



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Investigación

**Diseño de un modelo de independización de
acumuladores para el sistema de lubricación de los
molinos de bolas en la planta concentradora CI de
Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. - Arequipa**

para optar el Grado Académico de Bachiller en
Ingeniería Industrial

Angel Ivan Ilachoque Soncco

Arequipa, 2018



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/)

ASESOR

MBA Ing. Polhett Coralí Begazo Velásquez

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a Dios y a mis amados padres por inculcarme valores, amor por el trabajo y el deseo de superación.

Agradezco a mi amada esposa y mi adorada hija, que me apoyaron y motivaron estos 4 años, sacrificando las horas familiares mientras desarrollaba las actividades propias de la carrera.

Agradezco a mis docentes de la Universidad Continental quienes supieron compartir sus conocimientos sabiendo lo difícil que es estudiar y trabajar a la vez.

Expreso mi agradecimiento a mi asesora, quien brindo las pautas necesarias para el desarrollo del presente Trabajo de Investigación.

Y por último a mis compañeros de estudio con quienes compartimos experiencias, nos ayudamos y tratamos siempre de motivarnos a seguir adelante pese a las dificultades que se nos presentaban en cada ciclo.

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Evita y Jesús; tenerlos es una gran bendición. Con mucho cariño a mi esposa Katy, gracias por tu compañía y apoyo. A mi amada hija Sammy, desde que llegaste a mi vida te convertiste en un motor por el cual sigo y seguiré avanzando

Angel I. Ilachoque Soncco.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	
1.1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2.1. Planteamiento del Problema	1
1.2.2. Formulación del Problema	3
1.2.2.1. Formulación del problema general.	3
1.2.2.2. Formulación de problemas específicos.	3

1.3.	OBJETIVOS	4
1.3.1.	Objetivo general.	4
1.3.2.	Objetivos específicos.	4
1.4.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	5
1.4.1.	Justificación	5
1.4.1.1.	Justificación Técnica.	5
1.4.1.2.	Justificación Económica	5
1.4.2.	Importancia de la investigación.	5
1.5.	HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	6
1.5.1.	Hipótesis	6
1.5.2.	Descripción de variables	7
1.5.2.1.	Variable independiente	7
1.5.2.2.	Variable dependiente	7
1.5.2.3.	Operacionalización de variables	7
CAPÍTULO II		
MARCO TEÓRICO		
2.1.	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	8
2.2.	BASES TEORICAS.	10
2.2.1.	Descripción de la Planta Concentradora C1	10
2.2.1.1.	Áreas de la Planta Concentradora C1	13
2.2.1.1.1.	Área Seca	13
2.2.1.1.1.1.	Sub Área de Chancado Primario	13
2.2.1.1.1.2.	Sub Área de Chancado Secundario – Terciario	13
2.2.1.1.2.	Área húmeda	14
2.2.1.1.2.1.	Sub Área de Molienda	14
2.2.1.1.2.2.	Sub Área de Flotación	16
2.2.1.1.2.3.	Sub Área de Remolienda	16

2.2.1.1.2.4. Sub Área de Espesadores de Relaves	16
2.2.2. Equipos del Sub Área de Molienda	17
2.2.2.1. Alimentadores de placas	17
2.2.2.2. Cajones acondicionadores de alimentación y zarandas	18
2.2.2.3. Zarandas húmedas	18
2.2.2.4. Cajones de alimentación de ciclones	19
2.2.2.5. Bombas de alimentación de ciclones	19
2.2.2.6. Batería de ciclones	20
2.2.2.7. Molinos de Bolas	21
2.2.2.8. Sistema de Frenado de Molino	24
2.2.2.9. Sistema de Lubricación de Rodamientos de Molino	24
2.2.2.10. Sistema de enfriamiento de Molino	28
2.2.2.11. Bombas sumidero PP 103, 103 A, 303	29
2.2.2.12. Sistema de agua de sello	29
2.2.2.13. Sistema de transporte de agua de enfriamiento	30
2.2.2.14. Colectores de Polvo (Scrubbers)	30
2.2.2.15. Ventiladores	31
2.2.3. Acumulador	31
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	33
2.3.1. Velocidad critica	33
2.3.2. Sistema de Abastecimiento de Aceite para el apoyo hidrostático de los Patines	33
2.3.3. Sistema Hidráulico	33
2.3.4. Acumulador de aceite	33
2.3.5. Sala de Lubricación	34
2.3.6. Confiabilidad	34
2.3.7. Disponibilidad	35

