia para la comparación y análisis, de cómo se genera los altos costo de reparación y compra de repuestos. Es decir, se debe eludir las reparaciones recurrentes en los equipos y buscar se reposición, más que nada si dichos equipos cumplieron de manera satisfactoria su vida útil.

Palabras clave: Área de chancado, Gestión de mantenimiento preventivo, disponibilidad de los equipos.

ABSTRACT

The research entitled implementation of a preventive maintenance management system to optimize the availability of equipment in the crushing area of the concentrator plant, aimed to determine the results of the implementation of the preventive maintenance management system to optimize the availability of the equipment in the Crushing Area of the Amistad-Morococha concentrator plant, in Compañía Minera Argentum S.A. For this, the technological method was taken into account, and as a general method, the analytical-synthetic, with a technological prototype design. The results of the application of preventive maintenance, improves the availability of equipment, making its application essential. To do this, you must have contacts and contracts with companies specialized in the subject, to apply oil analysis to all the lubricated components. Also, perform vibration analysis on all bearings, for example, gearboxes, breaks, etc .; According to this research, the revision of the Investment Plan of the Company is of vital importance for the comparison and analysis of how the high cost of repair and purchase of spare parts is generated. In other words, repeated repairs to the equipment should be avoided and replacements should be sought, especially if they have reached their useful life or if they are to be redesigned. The idea is to keep the area in good condition as much as possible.

Keywords: Preventive maintenance management, equipment availability, crushing area.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis, denominada “propuesta de implementación un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de los equipos en el área de chancado de la planta concentradora”, Cuyo problema fue: ¿Cuáles son los resultados de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de los equipos en el Área de Chancado de la planta concentradora Amistad-Morococha, en la Compañía Minera Argentum S.A.?, asimismo, el objetivo general fue: Evaluar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de los equipos en el Área de Chancado de la Planta Concentradora Amistad - Morococha de la Compañía Minera Argentum S.A.

Esta investigación, se encarga del control de la información diaria para la identificación de anomalías por equipo, además, de determinar la disponibilidad de éstos en la actualidad, las diversas organizaciones requieren de un adecuado capital humano y material, para ser competitivo frente al resto. Por lo que se consideró dentro del contenido lo siguiente: El Capítulo I muestra el planteamiento del problema, los objetivos generales y específicos, la justificación e importancia. El Capítulo II está compuesta por el marco teórico respecto al mantenimiento preventivo, los antecedentes, bases teóricas, definición de términos. En el Capítulo III se compone de la metodología de la investigación, como el diseño del prototipo tecnológico. El Capítulo IV expone la propuesta de solución respecto al sistema de gestión de mantenimiento preventivo, análisis e la solución, diseño. El Capítulo V se compone por la construcción del sistema, mediante las pautas de mantenimiento, informes mensuales, modelamiento de los procesos en el área de Chancado, Pruebas y resultados. Finalmente se establecen las conclusiones y las recomendaciones de la investigación.

El Autor

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Hoy en día, las diversas organizaciones requieren de un adecuado capital humano y material, para ser competitivo frente al resto, orientada al cumplimiento de una gestión de calidad, mediante la entrega oportuna de productos, y de esa manera satisfacer las necesidades tanto de los clientes externos como internos.

Frente a ello, optimizar los procesos que participan en la organización, más que nada aquellos como el mantenimiento, aplica su función en el logro de las metas y objetivos de la empresa; y la gestión del mantenimiento de equipos en las plantas, ello en base al desarrollo de actividades de control, planeación, programación y organización. Debe señalarse que proceso productivo posee un rol determinante dado que este hace posible elevar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos que participan en él, esto minimizando los costos relacionados al ciclo de vida de los equipos.

La implementación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento preventivo sirve como una de las etapas, en todo proceso productivo cuyo fin es obtener concentrado, mediante el chancado.

Entonces, la optimización es la etapa, cuyo fin es la cantidad de disponibilidad de equipos para alcanzar el tonelaje deseado al día. Como opción resaltante, se busca resultados económicamente rentables para garantizar el cumplimiento de los requerimientos de producción en base a la capacidad de mineral solicitado.

En el caso del área de chancado de la Compañía Minera Argentum S.A, representa el primer proceso por el cual se reduce el tamaño del material extraído; en este primer

proceso de chancado se cuenta con 34 equipos, el cual abastece a la planta el 100% del mineral para los procesos posteriores.

Los equipos se encuentran programados las 24 horas del día, sin embargo, el problema consiste en que dichos equipos suspenden sus actividades debido a fallas de forma recurrente e inesperada, originándose suspensiones por trabajos de mantenimiento correctivo, situación que limita el logro de lo programado.

Cuando ocurre una parada inesperada, los operarios del área de mantenimiento no siguen ningún sistema de trabajo planificado lo que ocasiona que desarrollen las actividades de corrección de desperfectos necesarias hasta otra ocasión en la que se dé otra suspensión para el desarrollo de trabajos de tipo correctivo. La situación previamente descrita origina que los equipos del área de chancado logren únicamente el 70% de disponibilidad en promedio de mes.

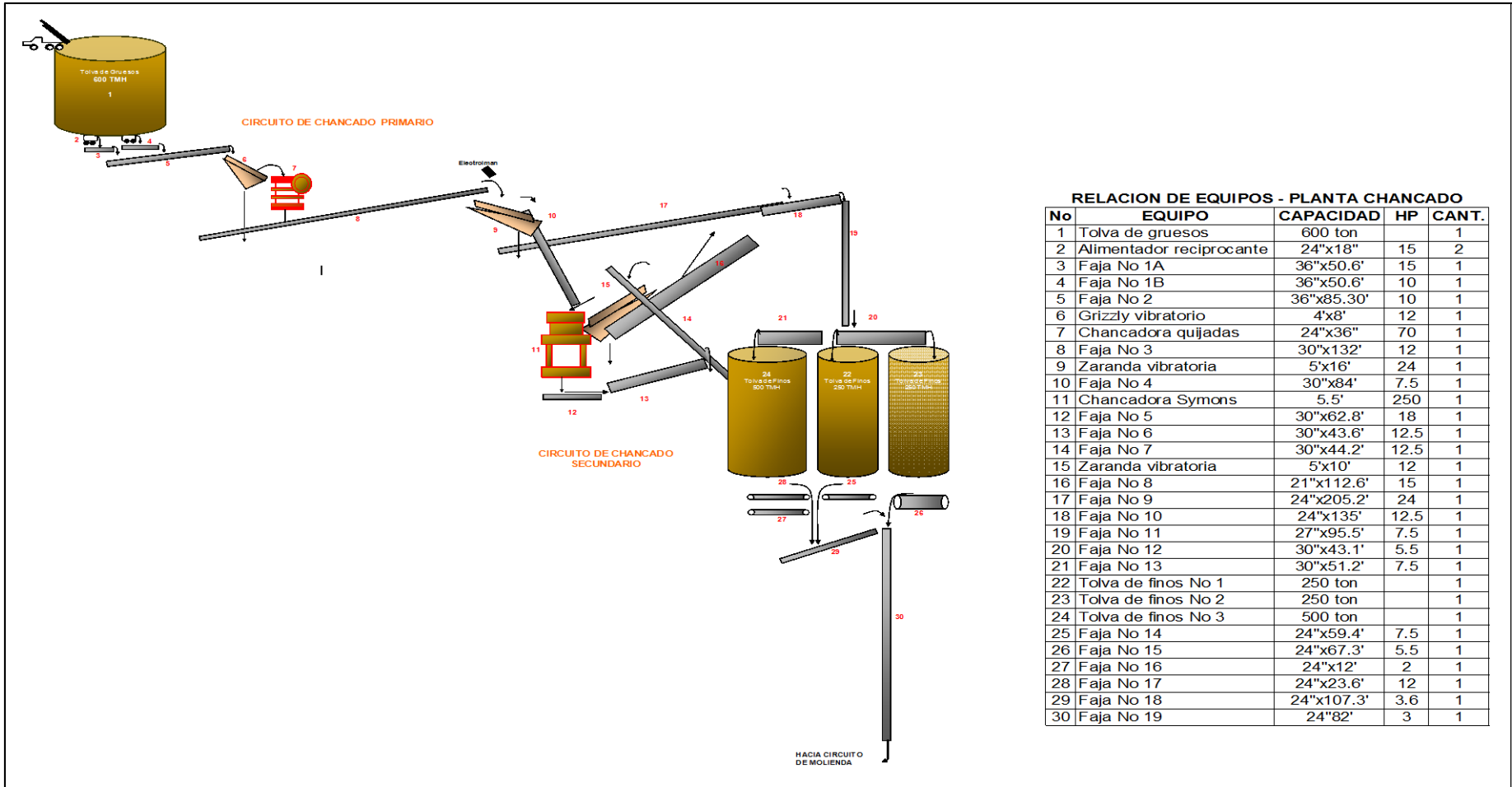


Figura 1 Diagrama de flujo circuito de chancado (Rivera Rubio, 2011)

En el campo de la mecánica se podría subsanar estas paradas de planta para ello se quiere contar con un plan de mantenimiento preventivo, al efectuar un mantenimiento de tipo correctivo se incurre en costos relacionados a la mano de obra y tiempo, además de ello la vida útil de las maquinas se ve reducida.

Debe señalarse que la obtención e implementación de un programa de mantenimiento preventivo no implica la inexistencia de fallas no previstas de los equipos, sino minimizar las posibles fallas y aumentar la disponibilidad del equipo. Con este proyecto lo que se pretende proponer a la Superintendencia de Mantenimiento de implementar un plan de mantenimiento preventivo para resguardar el adecuado funcionamiento de los equipos, así como también disminuir sus fallas.

Las causas más frecuentes de que se produzca las fallas de los equipos y en muchas veces queda inoperativo por falta de un programa de mantenimiento preventivo, realizando un mantenimiento incorrecto si respetar los procedimientos establecidos que a largo plazo ocasiona daños de los equipos generando el incremento de los costos.

1.1.2. Formulación del problema.

1.1.2.1. Problema general.

¿Cuáles son los resultados de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de los equipos en el Área de Chancado de la planta concentradora Amistad-Morococha, en la Compañía Minera Argentum S.A.?

1.1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál es la situación actual de los equipos dentro del Área de Chancado de la Planta Concentradora Amistad-Morococha, en la Compañía Minera Argentum S.A.?
- ¿De qué manera se optimiza los procesos de chancado?
- ¿De qué manera se mejora las fichas de evaluación preventiva?
- ¿Cómo se controla los procesos dentro del Área de Chancado?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general.

Determinar los resultados de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de los equipos en el Área de

Chancado de la planta concentradora Amistad-Morococha, en la Compañía Minera Argentum S.A

1.2.2. Objetivos específicos.

- Determinar la situación actual de los equipos dentro del Área de Chancado de la Planta Concentradora Amistad-Morococha, en la Compañía Minera Argentum S.A?
- ¿Optimizar los procesos de chancado?
- ¿Identificar la manera mejora las fichas de evaluación preventiva?
- ¿Identificar los procesos de controle controla los procesos dentro del área de chancado?

1.3. Justificación e importancia

El desarrollo de esta investigación, permite elaborar una propuesta del sistema de gestión en la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo, además, de generar la reducción de fallas de los equipos para así poder lograr los objetivos de la empresa cero paradas de planta, logrando un adecuado uso de los recursos.

Esta investigación, respecto a la implementación del sistema de gestión, busca generar aportes para el área de mantenimiento con alternativas de solución para los diversos problemas que se hallan en el proceso de producción.

La gran ventaja es la creación de un valor orientando al proceso de mantenimiento preventivo de los equipos de planta, aportando con nuevos instrumentos para pequeñas empresas que inician en el rubro del mantenimiento, además, las empresas de hoy buscan alcanzar la calidad, competitividad de sus procesos productivos mediante la implementación de nuevas técnicas de mantenimiento.