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO, Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.1.1. Método	36
3.1.2. Alcance de la Investigación	36
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACION	36
3.3. POBLACION Y MUESTRA	37
3.3.1. Población	37
3.3.2. Muestra	37
3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	37
3.4.1. Técnica	37
3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos	38

CAPÍTULO IV

ANALISIS DE RESULTADORS Y DISCUSION DE LA PROPUESTA

4.1. DESCRIPCIÓN DE. ENTORNO ACTUAL DE TRABAJO	39
4.1.1. Procedimiento actual del MANTTO NO PROGRAMADO de cambio de acumuladores	40
4.1.1.1. Diagrama de Operaciones del Proceso – DOP	42
4.1.1.2. Diagrama de Actividades del Proceso – DAP	43
4.1.2. Procedimiento actual del MANTTO PROGRAMADO de cambio de acumuladores	44
4.1.2.1. Diagrama de Operaciones del Proceso – DOP	46
4.1.2.2. Diagrama de Actividades del Proceso – DAP	47
4.1.3. Simulación del entorno actual de Trabajo	48
4.2. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO PROPUESTO	52
4.2.1. Procedimiento propuesto del Mantto No Programado de cambio de Acumuladores con Modelo de Independización	52

4.2.1.1.	Diagrama de Operaciones del Proceso – DOP	53
4.2.1.2.	Diagrama de Actividades del Proceso – DAP	54
4.2.2.	Procedimiento propuesto del Mantto Programado de cambio de Acumuladores con Modelo de Independización	54
4.2.2.1.	Diagrama de Operaciones del Proceso – DOP	56
4.2.2.2.	Diagrama de Actividades del Proceso – DAP	57
4.2.3.	Simulación del entorno del Diseño Propuesto	58
4.2.4.	Motivos para el nuevo diseño	63
4.2.5.	Diagrama causa – efecto	65
4.2.5.1.	Medición	66
4.2.5.2.	Materiales	66
4.2.5.3.	Mano de obra	66
4.2.5.4.	Método	66
4.2.5.5.	Maquinaria	66
4.3.	REQUERIMIENTO DEL NUEVO DISEÑO	67
4.3.1.	Requerimiento de Personal	67
4.3.2.	Requerimiento de Equipos de Protección Personal	67
4.3.3.	Requerimiento de Herramientas	68
4.3.4.	Requerimiento de Repuestos	68
4.3.5.	Requerimientos de Materiales e Insumos	69
4.4.	INVERSION DEL PROYECTO	69
4.4.1.	Inversión en Activos Fijos Tangibles	69
4.4.1.1.	Recursos Humanos (Mano de Obra)	69
4.4.1.2.	Equipos de Protección Personal	70
4.4.1.3.	Herramientas	70
4.4.1.4.	Repuestos	71
4.4.1.5.	Materiales e Insumos	71

4.4.1.6. Resumen de Inversión en Activos Fijos Tangibles	71
4.4.2. Inversión en Activos Fijos Intangibles	72
4.4.3. Capacitación	72
4.4.4. Adiestramiento	72
4.4.5. Gestión de documentos	73
4.4.6. Resumen de Inversión en Activos Fijos Intangibles	73
4.4.7. Inversión Total	73
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las variable	7
Tabla 2: Distribución de planta	13
Tabla 3: Descripción de Interlocks de Molino de Bolas	23
Tabla 4: Requerimiento de personal	67
Tabla 5: Requerimiento de EPPs	67
Tabla 6: Requerimiento de Herramientas	68
Tabla 7: Requerimiento de Repuestos	68
Tabla 8: Requerimiento de Materiales e Insumos	69
Tabla 9: Inversión de Mano de Obra	69
Tabla 10: Inversión de Equipos de Protección Personal	70
Tabla 11: Inversión de Herramientas	70
Tabla 12: Inversión de Repuestos	71
Tabla 13: Inversión de Materiales e insumos	71
Tabla 14: Resumen de Inversión Activos Fijos Tangibles	72
Tabla 15: Inversión en Capacitación	72
Tabla 16: Inversión en Adiestramiento	72