1.3.1. Limitaciones.

Las limitaciones encontradas en el desarrollo de la investigación fueron: Poca información estadística para un adecuado manejo, además, de escasa bibliografía actualizada para el soporte de la investigación. Escases de Informaciones estadísticas y bibliografía actualizada y manejo de antecedentes escasos de acuerdo al tema de investigación. No se tenían antecedentes de trabajos realizados en dicha Unidad. El asesor de los datos confidenciales a cargo de la operación y mantenimiento del área de chancado.

1.3.2. Delimitación.

La investigación se desarrolló en el Área de Chancado de la Planta Concentradora Amistad - Morococha de la Compañía Minera Argentum S.A.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Tuesta (2014), desarrolló la investigación titulada, “Plan de Mantenimiento para Mejorar la Disponibilidad de los Equipos Pesados de la Empresa Obrainsa”, en la Universidad Nacional del Callao, en la ciudad del Callao; el objetivo fue determinar un plan de mantenimiento para los equipos pesados, buscando incrementar su disponibilidad. Se empleó el método descriptivo, de tipo y diseño comparativo, con una población constituida por áreas como mecánica, electricidad, llantería. Se llegaron a las conclusiones donde la instalación del TPM necesita tiempo y los resultados positivos poseen un proceso extendido a largo plazo, se necesita de la asistencia de la gerencia continuar con el proyecto y la colaboración de los empleados de la empresa y los beneficios obtenidos están conformados por el desarrollo de la capacidad de trabajo, mejora los ambientes laborales, mejoramiento del OEE en 65%, el operador se identifica con su equipo y trabaja de la misma manera, se crea una identificación empresarial, el cálculo efectuado para establecer la confiabilidad normal de los equipos tanto al iniciar como al finalizar la investigación hizo posible la comparación entre las curvas y analizar su respectiva pendiente, observando que se ha desplazado hacia la derecha presentando un valor inicial de -0.25 y final de 0.26 para un promedio de 3850 h, y, finalmente, la propuesta del plan de mantenimiento fundamentado en el TPM para incrementar la disponibilidad de los equipos en cuestión, teniendo así influencia positiva sobre la gestión del mantenimiento, facilitando la cuantificación de la mejora lograda.()

Fuentes (2015), desarrolló la investigación titulada, “Propuesta de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo Basado en los Indicadores de Overall Equipment Efficiency para la Reducción de los Costos de Mantenimiento en la Empresa Hilados Richard´S S.A.C”.

Las conclusiones fueron: 1) Si la empresa implementara el Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo, ahorraría semestralmente S/. 103 020, 53, debido a que, a parte del servicio de rectificación de las piezas, también se incrementa el tiempo necesario para poner en operación a la máquina, 2) Se determinó que la ENCONADORA RAS 15, no puede recibir mantenimiento programado debido a que esta cuenta con 25 motores diferentes entre sí, los cuales funcionan de manera independiente, por lo que se decidió excluirla del Sistema de Gestión y ponerla a responsabilidad de un mecánico, 3) Después del análisis costo-beneficio, se determinó que es factible la ejecución del sistema.

Melchor (2016), desarrolló la investigación titulada “Programa de Mantenimiento Preventivo para Mejorar la Disponibilidad de la Bomba Mars Iii en la Compañía Minera Santa Luisa S.A.”, en la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP); su objetivo fue el de desarrollar un Programa de mantenimiento preventivo para mejorar disponibilidad de la Bomba Mars III. Se concluye señalando que, con el programa de mantenimiento preventivo desarrollado, la disponibilidad de maquina en cuestión se eleva en un 29,03%.

Osorio (2016), realizó la investigación que lleva por título “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Mejorar la Disponibilidad de la Perforadora Diamantina Superdrill H600 de la Empresa Maqpower S.A.C.”, en la Universidad Nacional del Centro del Perú, en la ciudad de Huancayo; quien tuvo como objetivo desarrollar un plan de mantenimiento preventivo.

La investigación tomó en cuenta el método científico inductivo-deductivo, del tipo básico y empleando un nivel explicativo; arribando a la conclusión de que con el diseño de plan de mantenimiento preventivo se incrementó la disponibilidad mecánica, superando a la disponibilidad meta planteada.

Villena (2017), desarrolló la investigación, “Propuesta de Implementación de un Plan de Mantenimiento de Equipos Bajo las Técnicas del Tpm en Una Empresa Constructora”, presentado por en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, en la ciudad de Lima, formulo el objetivo de generar una mejora en la gestión de mantenimiento a través de la planificación y el uso de la herramienta AMEF, implementando un mantenimiento autónomo ligado al seguimiento y control de la herramienta de trabajo (maquinas), consiguiendo un control constante del mantenimiento de las unidades mediante el análisis de los indicadores de rendimiento. Las conclusiones planteadas indican que el análisis del área de mantenimiento, mediante una auditoría, tuvo como resultado un 47% de rendimiento del área, lo que se consideró un bajo rendimiento.

Rivera (2011) , realizó la investigación titulada “Sistema de Gestión del Mantenimiento Industrial” para la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Concluye señalando que los procedimientos de Identificación de peligros y los de identificación de impactos ambientales sirven para demostrar cumplimiento del SIG, además el desarrollo de talleres facilita la adecuación de los operarios del área de mantenimiento. Concluye señalando que los procedimientos de identificación de impactos ambientales, evaluación de riesgos e identificación de peligros, sirven para demostrar cumplimiento del SIG.

2.2. Bases teóricas

2.1.1. Sistema de gestión de mantenimiento.

2.1.1.1. Historia y evolución del mantenimiento.

Este concepto ha ido desarrollándose desde la función de reparación de equipos hasta la concepción de mantenimiento (preventivo, de corrección y revisión) a los equipos buscando optimizar el coste global. Durante los últimos años del siglo XIX, durante la mecanización industrial, surgió la necesidad de reparaciones, por ello puede afirmarse que el desarrollo histórico del mantenimiento se dio de manera casi simultánea al desarrollo Industrial.

Según Víquez (2015), el mantenimiento conforma el grupo de técnicas orientadas a la conservación de instalaciones industriales y equipos durante el mayor lapso posible, buscando con ello optimizar su rendimiento y disponibilidad.

A lo largo de la historia de la industria, el mantenimiento ha pasado por varias etapas. Durante la revolución industrial eran los mismos operarios los que se encargaban de darles mantenimiento a las máquinas.

Conforme los equipos se fueron haciendo más complejas, estos exigían cada vez tareas más exigentes para mantenerlos en buen estado, se fueron creando los primeros departamentos especializados y dedicados exclusivamente a estas tareas.

Las primeras actividades realizadas por los departamentos de mantenimiento durante toda esta etapa fueron básicamente de naturaleza correctiva, reparar cuando la máquina fallaba y detenía la producción.

Sin embargo, fue después de la Primera y Segunda Guerra Mundial y muy en especial después de la crisis energética de la década de los 70´s cuando fueron necesarias

metodologías más eficientes y confiables para mantener los equipos y asegurar la productividad.

Fue aquí donde nació el concepto de Fiabilidad. Se dice que las industrias pioneras en esta nueva filosofía fueron la aeronáutica y la automovilística las cuales desarrollaron nuevos métodos orientados en varias vertientes:

- La robustez en el diseño de las máquinas para aumentar la fiabilidad y disminuir lo máximo posible el mantenimiento.
- Dado que un diseño robusto y sobredimensionado resultaba muy costoso, otro método propuesto fue el mantenimiento por condición que sustituía el mantenimiento sistemático. Aquí aparece el mantenimiento predictivo.
- Más allá de los dos anteriores, se empieza a desarrollar el método que no solamente se enfoca en prevenir las fallas, sino que da un paso adelante: el análisis de fallas y la probabilidad de que éstas ocurran (fallos potenciales).

2.1.2. Mantenimiento basado en Confiabilidad.

El RCM es una filosofía tecnológica de mantenimiento basada en la sistematización de los datos generados en mantenimiento como control de costos, órdenes de trabajo, gestión de materiales, gestión de las tareas de mantenimiento preventivas, entre otros, para convertirlos en información de suma utilidad en la toma de decisiones.

En la implicación de toda la organización en el mantenimiento de las instalaciones y los activos, aparece el concepto de TPM o *Mantenimiento Productivo Total* en el que algunas tareas de mantenimiento menores le son heredadas a los operarios, tales como limpieza, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Al involucrar a los operarios, el objetivo último es conseguir Cero Averías.

2.1.2.1. Un diagnóstico de la condición actual.

En la actualidad, una parte significativa de la población empresarial no ha venido siguiendo la evolución progresiva del mantenimiento, situación que resulta lamentable pues las condena a efectuar sus actividades productivas en etapas incipientes.

Las actividades de mantenimiento, en muchas de dichas empresas, viene siendo enfocada en reparaciones de averías, situación que relega a los operarios de mantenimiento al papel de espectadores, respondiendo a dicha dinámica solamente con mantenimiento correctivo.

Muchos especialistas en mantenimiento, al interior de las empresas, consideran que la gestión del mantenimiento contempla diversos conceptos teóricos bastante interesantes, sin embargo, los mismos señalan que dichos conceptos no son aplicables en las plantas bajo su dirección.

2.1.2.2. Razones Para Cambiar.

Una instalación industrial debe manejar con suma seriedad el mantenimiento de sus maquinarias, evitando situaciones en las que las propias maquinas fueren la realización intervenciones no programadas, las razones para esto son las mencionadas a continuación:

- La seguridad y el impacto ambiental influyen de manera significativa tanto en la valorización como en la categorización organizacional, así como también en su compromiso social.
- Los altos costos que implican la pérdida de producción son mucho mayores a gastos de reparación o reposición de elementos dañados.
- Más que la disponibilidad de las instalaciones productivas, debe buscarse su confiabilidad, esto significa que se deberían proyectar las métricas de producción y tomar las previsiones para cumplir con ellas. En algunas industrias como las de generación eléctrica, refinerías y automovilísticas, el incumplimiento de estos objetivos, pueden empujar a la organización empresarial a incurrir en sobrecostos inasumibles o en penalizaciones.

2.1.2.3. Definición del mantenimiento.

Todas aquellas acciones enfocadas en la restauración o preservación de un artículo. Estas contemplan la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes. En las ramas de la Ingeniería algunas especializaciones son: Ingeniería en mantenimiento industrial e Ingeniería en mantenimiento mecánico.

2.1.2.4. Tipos de mantenimiento.

- a) Mantenimiento: Actividades enfocadas en la reactivación o conservación de un equipo.
- b) Mantenimiento de conservación: Orientado a la compensación del deterioro natural de los equipos.
- c) Mantenimiento correctivo: Este se enfoca en la corrección de averías o fallas observadas, este contempla dos tipos: (a) Mantenimiento correctivo inmediato

(acciones de reparación instantáneas), y (b) Mantenimiento correctivo diferido (Se detienen las actividades para afrontar las reparaciones).

- d) Mantenimiento preventivo: Este está orientado a garantizar la fiabilidad de equipos, adelantándose a los accidentes o averías por algún deterioro, este contempla tres tipos: (a) Mantenimiento de oportunidad (aprovecha los periodos de no uso de los equipos para efectuar mantenimiento, revisiones o reparaciones), (b) Mantenimiento programado (programa de revisiones), y (c) Mantenimiento predictivo.
- e) Mantenimiento de actualización: su propósito es el de compensar las nuevas exigencias y la obsolescencia tecnológica.

2.1.2.5. Indicadores del mantenimiento.

La gestión de mantenimiento, para la toma oportuna de decisiones, requiere tanto de un control de la tendencia de algunos indicadores como de un registro de datos. Dichos indicadores resultan ser importantes para el desarrollo de la gestión de mantenimiento, y son los siguientes:

- Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF)

Este facilita la detección de necesidades relacionadas al mantenimiento proactivo, mediante su análisis puede detectarse necesidades relacionadas a la aplicación de mejores prácticas de Mantenimiento. Su mejora eleva tanto la disponibilidad como la confiabilidad de los equipos en cuestión.

Así mismo, el TMEF nos proporciona una clara idea del tiempo promedio en el que un equipo puede trabajar en ausencia de fallas o sin detenerse.

La siguiente ecuación considera datos tomados del periodo elegido, el cual puede ser anual, semestral, trimestral, dependiendo de lo que se busca con el análisis.

$$\text{TMEF} = \frac{\sum \text{horas en marcha de los equipos en el periodo}}{\text{cantidad de fallas de ese grupo de equipos}}$$

Debe tenerse en consideración que las paradas preventivas no deben ser consideradas debido a que el mantenimiento preventivo no se debe a fallas, así mismo los mantenimientos correctivos, desarrollados como recomendación de mantenimientos Predictivos, debe tomarse como fallas.

- Tiempo Medio Para Reparar (TMPR)

Este nos acerca a la idea del tiempo promedio de demora para la ejecución del mantenimiento del equipo después de haber ocurrido una falla (mantenimiento correctivo).

Mediante su análisis se pueden reducir los tiempos de detención del equipo por mantenimiento de tipo correctivo, lo cual deviene en un incremento de la disponibilidad de las instalaciones.

$$TMPR = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \text{Horas detenido por correctivos}_i}{\text{Cantidad de OT Correctivas}}$$

- Disponibilidad (D)

Este indicador muestra el porcentaje del tiempo estimado, en el cual el equipo está disponible para el proceso productivo. Para el lapso analizado, contabilizamos las horas del período respectivo y le restamos las horas que el equipo estuvo detenido por mantenimiento. Usualmente el mantenimiento de tipo predictivo no paraliza las actividades del equipo. Pero de existir uno que detenga el equipo, el lapso de detención debe tomarse en consideración durante el análisis del indicador. De disponibilidad

$$DISP = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Mtto}}{\text{Hrs. Período}}$$

Sumamos las horas de parada en todas las OT
 ↓
Calculamos las horas entre las fechas seleccionadas
 ↑ ↑

Las Órdenes de Trabajo contemplan un campo que facilita tanto la carga como la identificación del lapso de detención. Por lo que directamente se puede sumar la totalidad de las OT, modificándose únicamente el indicador de aquellas que tengan ese campo con un valor superior a cero (0). Se recomienda la obtención de este indicador mensualmente, y con ella graficar cada mes la tendencia buscando establecer su estabilidad. Debemos mencionar que el año es el periodo de mayor utilización, por lo cual debe llevarse el indicador para dicho lapso.

La importancia de la disponibilidad radica en el logro de una disponibilidad superior a la necesaria, ello para instalaciones o equipos que no son de utilización continua.

- Confiabilidad

Esta es la probabilidad de una instalación o equipo, de funcionar sin fallas, durante un lapso específico, en las condiciones operativas establecidas. la siguiente ecuación corresponde a este indicador:

$$CONF = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Mtto Corr}}{\text{Hrs. Período}}$$

Sumamos las horas de parada en todas las OT Correctivas
↓
↑
Calculamos las horas entre las fechas seleccionadas

En este caso analizaremos la confiabilidad como un indicador Clase Mundial, y a la vez como una probabilidad.

Los mantenimientos correctivos consisten en mantenimientos programados o también los de emergencia. Además, en el indicador de confiabilidad no deben estar considerados aquellos mantenimientos de tipo preventivo.

2.1.2.6. Definición moderna del mantenimiento.

En la actualidad, las áreas de la empresa encargadas del mantenimiento de sus equipos deben estar preparadas para enfrentarse a entornos cada vez más dinámicos, adoptando esquemas cada vez más flexibles que les permitan evolucionar para asegurar la viabilidad organizacional futura. Así, la Gestión Integral del Mantenimiento se encuentra encargada de garantizar la disponibilidad de los activos fijos a los clientes, ello cuando sea requerido, y sosteniendo niveles adecuados de seguridad como también de confiabilidad.

2.1.3. Optimizar la disponibilidad de los equipos.

2.1.3.1. Optimizar.

Acto de buscar la manera más adecuada de desarrollar una determinada actividad. Por otra parte, al hablar de la optimización de consultas, hablamos de agilizar los tiempos de respuesta durante la gestión de bases de datos.

En el lenguaje de consultas SQL, la optimización se enfoca en simplificar aquellas operaciones que requieren, para su resolución, de periodos de tiempo considerables.

2.1.3.2. Optimización de equipos industriales.

Tanto la optimización como el mantenimiento eficaz de equipos, al optimizar el rendimiento de las maquinas, reducir el tiempo de inactividad, reducir los costos operativos y ampliar la vida útil de los equipos, mejoran la línea de resultados de manera amplia (Leidy, 2012).

2.1.3.3. Optimización de recursos.

Las trabas como los tiempos de espera innecesarios, el uso inadecuado de RR. HH y del espacio, y la sobreproducción modifican de manera negativa la productividad, por ello, se ha venido proponiendo una cultura de reducción del desperdicio, dado que, con ella, mediante la optimización, se mejoran los procesos de producción.

2.1.3.4. Desempeño.

Es el nivel de desenvolvimiento de una organización con respecto a un determinado fin, además, el término productividad puede ser usado como sinónimo del mismo, el desempeño, esto se debe a que una empresa puede presentar un desempeño bueno o malo en base a calidad de sus servicio, costos y resultados.

2.1.3.5. Calidad de Mantenimiento.

Al hablar de este tipo de calidad debe tenerse en cuenta, con claridad, aspectos como la máxima disponibilidad al mínimo coste, concepto que, según John (2004), posee las siguientes implicancias:

- Disponibilidad de información sobre la evolución del mantenimiento, tanto fiable como útil, para la toma de decisiones.
- Disponibilidad de operarios en calidad y cantidad suficiente.
- Un Plan de Producción que no se vea alterado por paradas a consecuencia de intervenciones programadas o averías.
- RR. HH cualificados de manera suficiente para llevar a cabo las tareas necesarias.
- Reparaciones fiables y duraderas.
- Operarios con los más altos niveles de rendimiento.
- Métodos laborales adecuados para las tareas de mantenimiento.
- Disponibilidad de herramientas y útiles apropiados para los equipos y maquinas a atenderse.

- Optimización de los gastos en repuestos y materiales.
- Repuestos y materiales empleados en el mantenimiento adecuados.

2.1.3.6. La auditoría de mantenimiento,

Esta consiste en comprobar la manera en la que se gestionan los diez puntos previamente señalados, además, su único objetivo es el de efectuar una Auditoría para tener conocimiento del estado de un departamento de mantenimiento, identificando sus puntos de mejora como también establecer las acciones necesarias para mejorar resultados.

En cuanto a estas, se presentan dos tipos, las Auditorías de gestión y tipo técnico, las primeras, buscan establecer el nivel de excelencia de un departamento de mantenimiento, las segundas, buscan establecer la situación en la que se encuentra una instalación.

2.1.3.7. Método de las 5M.

Con la finalidad de elevar la eficiencia y disminuir los costes de producción, todo proceso de producción de una empresa es mejorable. Para esto, uno de los mejores métodos es el de las 5M.

Dicho método conforma un análisis entorno a cinco pilares, los cuales son: (a) Medio Ambiente (Middle), (b) Máquina (Machine), (c) Material (Material), (d) Método (Method), y (e) Mano de Obra (Manpower), cabe destacar que es alrededor estos que giran los posibles causales de un determinado problema.

La aplicación de esta tecnología, facilita la delimitación de áreas concretas para la detección de la raíz de un problema y, en base a dicha identificación, plantear la mejor solución.

Las 5 M usualmente conforman un punto de referencia, que engloba relativamente todas las causas principales de un problema, constituyendo así las ramas del diagrama de causa y efecto.

2.3. Definición de términos básicos

Garantía de calidad:

Conjunto de actividades orientadas al aseguramiento tanto de la calidad externa como la interna, esta contempla a aquellas acciones enfocadas en asegurar la calidad en

una determinada organización, como también generar y mantener la confianza de la sociedad (Universidad Politécnica de Madrid, s.f.).

Mantenimiento:

De acuerdo a Víquez (2015), el mantenimiento se puede definir como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

Mantenimiento preventivo:

Es el proceso en el que se previene, planea y ejecuta servicios de mantenimiento, antes que se presente una falla o deterioro grave. (Subdirección de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, 2002)

Mantenimiento correctivo:

Proceso que permite el restablecimiento de las condiciones operativas originales (Subdirección de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, 2002)

Fallos iniciales:

Estos se presentan durante la primera fase de la vida operativa, debiéndose principalmente a las deficiencias en el proceso de fabricación, control de calidad o instalación. Estos también pueden originarse debido a la inexperiencia de los operarios (Cabrera García, 2014).

Fallos normales:

Es la etapa en donde acontecen menos errores, pero de manera concurrentes. Los fallos se producen debido a causas al azar, las cuales son usualmente externas al proceso. Pudiendo ser accidentes fortuitos, mala operación o situaciones impropias (Cabrera García, 2014).

Fallos de desgaste:

Estos se originan debido al desgaste natural del equipo, en general este tipo de fallas aparecen al final de la vida útil de la maquinaria. Usualmente, estos errores pueden ser evitados a través del mantenimiento preventivo (Cabrera García, 2014).

Gestión industrial:

Esta es un tipo de actividad empresarial enfocada en la mejora tanto de la competitividad como de la productividad empresarial, además, implica el diseño,

implementación y control de aquellas medidas y estrategias relacionadas con procesos tanto productivos como administrativos (Anónimo, 2013).

Optimizar:

Optimizar un proceso industrial significa mejorarlo utilizando o asignando todos los recursos que intervienen en la manera óptima orientándose a maximizar las ganancias y producir y mejor a un menor costo. (Real Academia Española, s.f.)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método aplicado para el desarrollo de la solución

3.1.1. Método de la investigación.

A) Método general o teórico de la investigación

Para el desarrollo de esta investigación se empleó el método tecnológico, donde se observa un proceso tecnológico que se da en base al uso de varias teorías, pero ya aplicándolas a un determinado proyecto tecnológico, en este caso se empleará la teoría de la gestión de mantenimiento y se planteará una propuesta ajustada a las características de del área de chancado de la planta concentradora Amistad-Morococha, en la Compañía Argentum SA. (Behar, 2008 pág. 51).

B) Método específico de la investigación

El método general que se empleó en la investigación es el analítico y sintético, el primero, divide un todo en muchas partes para estudiarlas por separado, simultáneamente, el segundo, reúne un conjunto de conceptos buscando formular una solución más global. Para esta investigación es necesario tener en cuenta que se estudiarán los diferentes componentes de la gestión de mantenimiento preventivo y luego establecer un sistema general que optimice la disponibilidad de los equipos del área de chancado de la planta concentradora Amistad-Morococha, en la Compañía Argentum SA. (Behar, 2008 pág. 51).

3.1.2. Propuesta del diseño del prototipo tecnológico

Esta se basó en el desarrollo de un sistema de gestión con eficacia. Así el mantenimiento correctivo significa, según Borja (2012), lo siguiente: (a) Disminuir el uso de los recursos, (b) Efectuar intervenciones rápidas, que faciliten la puesta en marcha del equipo de la manera más rápida, y (c) Efectuar intervenciones fiables, para asegurar que

no se vuelvan a producir los respectivos desperfectos, al menos no en un lapso suficientemente largo.

Por otra parte, el tiempo requerido para poner en operación a un equipo con fallas se distribuye como se muestra a continuación:

- Tiempo de detección. Lapso entre el origen y la detección del problema. Los tiempos de detección de las averías pueden reducirse mediante el desarrollo de sistemas que hagan posible la identificación de fallas en fases prematuras.
- Tiempo de comunicación. Es el periodo que se encarga de los sistemas de información y de comunicación. Su objetivo es la búsqueda de una adecuada organización y mantenimiento, para ello debe tener manejo del tiempo, que permitan comunicarse con el personal de mantenimiento sin necesidad de buscarlo físicamente.
- Tiempo de espera. Es el tiempo que transcurre desde la comunicación de la avería hasta el inicio de la reparación. Además, toma en cuenta el tiempo de espera hasta disponer de operarios que puedan atender la incidencia y su movilización hasta el lugar de la incidencia, así mismo, también los trámites burocráticos necesarios.
- Diagnóstico de la avería. Tiempo necesario para la identificación del problema presentado en un equipo y la manera en la que este puede ser reparado. Este se altera por factores como la calidad de la documentación técnica de la que se dispone, y la formación y experiencia del personal.
- Acopio de herramientas y medios técnicos necesarios. Después de establecer las acciones a desarrollarse, los operarios de la reparación pueden requerir de un tiempo ubicar los medios que necesiten en el lugar donde se desarrollará la intervención. Dicho tiempo es influenciado por la cantidad de medios disponibles, la distancia, y por la previsión del personal. Para su reducción, puede ubicarse los talleres de manera adecuada, y dotando el taller con los medios necesarios.
- Acopio de repuestos y materiales. Lapso transcurrido entre la llegada del material necesario para la intervención y su ubicación. Este contempla el tiempo de ubicación del repuesto en el almacén, la realización de pedidos pertinentes, la verificación de las especificaciones y la ubicación en el lugar que los requiera.
- Reparación de la avería. Lapso necesario para dar solución al problema, este se ve alterado por el alcance del problema como también por las habilidades y conocimientos

de los operarios. Para optimizarlo se requiere de un sistema de mantenimiento preventivo y disponer de operarios eficaces, motivados y bien formados.