Tabla 17: Inversión en elaboración de Documentos de Gestión	73
Tabla 18: Resumen de Inversión Activos Fijos Intangibles.	73
Tabla 19: Inversión Total (Activos Fijos Tangibles e Intangibles)	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama general del proceso	11
Figura 2: Diagrama de flujo (Proceso de bloques)	12
Figura 3: Diagrama de flujo de molienda (una línea)	15
Figura 4: Movimiento de cascada y catarata	22
Figura 5: Principio de lubricación	25
Figura 6: Ensamble de Chumacera Fija (Extremo de Alimentación)	26
Figura 7: Ensamble de Chumacera Móvil (Extremo de descarga)	27
Figura 8: Puntos de Lubricación de Molino de Bolas	27
Figura 9: Sistema de Lubricación y Enfriamiento	28
Figura 10: Estructura de un Acumulador	32
Figura 11: Acumuladores	32
Figura 12: Registro de eventos por “Fuga en acumulador”	39
Figura 13: Registro de eventos por “Daño en acumulador”	40
Figura 14: DOP – Cambio de acumuladores en un Mantto No Programado (sin propuesta)	42
Figura 15: DAP – Cambio de acumuladores en un Mantto No Programado	

(sin propuesta)	43
Figura 16: DOP – Cambio de acumuladores en un Mantto Programado (sin propuesta)	46
Figura 17: DAP – Cambio de acumuladores en un Mantto Programado (sin propuesta) Hoja 1	47
Figura 18: DAP – Cambio de acumuladores en un Mantto Programado (sin propuesta) Hoja 2	48
Figura 19: Molino detenido con acumuladores operativos tiene pase de arranque (Sistema Ideal)	49
Figura 20: Molino en funcionamiento con 02 acumuladores que tienen vejigas rotas (Exposición del Molino a una falla catastrófica)	50
Figura 21: Molino detenido con 01 acumulador con vejiga rota (Molino no tiene pase de arranque por baja presión)	51
Figura 22: DOP – Cambio de acumuladores en un Mantto No Programado (con propuesta)	53
Figura 23: DAP – Cambio de acumuladores en un Mantto No Programado (con propuesta)	54
Figura 24: DOP – Cambio de acumuladores en un Mantto Programado (con propuesta)	56
Figura 25: DAP – Cambio de acumuladores en un Mantto Programado (con propuesta) Hoja 1	57
Figura 26: Molino en funcionamiento con acumuladores operativos tiene pase de arranque (Sistema Ideal)	59
Figura 27: Molino detenido con acumuladores operativos (Molino tiene pase de arranque)	60
Figura 28: Molino en funcionamiento con 01 acumulador con vejiga rota (Molino trabaja en condiciones óptimas)	61
Figura 29: Molino detenido con 01 acumulador con vejiga rota (Molino tiene pase de arranque)	62
Figura 30: Diagrama Causa – Efecto	65

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia	80
Anexo 2: DOP Mantto No Programado (Sin Propuesta)	82
Anexo 3: DAP Mantto No Programado (Sin Propuesta)	84
Anexo 4: DOP Mantto Programado (Sin Propuesta)	86
Anexo 5: DAP Mantto Programado (Sin Propuesta)	88
Anexo 6: DOP Mantto No Programado (Con Propuesta)	91
Anexo 7: DAP Mantto No Programado (Con Propuesta)	93
Anexo 8: DOP Mantto Programado (Con Propuesta)	95
Anexo 9: DAP Mantto Programado (Con Propuesta)	97
Anexo 10: Cotización de Repuestos	99
Anexo 11: Requerimiento de Equipos de Protección Personal	105
Anexo 12: Requerimiento de Herramientas	108
Anexo 13: Requerimiento de Materiales e Insumos	111

RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue proponer el **“Diseño de un modelo de Independización de Acumuladores”** para el Sistema de Lubricación en uno de los cuatro Molino de Bolas, para efecto de estudio se realizará la simulación en el Molino ML401, con el fin de eliminar las fallas de arranque por baja presión de Nitrógeno y así poder incrementar la disponibilidad y confiabilidad del equipo.

Este diseño se realizó a través de un simulador que nos permitió poder analizar y poder identificar que componentes (materiales, repuestos, entre otros), se necesitaría en caso de una implementación a futuro.