- Pruebas funcionales. tiempo de comprobación de que el equipo ha sido reparado de manera adecuada. Este conforma una buena inversión cuando un equipo no entra en funcionamiento hasta no comprobarse la totalidad de sus especificaciones y cuando el volumen de órdenes de trabajo se reduce.
- Puesta en servicio. Lapso transcurrido entre la solución de la avería y la puesta en funcionamiento del equipo. Este es modificado tanto por la rapidez como por la agilidad de las comunicaciones.
- Redacción de informes. El sistema de documentación relacionada al mantenimiento requiere recopilar, mínimamente, los incidentes trascendentales de la planta, junto a un análisis para detallar la causa, las medidas preventivas, la causa y los síntomas.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1. Identificación de requerimientos

Para desarrollar el análisis y el diseño de la solución fue necesario el manejo de la información que se suministrará para el mejoramiento de los resultados metalúrgicos.

4.1.1. Funcionalidad.

Los aspectos generales son los señalados a continuación.

- El manejo del registro de errores debe contemplar tanto el tipo como el código del error, así mismo, también una descripción.
- El mantenimiento y manejo de un registro de las transacciones efectuadas, contemplando en código de usuario y la fecha de registro.
- Requerimiento del sistema que hará posible que los usuarios efectúen búsquedas.

4.1.2. Confiabilidad

- Tener el manejo de los cálculos numéricos ayudan a actualizar los requerimientos.

4.1.3. Rendimiento

- El manejo del rendimiento en base al tiempo de respuesta de las consultas debe ser fluida.
- El tiempo de reacción del sistema debe ser prioritariamente ágil y eficiente.

4.2. Análisis de la solución

Según el análisis de esta investigación es importante resaltar, que la propuesta de implementación un sistema de gestión de mantenimiento preventivo debe disminuir la posibilidad de que el personal cometa errores al momento de completar los formatos, facilitando la transparencia de la información que circula; para esto se necesita el uso de plantillas con control fácil de errores y acceso rápido para optimizar el proceso de recolección de datos pertenecientes al proceso.

4.2.1. Criterios de diseño.

Según el criterio de diseño sugiere el uso de:

Tabla 1.

Criterio de diseño

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
Gestión y mantenimiento preventivo	Supervisión, control y administración de los sub procesos, entre ellos el de chancado, buscan optimizar la disponibilidad de los equipos en dicha área operativa.

4.2.1.1. Diagramas de casos de uso.

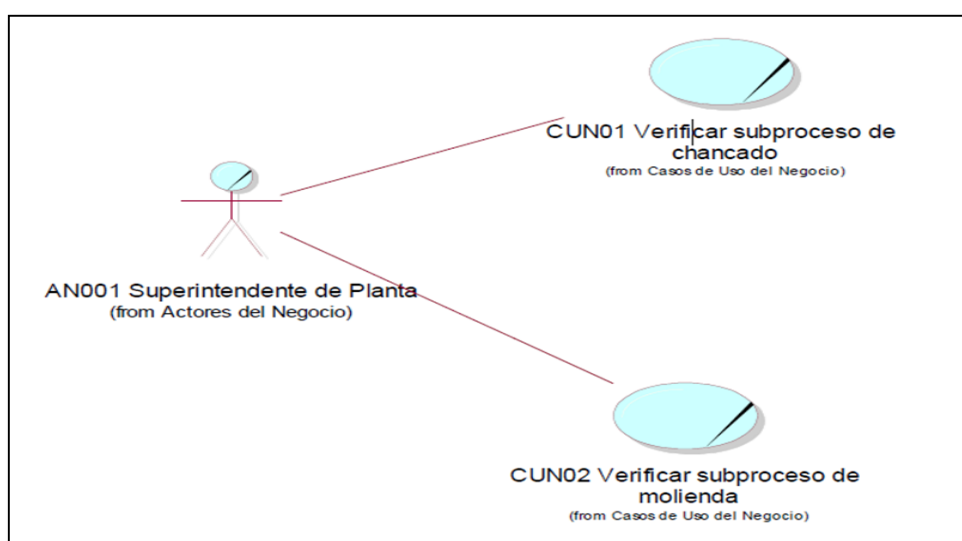


Figura 2 Diagrama caso de uso.

4.2.2. Plan operativo.

Dentro del plan operativo se tomará en cuenta:

4.2.2.1. CUN01 Verificar subproceso de chancado.

- “Inscripción de la información proveniente del del circuito de chancado de tipo primario y su posterior consulta”.
- “Incorporar las observaciones acerca del registro del circuito de chancado de tipo primario”.
- “Desarrollar un informe de resultados”.
- “Inscripción del volumen de retorno”.
- “Asentar la ley del mineral”.
- “Verificar la ley del mineral y desarrollar el respectivo informe”.
- “Inscripción de la información proveniente del del circuito de chancado de tipo secundario y su posterior consulta”.
- “Incorporar las observaciones acerca del registro del circuito de chancado de tipo secundario”.
- “Desarrollar un informe de resultados”.
- “Asentar la ley del mineral proveniente al circuito de chancado de tipo secundario”.
- “Verificar la ley del mineral y desarrollar el respectivo informe del mineral proveniente al circuito de chancado de tipo secundario”.
- “Inscripción de la información proveniente del del circuito de chancado de tipo terciario y su posterior consulta”.
- “Incorporar las observaciones acerca del registro del circuito de chancado de tipo terciario”.
- “Desarrollar un informe de resultados2”.
- “Inscripción del volumen de retorno”.
- “Asentar la ley del mineral”.
- “Verificar la ley del mineral y desarrollar el respectivo informe”.

- “Elaborar un informe de la ley del mineral proveniente del subproceso de chancado”.
- “Efectuar un informe de resultados”.

4.2.2.2. CUN02 Verificar subproceso de molienda.

- “Inscripción de la información proveniente del del circuito de molienda de tipo primario y su posterior consulta”.
- “Incorporar las observaciones acerca del registro del circuito de molienda de tipo primario”.
- “Desarrollar un informe de resultados”.
- “Inscripción del volumen de retorno de pulpa en el circuito de molienda de tipo primario”.
- “Asentar la ley del mineral”.
- “Verificar la ley del mineral y desarrollar el respectivo informe”.
- “Inscripción de la información proveniente del del circuito de molienda de tipo secundario y su posterior consulta”.
- “Incorporar las observaciones acerca del registro del circuito de molienda de tipo secundario”.
- “Desarrollar un informe de resultados”.
- “Inscripción del volumen de retorno de pulpa en el circuito de molienda de tipo secundario”.
- “Asentar la ley del mineral”.
- “Verificar la ley del mineral y desarrollar el respectivo informe”.
- “Desarrollar un informe de resultados acerca del subproceso de molienda”.

4.2.3. Plan técnico.

Se buscará efectuar la implementación un sistema de gestión de mantenimiento preventivo en el área de chancado, ello teniendo en consideración los aspectos señalados en la Tabla 2.

Tabla 2.

Plan Técnico

Capital de trabajo (trabajador)	Descripción
Operador de Chancado	Rol a cargo de la supervisión y ejecución de las actividades propias del sub proceso de chancado en los todos los circuitos.
Operador de Molienda	Rol a cargo de la supervisión y ejecución de las actividades propias del sub proceso de molienda en los circuitos de tipo primario y secundario.
Capataz de chancado	Este desempeña un papel relacionado al ingreso y consulta de las observaciones para la información proveniente de los circuitos del subproceso de chancado.
Capataz de molienda	Este se encarga de tanto del ingreso como de la consulta de las observaciones para la información proveniente de los circuitos del subproceso de molienda.

4.2.4. Plan económico.

Respecto al plan económico se busca detallar los recursos junto a sus respectivos costos, como también las horas requeridas para efectuar el proyecto, para lo cual se aplica una evaluación de tipo económica. Durante el desarrollo del proyecto se dará uso a los siguientes recursos.

- Hardware, software, entre otros recursos materiales.
- Un jefe de proyectos, que estará a cargo de la gestión del equipo y la presentación de los resultados.

- Un testeador que estará a cargo del control de calidad de los productos.
- Un analista encargado de acuñar y validar la documentación necesaria para el proceso, así también estará a cargo de dirigir al equipo técnico.
- Un programador encargado de desarrollar el código de programación.

Tabla 3.

Plan económico

ROL	semanas de trabajo	horas de trabajo	costos por hora	Total de costo
Jefe de proyecto	15	300	15	4500
Analista	15	420	10	4200
Programador	14	560	10	5600
Diseñador	8	320	10	3200
Testeador	10	400	10	4000
total				21500

La Tabla 3 muestra el resumen, en números, en base a las responsabilidades al interior del equipo del proyecto.

4.3. Diseño

4.3.1. Prototipo modelado.

El prototipo modelado fue desarrollo mediante programas adecuados y no se debe utilizar muchos recursos. El diseño rápido se centra en una representación de aquellos aspectos del software. Para esto se requiere de la implementación de un equipo después de ocurrida una falla, este debe ser distribuido teniendo las siguientes consideraciones:

- Tiempo de detección. Para identificar el origen del problema y su detección. La reducción de este es posible mediante el desarrollo de sistemas que faciliten la detección de las fallas en su inicio.
- Tiempo de comunicación. Lapso relacionado a la comunicación con los operarios, este se fija buscando una adecuada organización.

- Tiempo de espera. Es el tiempo que transcurre desde la comunicación de la avería hasta el inicio de la reparación. Además, toma en cuenta el tiempo de espera hasta disponer de operarios que puedan atender la incidencia.
- Diagnóstico de la avería. “Tiempo requerido para la identificación tanto de una falla como de sus posibles medidas de reparación, este se ve fuertemente influenciado por factores como la calidad de la documentación técnica a disposición y la calidad de los operarios”.
- Acopio de herramientas y medios técnicos necesarios. “Este tiempo es usualmente afectado por la distancia existente entre los centros de almacenamiento o los talleres y el lugar donde se realizará la intervención, como también por la previsión de los operarios al momento de llevar consigo los instrumentos que crean potencialmente necesarios y por la cantidad de medios disponibles en planta”.
- Acopio de materiales y repuestos. Periodo de tiempo transcurrido hasta la llegada del material necesario para la realización de la intervención, este incluye el tiempo de localización del repuesto en el almacén, tiempo para efectuar pedidos pertinentes, tiempo necesario para que el proveedor situé lo solicitado en la planta, tiempo necesario para verificar las especificaciones.
- Reparación de la avería. Lapso necesario para dar solución al problema, este se ve alterado por el alcance del problema como también por las habilidades y conocimientos de los operarios. Para optimizarlo se requiere de un sistema de mantenimiento preventivo y disponer de operarios eficaces, motivados y bien formados
- Pruebas funcionales. tiempo de comprobación de que el equipo ha sido reparado de manera adecuada. Este conforma una buena inversión cuando un equipo no entra en funcionamiento hasta no comprobarse la totalidad de sus especificaciones y cuando el volumen de órdenes de trabajo se reduce.
- Puesta en servicio. Lapso entre la solución adecuada de la avería y la puesta en operación del equipo respectivo. Este es modificado tanto por la rapidez como por la agilidad de las comunicaciones. Para su optimización se necesita de la disposición de sistemas de comunicación eficaces como también de sistemas burocráticos ágiles.
- Redacción de informes. El sistema de documentación relacionado al mantenimiento requiere recopilar, mínimamente, los incidentes trascendentales de la planta, junto a un análisis para detallar los síntomas, la causa, la solución y las medidas preventivas elegidas.

Los aspectos previamente definidos proporcionan los aspectos principales que deberán estar contemplados en el nuevo sistema de gestión de mantenimiento preventivo.

En la actualidad se vienen efectuando un proceso de implementación del tonelaje, considerando el cambio en una tecnología más avanzada, la Gerencia de Mantenimiento respectiva necesita del establecimiento de un nuevo sistema de gestión de mantenimiento para desarrollar el control de la nueva planta, por ello se presentará el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para aquellos equipos críticos, cabe mencionar que dicho diseño servirá como un modelo para su posterior implementación en toda la planta.

A) Política de mantenimiento.

La Política de Mantenimiento de la empresa fue definida teniendo en consideración que sea la más apropiada para los propósitos organizacionales, como también en base a las necesidades y expectativas de la clientela.

Argentum posee, como búsqueda de la excelencia organizacional, el proceso de proporcionar a sus trabajadores la mejor infraestructura, maquinaria y también equipos, todo ello buscando asegurar la preservación del medio ambiente, la confiabilidad de los equipos, y la prestación de servicios.

Cuando es requerido, la Política de Mantenimiento es usualmente examinada por la Dirección, esto se hace buscando mantener su continua adecuación. Esta examinación requiere centrar, de manera especial, su atención en aspectos como: (a) medio ambiente y seguridad, (b) Satisfacer tanto las expectativas como los requerimientos de los clientes, (c) Implementar y mejorar el Sistema de Gestión de Mantenimiento de manera continua, y (d) Cumplir la legislación en materia de mantenimiento.

B) Objetivos de mantenimiento

La Gerencia sostiene que los Objetivos de Mantenimiento son establecidos en las funciones y niveles pertinentes, y que también son revisados cada año. Tanto los Objetivos como las políticas de Mantenimiento resultan ser coherentes entre sí, además, estos se establecen en el documento de Gestión de Mantenimiento, y se encuentran enmarcados en: (a) Aplicar un efectivo Sistema de Gestión de Mantenimiento, (b) Ofrecer la mejor calidad en el mantenimiento aplicado, y (c) Cumplir con los programas de mantenimiento establecidos de manera previa.

C) *Sistema de indicadores de gestión de mantenimiento*

Estos facilitan el control del desempeño, cumplimiento y funcionamiento de los objetivos, su propósito principal es el de evaluar el desenvolvimiento de la Gerencia de Mantenimiento.

El Tablero de Control es usado buscando llevar un control de los objetivos de mantenimiento organizacionales. Dicho control es realizado bajo los siguientes parámetros:

Tabla 4

Tablero de control

Medición	Indicador	Definición	Tendencia	Frecuencia
%Efectividad1	$\frac{(Ton_Prog) - (TDPM)}{(Tom_Prog)} * 100$	Su propósito es el de establecer el impacto del mantenimiento sobre la producción programada en la planta	100%	Mensual
%Efectividad2	$\frac{(Ton_Reales)}{(Tom_Reales) - (TDPM)} * 100$	Este indicador permitirá determinar el impacto de la cantidad de toneladas perdidas en la producción real por causas de mantenimiento	100%	Mensual
%Efectividad3	$\frac{(Ton_Reales)}{(Tom_Programadas)} * 100$	La finalidad de este indicador es determinar	100%	Mensual

		cómo está la producción programada vs la real en la planta		
%Eficacia	$\frac{\text{Ord Mtto Ejecutadas}}{\text{Ord Mtto Programadas}} * 100$	El propósito de este indicador es medir cual ha sido el porcentaje de eficacia en la orden de mantenimiento ejecutadas respecto a las programadas	100%	Semestral
%Eficiencia	$\frac{\text{Hrs_Rep_Reales}}{\text{MHrs_Rep_Programadss}} * 100$	La finalidad de este indicador es calcular el porcentaje de las horas de reparación ejecutadas vs programadas.	100%	Mensual

Donde:

Hrs. Horas

Prog: programadas

Rep: Reparación

Ton: Toneladas

Mtto: Mantenimiento

TDPM: Toneladas Dejadas de Producir Imputables a Mantenimiento

Ord: Órdenes

4.3.2. Prototipo físico.

El prototipo físico muestra su propuesta en base la propuesta del diseño tecnológico se basará en el desarrollo de un sistema de gestión con eficacia el mantenimiento correctivo significa:

- Llevar a acabo intervenciones de manera rápida, poniendo así en operación al equipo lo más pronto posible.
- Optimizar el uso de recursos.
- Desarrollar intervenciones de reparaciones confiables y duraderas.

CAPÍTULO V

CONSTRUCCIÓN

4.1. Construcción

La construcción del sistema de gestión se ha desarrollado en función a la criticidad de los procesos del Área de Chancado de la Planta Concentradora Amistad-Morococha. Para ello se ha asociado a un Sistema de Mantenimiento Preventivo y está sujeto el manejo de stock de repuestos

El sistema de gestión de mantenimiento preventivo se encuentra principalmente enfocado en la modificación oportuna de los componentes de desgaste.

A continuación, se muestran algunos aspectos relacionados a la gestión de mantenimiento preventivo:

- Equipo Rodante.
- Plantas de Chancado Área Mecánica.
- Plantas de Chancado Área Eléctrica.

4.1.1. Pautas de mantenimiento.

Conforman el mecanismo de control de mantenimiento principal, así mismo, es parte mantenimiento de tipo preventivo, requiriendo desarrollarse en función a una frecuencia determinada. Cabe resaltar que sus pautas de desarrollo se van modificando en base al conocimiento empírico de la operación encargados de ella.

Para este plan, se tuvo en consideración la realización de las Pautas de Mantención a los principales equipos, ellas son las siguientes: (a) Pautas de Mantención Eléctrica de

Equipos Plantas de Chancado, (b) Pautas de Mantenimiento de Equipo Rodante, y (c) Pautas de Mantenimiento de Mecánica de Equipos Plantas de Chancado.

4.1.2. Informes mensuales.

Luego de haberse establecido el Plan de Mantenimiento, se emitió un Informe cada mes, este contempla los siguientes tópicos:

- i. Seguridad: Revisión y seguimiento de los incidentes registrados en Área de Mantenimiento, así mismo, registrar la pérdida de materiales y buscar la identificación de las causas.
- ii. Disponibilidad de Equipos: Mostrar la Disponibilidad Mecánica / Eléctrica de las Plantas, ello en base a los trabajos de mantenimiento preventivo efectuados, también las detenciones no previstas. Establecer el mínimo de horas imprevistas como también las horas fijas de Mantenimiento Preventiva.
- iii. Mantenimiento Predictiva: Establecer comunicación con empresas que desarrollan trabajos de Mantenimiento Predictiva, para ir desarrollándolo de manera permanente como complemento de la Mantenimiento Preventiva.
- iv. Mantenciones del Mes: Comunicar las mantenciones preventivas efectuadas a los distintos equipos durante el mes, mencionando las pautas que no se aplicaron y la razón de ello.
- v. Seguimiento al Programa de Mantenimiento: Supervisar su cumplimiento y ejecutarlo en base a los requerimientos existentes.
- vi. Estatus de Requisiciones: Revisar el cumplimiento de las Requisiciones solicitadas, comparar el porcentaje de repuestos recibidos contra los solicitados.
- vii. Seguimiento Control de Costos: Evaluar mensualmente el gasto empleado en Mantenimiento y compararlo con el Plan. Además, se necesita el envío de guías de despachos valorizados a la Faena, para el establecimiento de una base de datos que contenga información de costos.
- viii. Control del Backlog: Revisar la carga laboral de la Unidad de Mantenimiento e ir desarrollando la base de datos correspondiente, después de ello aplicar el Diagrama de Pareto respectivo.
- ix. Proyección del Mes siguiente: Describir las Actividades y la disponibilidad de equipos proyectada para el mes siguiente.

4.1.3. Modelamiento de los procesos en el área de chancado.

A continuación, se muestran los modelos y procesos graficados del Área de Chancado para mejorar la gestión del mantenimiento preventivo.

A continuación, se presentan los diferentes procesos y esquemas de los circuitos que se proponen para mejorar el sistema.

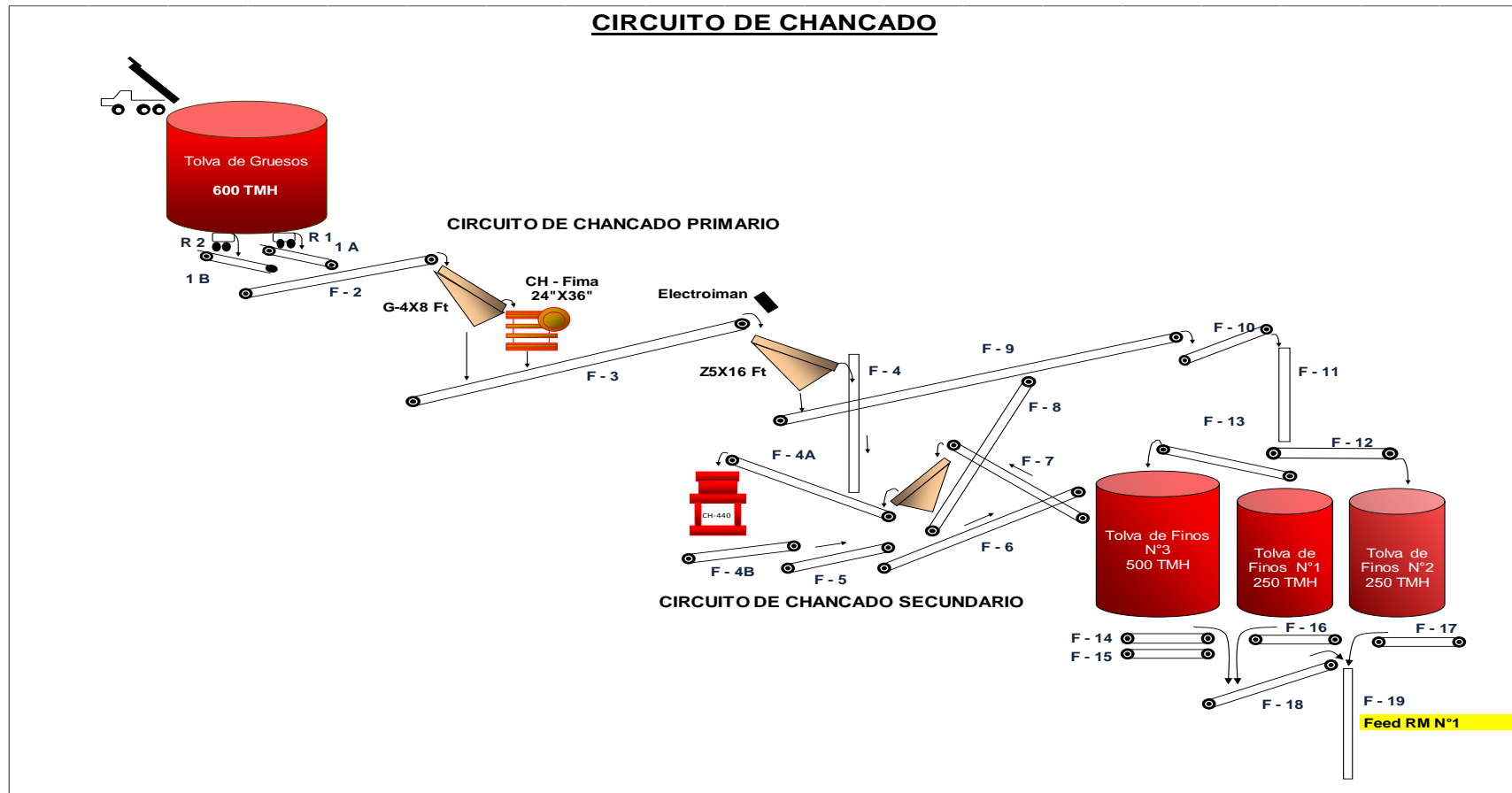


Figura 3. Circuito de chancado.