En el Capítulo I, se desarrolló el Planteamiento del Problema, se formuló los objetivos, tratando de dar la justificación e importancia a la Investigación, se bosquejó la Hipótesis y se describió las variables que intervendrán en la solución al problema.

En el Capítulo II, se realizó una exploración de publicaciones científicas y/o investigaciones que nos ayudó a dar un enfoque, reforzando conceptos y/o definiciones que han enriquecido los conceptos del tema de Investigación. También se desarrolló una descripción de todos los procesos y/o equipos que intervienen durante el proceso productivo en una Planta Concentradora.

En el Capítulo III, se describió la Metodología, el Alcance y el Diseño que se utilizó para el desarrollo de la investigación, se identificó la Población y Muestra objeto de estudio,

también se describe las técnicas e instrumentos que nos sirvieron como apoyo para el desarrollo de la Investigación.

En el Capítulo IV, se utilizó herramientas de Registro y Análisis como son el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) y el Diagrama de Actividades del Proceso (DAP) que permitió conocer cuál será el comportamiento de la propuesta, tener una idea de ¿Cómo funcionaría en caso de una implementación?; también se empleó herramientas exploratorias para la solución de problemas como son el diagrama Causa-Efecto (Ishikawa) que nos permitió identificar el problema y los factores que contribuyen a su existencia. Se ha podido establecer que Requerimientos (Mano de obra, EPPs, Herramientas, Repuestos, Materiales e Insumos) se necesitaría en una implementación a futuro. Se valorizo los requerimientos para tener una idea de ¿Cuánto sería la Inversión en una futura implementación del Modelo de Independización de Acumuladores?

En la parte final de la Investigación podremos encontrar las Conclusiones y/o Recomendaciones.

ABSTRACT

The main objective of the investigation was to propose the "design of a model of independability of accumulators" for the lubrication system in one of the four ball mills, for study effect the simulation will be carried out in the ML401 mill, in order to eliminate Low nitrogen-pressure start-up failures to increase equipment availability and reliability. This design was made through a simulator that allowed us to analyze and to identify which components (materials, spare parts, among others), would be needed in case of a future implementation.

In chapter I, the approach of the problem was developed, the objectives were formulated, trying to give the justification and importance to the investigation, the hypothesis was sketched and the variables that will intervene in the solution to the problem were described.

In chapter II, we conducted an exploration of scientific publications and/or research that helped us to give an approach, reinforcing concepts and/or definitions that have enriched the concepts of the research topic. It also developed a description of all the processes and/or equipment that intervene during the production process in a concentrator plant.

In chapter III, the methodology, scope and design used for the development of research was described, the population was identified and the object of study was also described, the techniques and instruments that served us as support for the Research development.

In chapter IV, we used recording and analysis tools such as the process Operations Diagram (DOP) and the Process activity diagram (DAP) which allowed us to know what the proposal's behavior will be, to have an idea of how it would work in Case of an implementation?; Exploratory tools were also used to solve problems such as the cause-effect diagram (Ishikawa) that allowed us to identify the problem and the factors that contribute to its existence. It has been possible to establish that requirements (manpower, EPPs, tools, spare parts, materials and inputs) would be needed in a future implementation. I value the requirements to get an idea of how much would be the investment in a future implementation of the model of independance of accumulators?

In the final part of the investigation we will be able to find the conclusions and/or recommendations.

INTRODUCCIÓN

El Molino de Bolas es uno de los equipos de mayor importancia que hay en una planta concentradora; la producción de una planta concentradora es directamente proporcional a las horas de trabajo de los molinos. Es por ello que existen procedimientos de operación y programas de mantenimiento que tienen como principal fin dar una alta disponibilidad y confiabilidad al trabajo de los Molinos.

Pese a los esfuerzos de mantenimiento preventivo y predictivo de los molinos, se tiene fallas recurrentes que son difíciles de prevenir o controlar; una de esas fallas es la “Alarma de baja presión de nitrógeno en los acumuladores” en sala de lubricación, la cual impide que el molino arranque una vez que este haya sido detenido por cualquier motivo (por falla o por programación de mantenimiento).

La Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa tiene 4 molinos de bolas y cada molino tienen 12 acumuladores; basta que un acumulador falle para que se active la “Alarma de baja presión de nitrógeno en los acumuladores” y el molino no pueda arrancar. La solución para corregir la alarma es cargar nuevamente nitrógeno a los acumuladores lo cual consume recursos de materiales y mano de obra, y lo que es más grave en temas de producción dilata el tiempo de parada del Molino en 1 a 3 horas aproximadamente, lo que se traduce en pérdidas de producción la cual se encuentra valorizada en miles de dólares.

El presente Trabajo de Investigación busca dar solución a este problema planteando el **“DISEÑO DE UN MODELO DE INDEPENDIZACION DE ACUMULADORES PARA EL SISTEMA DE LUBRICACION DE LOS MOLINOS DE BOLAS”** el cual se basa en cambiar la configuración de trabajo de los acumuladores de modo que cuando falle un acumulador no sea impedimento de arranque del molino y por consecuencia directa aumente la disponibilidad y confiabilidad de los molinos, traduciéndose esto también en aumento de la producción, facilitando la pronta detección de que acumulador presenta problemas y se pueda dar solución inmediata al problema presentado.

Para probar el planteamiento se realizó una simulación del sistema hidráulico de lubricación del Molino y se representó el funcionamiento del trabajo actual de los acumuladores; también se simbolizó el nuevo diseño que modifica la configuración actual, obteniéndose resultados importantes. Esta simulación nos permitió analizar que materiales y/o repuestos serían los más apropiados para la nueva propuesta, se ha realizado una búsqueda en el mercado para tener una idea de inversión de **¿Cuánto costaría realizar dicha configuración al sistema actual de los acumuladores en la Planta Concentradora C1?** Para realizar el análisis, que tan factible sea la nueva propuesta planteada en el Presente Trabajo de Investigación.

Dada la importancia del Molino en el proceso productivo, no se puede hacer modificaciones empíricas sin tener un sustento técnico que garantice la viabilidad técnica y económica de la modificación a realizar, este Trabajo de Investigación brinda la información a través de los distintos escenarios con el nuevo modelo propuesto.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Diseño de un Modelo de Independización de Acumuladores para el Sistema de Lubricación de los Molinos de Bolas en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa.

1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Planteamiento del Problema

La compañía Sociedad Minera Cerro Verde aportó 4,921 millones de dólares a la economía peruana, monto equivalente al 2.3% del Producto Bruto Interno (PBI) del 2017, indicó el gerente de proyectos del área de Economía Aplicada de Apoyo, Vicente Poirier.

Asimismo, refirió que el aporte de la compañía minera a la región Arequipa fue de 3,151 millones de dólares en 2017, y representa el 31% del PBI de esta región. Así lo manifestó durante su participación en Expomina Perú 2018, y destacó que, gracias a la minería y otros sectores productivos, la economía de Arequipa creció 13% entre los años 2005 y 2017.

Además, el especialista acotó que tras la expansión de Cerro Verde, la producción de cobre de esta Unidad Minera se duplicó, pasando de 246,973 TMF (en 2014) a 501,815 TMF (en 2017).¹

Los procesos de extracción de las Unidades Operativas de las empresas mineras se desarrollan durante todos los días del año, estos procesos operativos generan grandes inversiones (mano de obra, insumos, equipos, etc), los inversionistas desean que las actividades extractivas sean rentables, por tal razón el proceso productivo tiene que ser continuo, libre de fallas, sin errores, 100% efectivo y eficaz.

Durante el proceso de molienda, los medios más utilizados para efectuar la reducción de tamaño de los minerales son el Molino de barra y el Molino Bolas de acero. En la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. en la ciudad de Arequipa; tiene 4 molinos de bolas de la marca POLYSIUS modelo FE 24X36, los cuales poseen sus respectivos sistemas de lubricación.

Cada molino tiene un sistema de lubricación compuesto de 2 partes que son: 1.- Lado Fijo y 2.- Lado Flotante. A su vez cada lado de lubricación cuenta con 6 acumuladores. Los acumuladores de ambos lados del sistema de lubricación (fijo y flotante) trabajan en dos grupos de 3 acumuladores conectados por medio de una tubería de alta presión uno a continuación de otro, a la cual se le denominará para fines de esta investigación configuración en serie; con este tipo de configuración si alguna de las vejigas de los acumuladores se perfora o tiene perdidas de nitrógeno los demás acumuladores también pierden su precarga de nitrógeno y ello causa que ese grupo de 3 acumuladores este inoperativo. Adicional a ello; por cada lado de lubricación (fijo y flotante) hay dos switch de presión mínima calibrados a 50 bar (4 switch de presión y 12 acumuladores por molino), cada switch de presión mínima está conectado a un grupo de 3 acumuladores, es decir que cada vez que hay una detención planificada del molino o este se detenga por cualquier razón o falla, el molino no arrancará hasta que este switch de presión mínima este marcando 50 bar, esto causa demoras y pérdidas de producción.