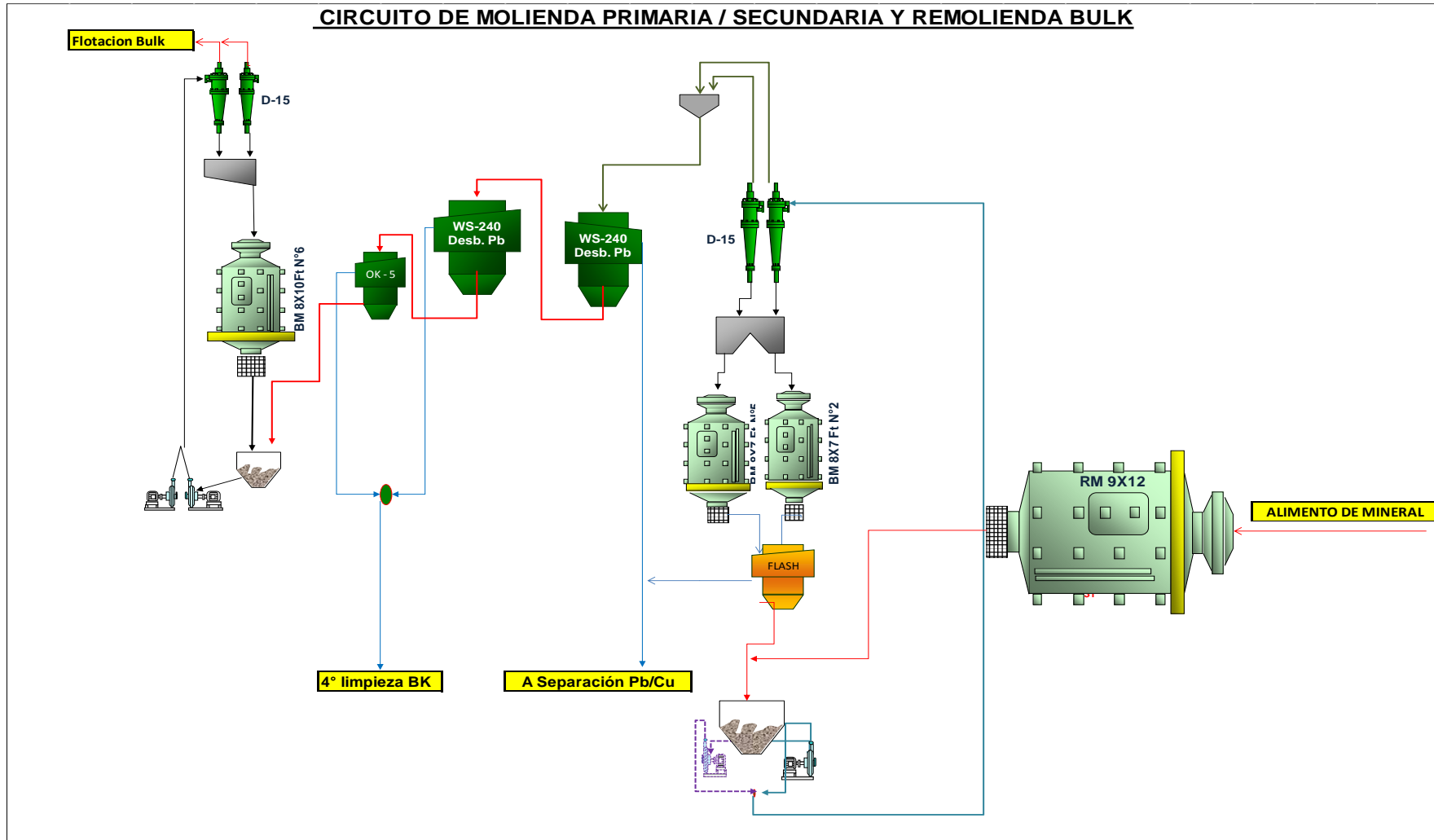


Figura 4. Circuito de molienda primaria, secundaria y remolienda bulk.

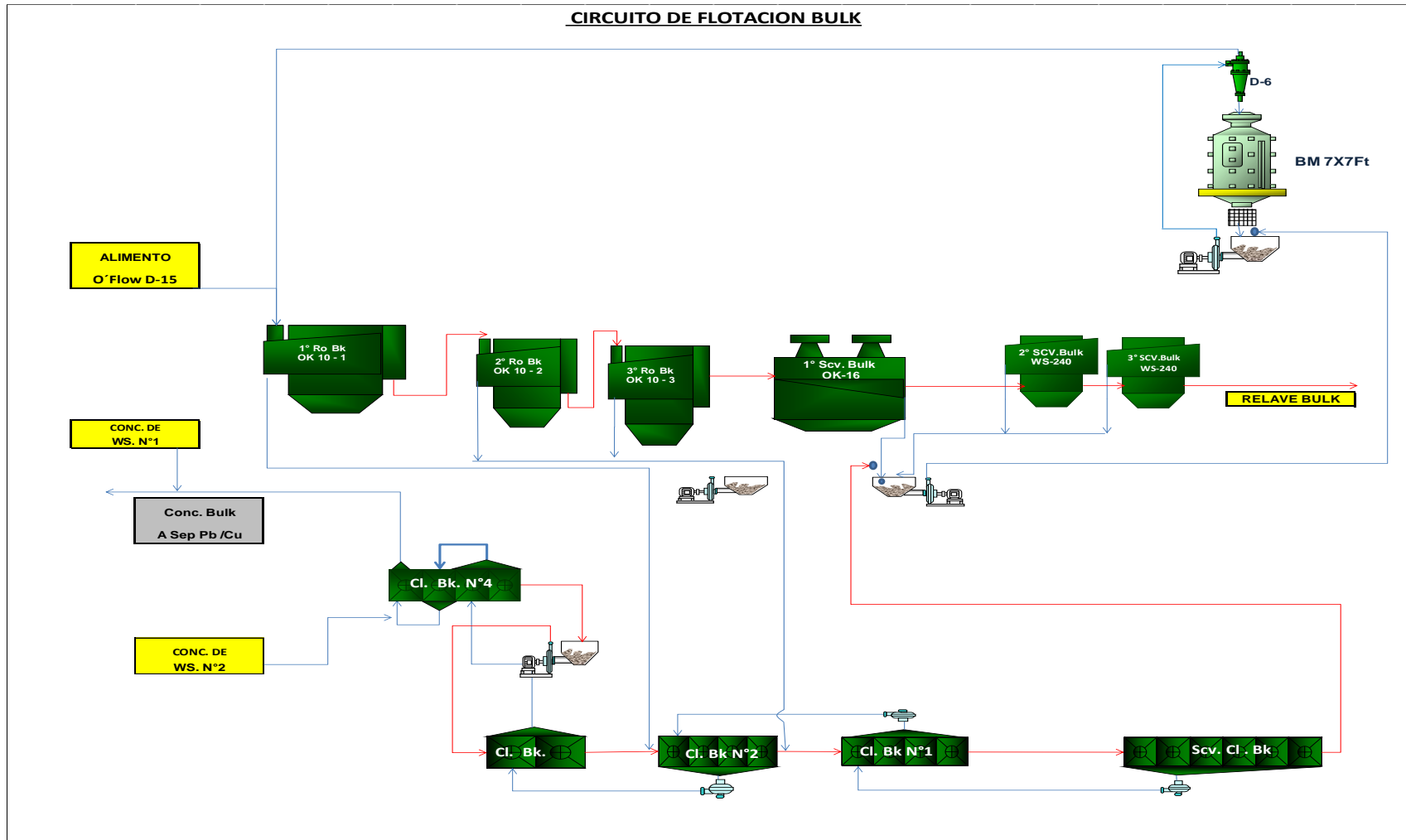


Figura 5 Circuito de flotación bulk.

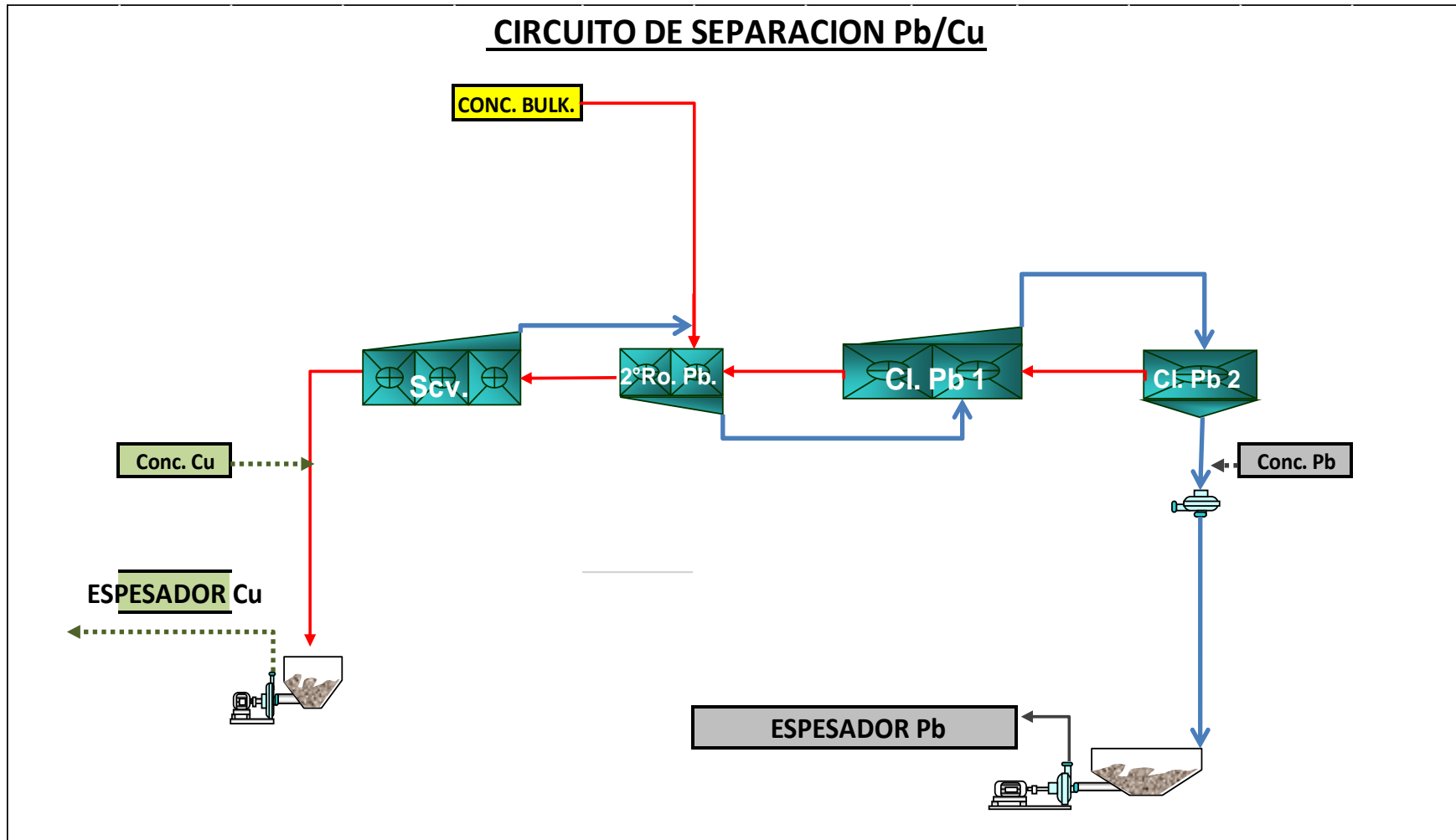


Figura 6 Circuito de separación Pb/Cu.