¹Andina, Agencia. "Aporte De Minera Cerro Verde Equivale Al 2.3% Del PBI Del Perú." Noticias | Agencia Peruana De Noticias Andina, andina.pe/agencia/noticia-aporte-minera-cerro-verde-equivale-al-23-del-pbi-del-peru-725071.aspx.

Tenemos dos escenarios del problema:

- a. Cuando se detiene el molino por una parada programada de mantenimiento
- b. Cuando hay una detención del molino imprevista por falla de otro componente hidráulico o instrumental (Mantenimiento no programado); la falla en los acumuladores es muchas veces aleatoria o prematura no se sabe si hay un acumulador dañado.

El problema se presenta al momento de querer arrancar el molino para reiniciar la operación, este no podrá arrancar hasta que se cambie el acumulador o se recargue los 3 acumuladores con nitrógeno a 50 bar, esto causa retrasos por la falta de planificación y recursos, solo el proceso de recarga puede tardar entre 1 y 3 horas, perdiendo de este modo tiempo de producción y bajando nuestros índices de confiabilidad y disponibilidad.

En el presente estudio veremos la necesidad de que el Molino de Bolas este operativo, por tal motivo existe la necesidad de dar disponibilidad y confiabilidad al equipo en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa

1.2.2. Formulación del problema

1.2.2.1. Formulación del Problema General

- ¿Cómo el diseño del modelo de independización de acumuladores reducirá el índice de fallas de arranque de los molinos debido a baja presión de nitrógeno en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa?

1.2.2.2. Formulación Problemas Específicos

- ¿Cómo el diseño del modelo de independización de acumuladores optimizará la disponibilidad y confiabilidad del Molino de Bolas en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa?

- ¿Cómo el diseño del modelo de independización de acumuladores ayudará en la detección de rotura en un acumulador específico en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa?
- ¿Cómo el diseño del modelo de independización de acumuladores evitará la exposición del personal a altas presiones hidráulicas y neumáticas con la independización de acumuladores en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar el “Diseño de un Modelo de Independización de Acumuladores” para el sistema de lubricación del Molino de Bolas ML401, para eliminar las fallas de arranque en los molinos por baja presión de Nitrógeno, en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa.

1.3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son:

- Incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los molinos de bolas con el modelo de Independización de acumuladores.
- Instalar puertos de medición de presión para identificar rotura en un acumulador específico.
- Reducir la exposición del personal a altas presiones hidráulicas y neumáticas con la independización de acumuladores

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.4.1. Justificación

1.4.1.1. Justificación Técnica.

- El presente trabajo de investigación tiene mucha significancia en el área de molienda debido a las repetitivas fallas de arranque de los molinos por baja presión de nitrógeno en los acumuladores; esta será una propuesta novedosa ya que no existen antecedentes ni estudios referenciales de otras unidades mineras que cuenten con estos tipos de molinos, ni de la empresa fabricante de molino (POLYSIUS). Se realizará el diseño de la modificación de tal modo que no altere la forma de trabajo de los acumuladores ni de las unidades de lubricación del Molino.
- Para el presente diseño y simulación se tiene el conocimiento técnico, teórico y práctico, como los recursos necesarios para plasmar el diseño nuevo y simular la modificación

1.4.1.2. Justificación Económica.

- El diseño del nuevo modelo de independización de acumuladores permitirá una mejor gestión, aumentando la disponibilidad y confiabilidad de los molinos de bolas, reducción de costos en los procesos de mantenimiento, y seguridad del personal que labora en el área de Molienda.
- Con el presente diseño se podrá reducir los tiempos de ejecución de tareas durante una parada de planta programada y/o no programada generando mayor producción de los equipos de molienda y por ende beneficios económicos a la empresa

1.4.2. Importancia de la Investigación

1. ***Aumentaría la disponibilidad y confiabilidad de los molinos de bolas.***
Como consecuencia directa se aumentaría la producción al tener el molino más tiempo en operación y evitar fallas de arranque repetitivas.

2. **Facilitaría el mantenimiento y detección de fallas en los acumuladores.** Al estar los acumuladores independizados y con un manómetro indicador de presión solo se cambiaría un acumulador dañado (a diferencia del actual modelo que se cambia los tres acumuladores por no saber cuál es el que tiene falla); a su vez al momento de cambiar el acumulador también solo sería necesario cargar el acumulador nuevo ya que los demás mantendrían su precarga de nitrógeno y el mantenimiento reduciría considerablemente sus tiempos.
3. **Se ahorraría en materiales y repuestos.** Se lograría un considerable ahorro en repuestos de acumuladores (Vejigas; sellos; conectores hidráulicos y neumáticos; así como en botellas o balones de nitrógeno).
4. **Evitaría la realización de trabajos de emergencia y no planificados.** Las fallas en los acumuladores es impredecible a pesar de tener una frecuencia de cambio, por este motivo las fallas se detectan al final de turno cuando se pretende dar arranque al molino, es por ello que el personal mecánico tiene que extender su horario de trabajo hasta altas horas de la noche muchas veces improvisando y exponiéndose a riesgos innecesarios.
5. **No se expondría al personal a altas presiones hidráulicas y neumáticas.** Cada vez que se carga los acumuladores con nitrógeno el personal mecánico cierra una válvula de aceite para que el nitrógeno a presión no se pierda por la tuberías y el personal está expuesto a presiones de 200 Bar y cada vez que se espera el arranque del sistema de lubricación con un acumulador dañado el personal debe de aperturar la válvula que cerro al inicio y se expone a una presión de aceite de 180bar; ambas presiones son letales para el personal ante una fuga o error en la manipulación

1.5. HIPÓTESIS Y DESCRIPCION DE VARIABLES.

1.5.1. Hipótesis

El diseño de un modelo de independización de acumuladores reducirá el índice de fallas de arranque de los molinos por baja presión de nitrógeno en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa

1.5.2. Descripción de Variables

1.5.2.1. Variable Independiente

- Modelo de independización de Acumuladores para el Sistema de Lubricación de los molinos de bolas

1.5.2.2. Variable dependiente

- Incremento de la disponibilidad de los molinos
- Disminuir la exposición del personal mecánico a altas presiones neumáticas e hidráulicas.

1.5.2.3. Operacionalización de Variables

Se presenta en la tabla 1 la Operacionalización de variables:

Tabla 1

VARIABLE INDEPENDIENTE	SUB VARIABLE	INDICADORES
Modelo de independización de Acumuladores para el Sistema de Lubricación de los Molinos de Bolas.	Diseño	<ul style="list-style-type: none">▪ 0% de tareas duplicadas.▪ Prueba en simulador
	Registro	<ul style="list-style-type: none">▪ Registro de reporte o alarmas de acumuladores con baja presión de nitrógeno

VARIABLE DEPENDIENTE	SUB VARIABLE	INDICADORES
Incremento de la disponibilidad de los molinos.	Seguimiento	<ul style="list-style-type: none">▪ Registro estadístico del Programa Process More por fallas en baja presión de los acumuladores
Disminuir la exposición del personal mecánico a altas presiones neumáticas e hidráulicas	Disponibilidad de colaboradores para otros procesos.	<ul style="list-style-type: none">▪ Número de cambios programados de acumuladores por rotura durante las 6 últimas paradas de planta programadas y no programadas.

Operacionalización de las variables.

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

Para la presente investigación no se ha encontrado publicaciones sobre casos similares al problema planteado pero si se ha encontrado información de apoyo.

- Chillce, V y Rojas, R (2012) Implementación del sistema experto en molinos para optimizar la molienda del circuito de cobre en la planta concentradora de sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. (Tesis para optar el título de Ingeniero Metalurgista y de materiales). Universidad Nacional del Centro del Peru - Huancayo. El objetivo de estudio es mejorar la recuperación del concentrado de cobre en un 0.5% dado que en el desarrollo minero metalúrgico, se realizan cambios conforme a la variación de las características del mineral y la mejor recuperación de concentrado. En el caso de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A mejorar la recuperación es un objetivo de molienda y el cual se ve reflejado en los buenos resultados de una mejor recuperación, reducción de otros costos y beneficios
- Núñez, G. (2012). Diseño de un sistema de lubricación para un molino SAG 32' x 32' de 621 DMTPH de capacidad. (Proyecto para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista) Universidad Católica de Santa María. EL objeto de estudio es desarrollar el diseño de un sistema de lubricación para un Molino SAG, desarrollando cálculos de ingeniería para el sistema de tuberías, cálculo y selección de bombas, selección de motores, selección de filtros, selección de