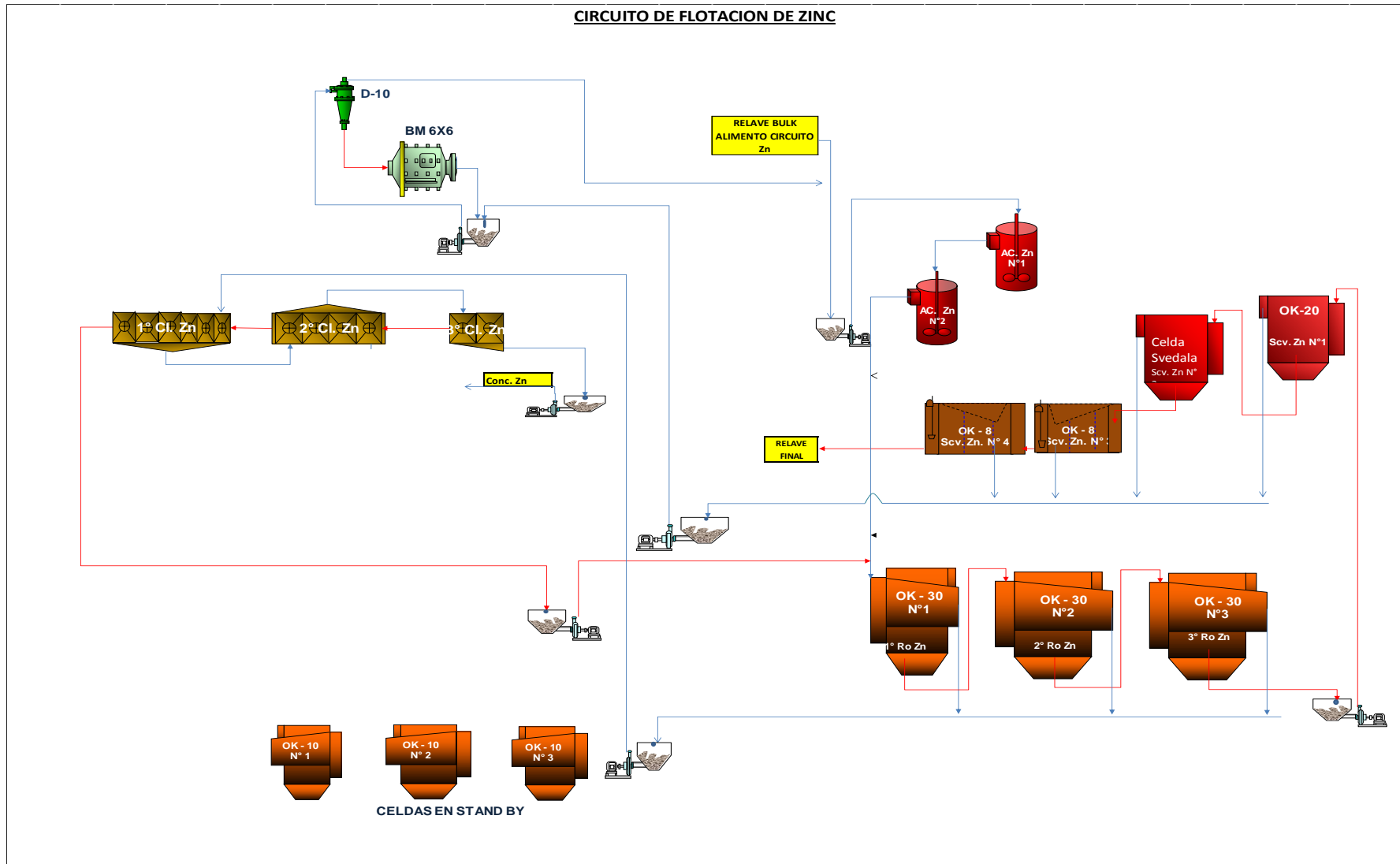


Figura 7 Circuito de flotación de zinc.

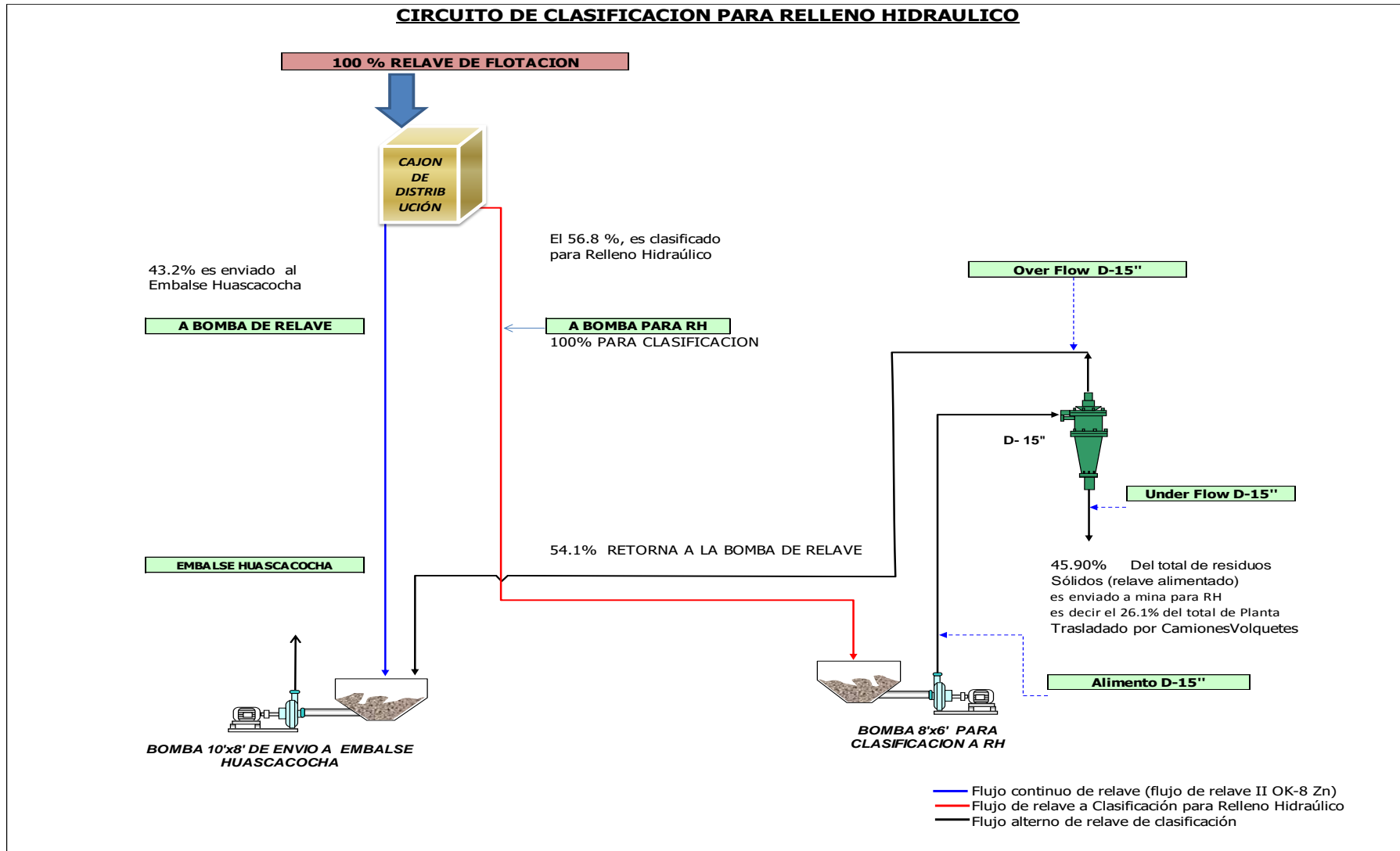


Figura 8. Circuito de clasificación para el relleno hidráulico.

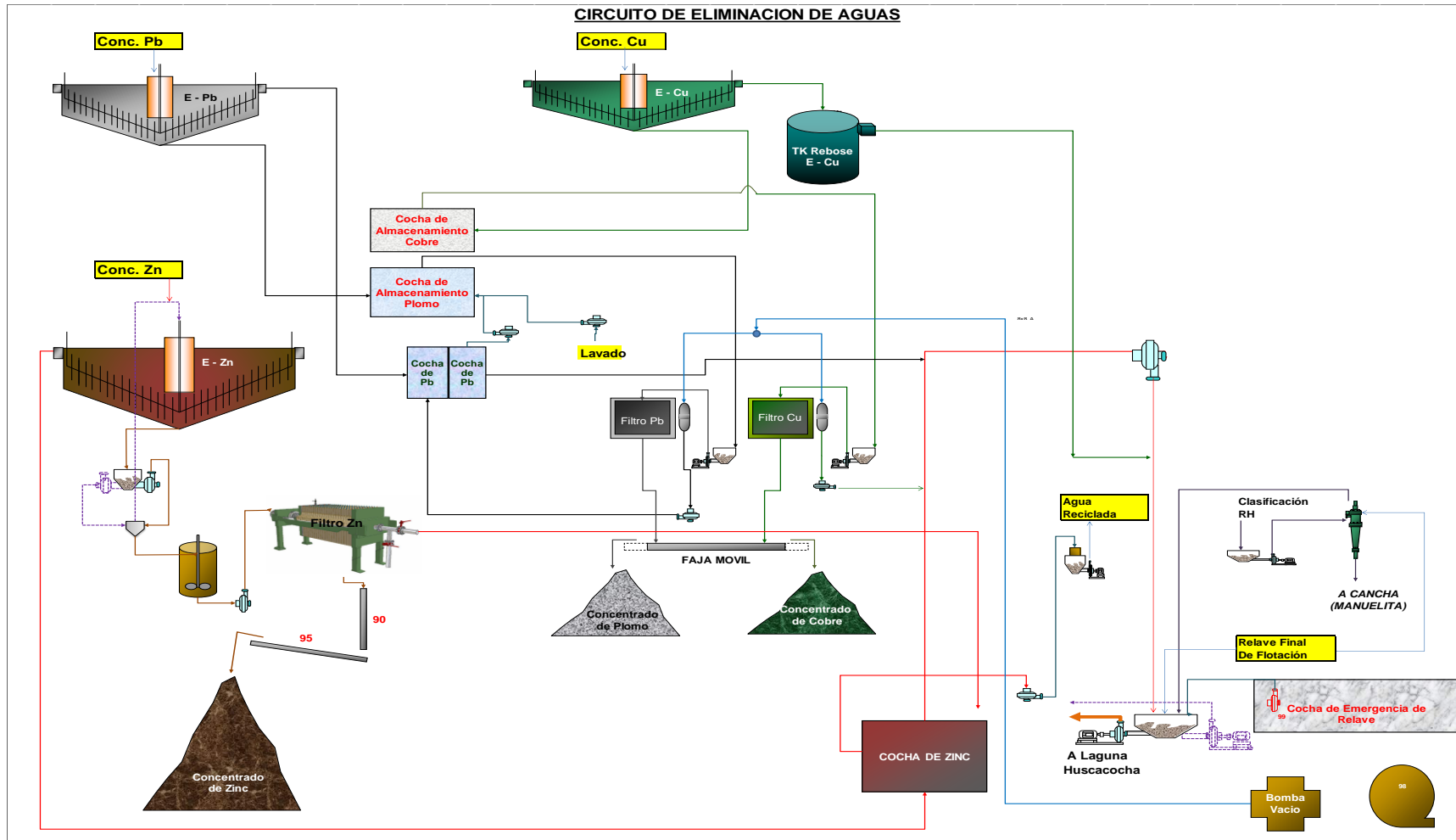


Figura 9. Circuito de eliminación de aguas.

Tabla 5

Leyenda de la circuitos

No	EQUIPO	CAPACIDAD	HP	CANTIDAD
1	Tolva de gruesos	500 ton		1
2	Alimentador reciprocante	24"x18"	15	2
3	Faja No 1A	36"x50.6'	15	1
4	Faja No 1B	36"x50.6'	10	1
5	Faja No 2	36"x85.30'	10	1
6	Grizzly vibratorio	4'x8'	12	1
7	Chancadora quijadas	24"x36"	70	1
8	Faja No 3	30"x132'	12	1
9	Zaranda vibratoria	5'x16'	24	1
10	Faja No 4	30"x84'	7.5	1
11	Chancadora Sandvick	6.5'	296	1
12	Faja No 5	30"x62.8'	18	1
13	Faja No 6	30"x43.6'	12.5	1
14	Faja No 7	30"x44.2'	12.5	1
15	Zaranda vibratoria	5'x10'	12	1
16	Faja No 8	21"x112.6'	15	1
17	Faja No 9	24"x205.2'	24	1
18	Faja No 10	24"x135'	12.5	1

19	Faja No 11	27"x95.5'	7.5	1
20	Faja No 12	30"x43.1'	5.5	1
21	Faja No 13	30"x51.2'	7.5	1
22	Tolva de finos No 1	250 ton		1
23	Tolva de finos No 2	250 ton		1
24	Tolva de finos No 3	500 ton		1
25	Faja No 14	24"x59.4'	7.5	1
26	Faja No 15	24"x67.3'	5.5	1
27	Faja No 16	24"x12'	2	1
28	Faja No 17	24"x23.6'	12	1
29	Faja No 18	24"x107.3'	3.6	1
30	Faja No 19	24"82'	3	1
31	Molino de barras	9'x12'	500	1
32	Molino de bolas (Remolienda Rougher bulk)	6'x6'	100	1
33	Batería de ciclones	D-10		4
34	Bomba SRL	5"x4"	30	2
35	Bomba SRL	10"x8"	100	2
36	Molino de bolas	8'x6'	250	2
37	Batería de ciclones	D-20		3
38	Celda WS-240	8'x8'	60	1
39	Celda WS-240	8'x8'	50	1

40	Molino de bolas	8'x10'	400	1
41	Bomba SRL	8"x6"	75	2
42	Bomba SRL	8"x6"	100	2
43	Nido de ciclones	D-15		4
44	Celda outokumpu OK-10	10 m ³	30	3
45	Celda oututec OK-16	16 m ³	40	2
46	Celda Agitair No 48	48 ft ³	15	18
47	Bomba Galigher	2 1/2"	10	1
48	Bomba Galigher	2 1/2"	15	1
49	Bomba Galigher	2 1/2"	10	1
50	Bomba Galigher	2 1/2"	7.5	1
51	Acondicionador sep.	6'x6'	18	1
52	Acondicionador sep.	5'x5'	7.5	1
53	Bomba SRL	4"x3"	12	2
54	Celda Denver Sub A	50 ft ³	24	4
58	Bomba SRL	6'x6'	60	2
59	Bomba SRL	8'x6'	60	2
60	Celda Denver Sub A	24 ft ³	18	8
61	Bomba SRL	1 1/2"x1/4"	12	1
62	Bomba SRL	3"x3"	12	1
63	Bomba SRL	4"x3"	12	1

64	Acondicionador zinc I - II	10'x10'	12	2
65	Celda WS-240	8'x8'	30	2
66	Celda Svedala 20	30m ³	60	3
67	Celda outokumpu OK-20	20 m ³	60	1
68	Celda Svedala Fima	30 m ³	60	1
69	Bomba SRL	5"x4"	24	2
70	Bomba SRL	8"x6"	100	2
71	Celda Denver Sub A	100 ft ³	30	12
72	Bomba SRL	4"x3"	24	1
73	Bomba SRL	10"x8"	100	1
74	Bomba Wifley 3k		30	2
75	Bomba Wifley 5K		60	1
76	Celda outokumpu OK-8	8 m ³	24	6
77	Tanque Rebose del Espesador de Cu	16'x10'	30	1
78	Espesador de Cobre	30'x10'	4.5	1
79	Espesador de plomo	40'x10'	4.5	1
80	Espesador de Zinc	50'x10'	7	1
81	Bomba Wifley 3C		15	1
82	Bomba Wifley 3C		15	1
83	Bomba Galigher	2 1/2"	10	1
84	Bomba Galigher	2 1/2"	10	1

85	Filtro tambor	8'x12'	5	2
88	Bomba Wifley	3C	15	1
89	Faja No 21	24"x50'	2	1
90	Faja No 21	24"x50'	2	1
91	Bomba Ash	5"x4"	60	1
92	Tanque Acondicionador de Conc. Zinc	10'x10'	17	1
93	Bomba Galigher	2 1/2"x3"	10	1
94	Bomba Galigher	3 1/2"x3"	10	1
95	Faja No 22	3'X46'	1	1
96	Filtro Prensa ANDRITZ 1500X1500	6'X24'		1
97	Bomba de vacio		150	2
98	Soplador Spencer 8800 CFM	5.5 PSI	250	1
99	Bomba Galigher	2 1/2"x3"	10	1
100	Bomba SRL	2 1/2" x 2"	4.8	1
101	Bomba SRL	3 1/2" x 2"	4.8	1
102	Bomba SRL	10"x8"	125	1
103	Bomba SRL	10"x8"	60	1
104	Bomba SRL	8"x6"	75	2
105	Hidrociclón	D-20"		1
106	Bomba SRL	10"x8"	100	1
107	Bomba SRL	5"x4"	60	1

108	Hidrociclón	D-15"		2
109	Celda outokumpu OK-5	5 m ³	25	1
111	Celda WS-240	8'x8'	50	2
112	Bomba SRL	5'x4'	50	1
113	Celda Flash	8'x8'	50	1
114	Molino de Bolas	7'x7'	300	1
115	Bomba SRL	5"x4"	50	1
116	Hidrociclón	D-6		8

Es importante entender todo el proceso mediante los circuitos para ubicar los puntos donde se debe realizar los mantenimientos preventivos, así como el uso de las herramientas, equipos y personal necesario para lograr la optimización del proceso en el Área de Chancado.

4.2. Pruebas y resultados

En base a las simulaciones se ha considerado conveniente estimar algunos de los parámetros para verificar la eficacia de la propuesta del sistema, teniendo en cuenta los indicadores establecidos.

Tabla 6.

Producción real TDPM

Mes	Programado
Primer mes	43024
Segundo mes	50746
Tercer mes	44550

Cuarto mes	36828
-------------------	--------------

Tabla 7

Producción real TDPM

Medición	%Efectividad1	%Efectividad3	%Efectividad3
Indicador	$\frac{(Ton_Prog) - (TDPM)}{(Tom_Prog)} * 100$	$\frac{(Ton_Reales)}{(Tom_Reales) - (TDPM)} * 100$	$\frac{(Ton_Reales)}{(Tom_Programadas)} * 100$
Primer mes	97%	97%	97%
Segundo mes	91%	91%	99%
Tercer mes	99%	99%	63%
Cuarto mes	99%	98%	67%

Por medio del uso de los indicadores de efectividad se determinaron los siguientes resultados:

%Efectividad1 arrojó como resultado: que el porcentaje de las toneladas dejadas de producir por causas de mantenimiento para el mes 1 fue bajo, situación que señalaría un trabajo exitoso por parte de la Gerencia de Mantenimiento.

%Efectividad2 indica que el porcentaje de las toneladas dejadas de producir por trabajos de mantenimiento fue de 3 % en la producción neta mensual.

%Efectividad3 arrojó como resultado que la diferencia entre la producción real y la producción programada fue de 3% y se debería principalmente a trabajos de mantenimiento.

CONCLUSIONES

1. Por la importancia del sistema el mantenimiento de los equipos de las Plantas no debe descuidarse, tampoco que éstas trabajen con falla de algún componente. Es importante la aplicación rigurosa del sistema de gestión de mantenimiento preventivo que se propone en pos de la producción u otro motivo.
2. La aplicación de la mantención preventiva, mejora la disponibilidad de Equipos, haciéndose imprescindible su aplicación. Para ello se debe contar con contactos y contratos con empresas especialistas en el tema.
3. Según esta investigación la revisión del PIE, es de vital importancia para la comparación y análisis, de cómo se genera los altos costo de reparación y compra de repuestos. Es decir, se debe evitar las reparaciones repetitivas y buscar la reposición de los equipos.
4. El mantenimiento se debe considerar, como una inversión, es decir buscar, de forma oportuna y eficaz, las soluciones de los problemas que van ocurriendo.
5. Con la implementación del sistema en cuestión, se debería eliminar las deficiencias identificadas en la primera fase del Proyecto.
6. El plan implementado debe ser puesto en conocimiento de los operarios del Área de Chancado, esto se debe a que ellos serán los encargados de su ejecución, mantenimiento y control.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar el nuevo sistema de gestión de mantenimiento preventivo en el Área de Chancado para optimizar los procesos y circuitos definidos.
2. Se debe tener en cuenta los procesos al detalle y capacitar al personal para que puedan actuar a la brevedad frente a fallos que pueden ocasionarse dentro del Área de Chancado.
3. Incluir metas y objetivos que permitan mejorar el desempeño laboral y el rendimiento de las máquinas y equipos de manera que se alcance la eficacia y la eficiencia en el mediano plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anonimo. 2013. Significados. [En línea] 2013. [Citado el: 21 de Abril de 2018.] <https://www.significados.com/gestion/>.

Behar, Daniel. 2008. *Metodología de la investigación*. s.l. : Editorial Shalom 2008, 2008.

Borja, Manuel. 2012. *Metodología de la investigación científica*. Chiclayo : s.n., 2012.

Cabrera García, Libia Guadalupe. 2014. Gestipolis. [En línea] 12 de Noviembre de 2014. [Citado el: 21 de Abril de 2018.] <https://www.gestipolis.com/ingenieria-de-confiabilidad-1/>.

Fuentes Zavala, Sebastian Moises. 2015. *Propuesta de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo Basado en los Indicadores de Overall Equipment Efficiency para la Reducción de los Costos de Mantenimiento en la Empresa Hilados Richard´S S.A.C.* Chiclayo : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2015.

J., Fernández M. García M. Orcajo G. Cano M. Sariego. 1998. *Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de Máquinas Eléctricas Rotativas*. Barcelona : Marcombo S.A, 1998.

John, Moubray. 2004. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. . Carolina del Norte : Aladon LLC, 2004.

Leidy, Álvarez. 2012. *Optimización de Recursos Empresariales*. s.l : Unilet, 2012.

Melchor Cahuaya, Rogger Nilo. 2016. *Programa de Mantenimiento Preventivo para Mejorar la Disponibilidad de la Bomba Mars Iii en la Compañía Minera Santa Luisa S.A.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016.

Osorio Esteban, Roy Sergio. 2016. *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Mejorar la Disponibilidad de la Perforadora Diamantina Superdrill H600 de la Empresa Maqpower S.A.C.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016.

Real Academia Española. s.f.. Asociación de Academias de la Lengua Española. [En línea] s.f. [Citado el: 21 de Abril de 2018.] <http://dle.rae.es/?id=R7YxPPp>.

Rivera Rubio, Enrique Miguel. 2011. *Sistema de Gestión del Mantenimiento Industrial*. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2011.

Subdirección de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado. 2002. *Glosario de Términos Técnicos*. s.l : s.n., 2002.

Tuesta Yliquin, Jehyson Miguel. 2014. *Plan de Mantenimiento para Mejorar la Disponibilidad de los Equipos Pesados de la Empresa Obrainsa*. Callao : Universidad Nacional del Callao, 2014.

Un Vistazo A La Evolución Del Mantenimiento. **Viquez, Alonzo. 2015.** 1, Costa Rica : Universidad de Costa rica, 2015, Vol. 1.

Universidad Politécnica de Madrid. s.f.. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. [En línea] s.f. [Citado el: 21 de Abril de 2018.] http://www.etsii.upm.es/la_escuela/calidad/glosario_terminos.es.htm.

Villena Andia, Ali Omar. 2017. *Propuesta de Implementación de un Plan de Mantenimiento de Equipos Bajo las Tecnicas del Tpm en una Empresa Constructora*. Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas , 2017.

ANEXOS

FOTOS**FOTO 1: ÁREA DE CHANCADO****FOTO 2: CIRCUITO DE MOLIENDA**



FOTO 3: VERIFICACIÓN DEL CIRCUITO DE MOLIENDA



FOTO 4: MANTENIMIENTO DE EQUIPOS EN EL ÁREA DE CHANCADO