intercambiadores de calor y otros equipos auxiliares haciendo uso de normas internacionales tales como ASME, ASTM, API, MSS - SP58, MSS - SP59, NEC ; como también la selección y diseño de soportes entre otros elementos para el correcto funcionamiento del sistema basándose en parámetros de operación previamente establecidos en la filosofía de control del equipo.

- Díaz Castro, S., & Espinosa Fuentes, F. (2015). Diseño de un sistema de información y plan de mantenimiento preventivo para molinos de bolas en Empresa Minera Valle Central (Doctoral dissertation, Universidad de Talca (Chile). Escuela de Ingeniería Mecánica.). El objeto de estudio es dentro de los procesos realizados en Minera Valle Central (MVC), está el proceso de molienda, en donde la fracción gruesa de mineral contenida en la pulpa de relave es reducida de tamaño para facilitar los procesos posteriores, para este proceso, MVC tiene nueve molinos de bolas los cuales son distribuidos en tres plantas distintas, molienda A, molienda B y remolienda. Los molinos de bolas ubicados en MVC forman parte importante del proceso en general, es ahí la importancia que tiene el mantenimiento mecánico de estos equipos.
- Guerrero Monsalves, F. A. (2014). Simulación y Control de un Circuito de Molienda (Informe de Memoria de Título para optar el Título de Ingeniero Civil Electrónico). Universidad de Concepción. En el objeto de estudio se ha tomado en cuenta un diagrama de flujo de un proceso real (planta SAG1, División El Teniente, Codelco) se ha simulado utilizando la biblioteca de "Comminution Toolbox" desarrollada por la Universidad de Concepción. Con la ayuda de referencias obtenidas del "Programa piloto de gestión del conocimiento" de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi se ha podido recopilar información de instrumentación y lazos de control. Se controla usando estrategias de control selectivo, específicamente "control override", en conjunto con control de razón y control en cascada. directamente con un PLC ControlLogix de Rockwell Automation Una forma de comunicar un PLC con un PC es a través del protocolo de comunicación OPC usado en las industrias. Este consta en crear un servidor, en donde gracias a RSLinx y el OPC Toolbox de SIMULINK® se puede establecer la comunicación de las variables a escoger, teniendo a las salidas y entradas del modelo en lazo abierto como las entradas y salidas, respectivamente, del controlador programado en RSLogix 5000 en el PLC. en RSLogix 5000. Se trabaja con control programado en SIMULINK y también con control en base a programación en diagrama de

bloques, específicamente con el bloque PIDE (Enhanced PID, PID mejorado) de RSLogix 5000 v16.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Descripción de la planta concentradora C1

La planta Concentradora de Sociedad Minera Cerro Verde procesa mineral de sulfuro primario proveniente de las menas de cobre y de molibdeno que en su mayor proporción se encuentra como calcopirita (que contiene aproximadamente 34% de Cu combinado con hierro y con azufre) y molibdenita (que contiene aproximadamente 60% de molibdeno y 40% de azufre) respectivamente.

La planta tiene una capacidad de procesamiento de diseño de 108,000.00 toneladas por día (t/d), pero actualmente procesa hasta 120,000.00 (t/d), las leyes promedios de alimentación son de 0.64% Cu y 0.019% Moly, después de todas las operaciones y procesos efectuados en la planta, se obtiene productos finales en forma de concentrado de Cu y Mo con leyes promedio de 27% Cu y 54% Mo (siendo la ley esperada prevista del concentrado bulk Cu-Mo es 29.1% Cu y 0.677% Mo, con un recuperación del 91.4% y una recuperación de 71.6% de Moly).²

² Chillce, V. M., & Rojas, R. H. (2012). Implementación del Sistema Experto en Molinos Para Optimizar la Molienda del Circuito de Cobre en la Planta Concentradora de Sociedad Minera Cerro Verde SAA. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ. p 103

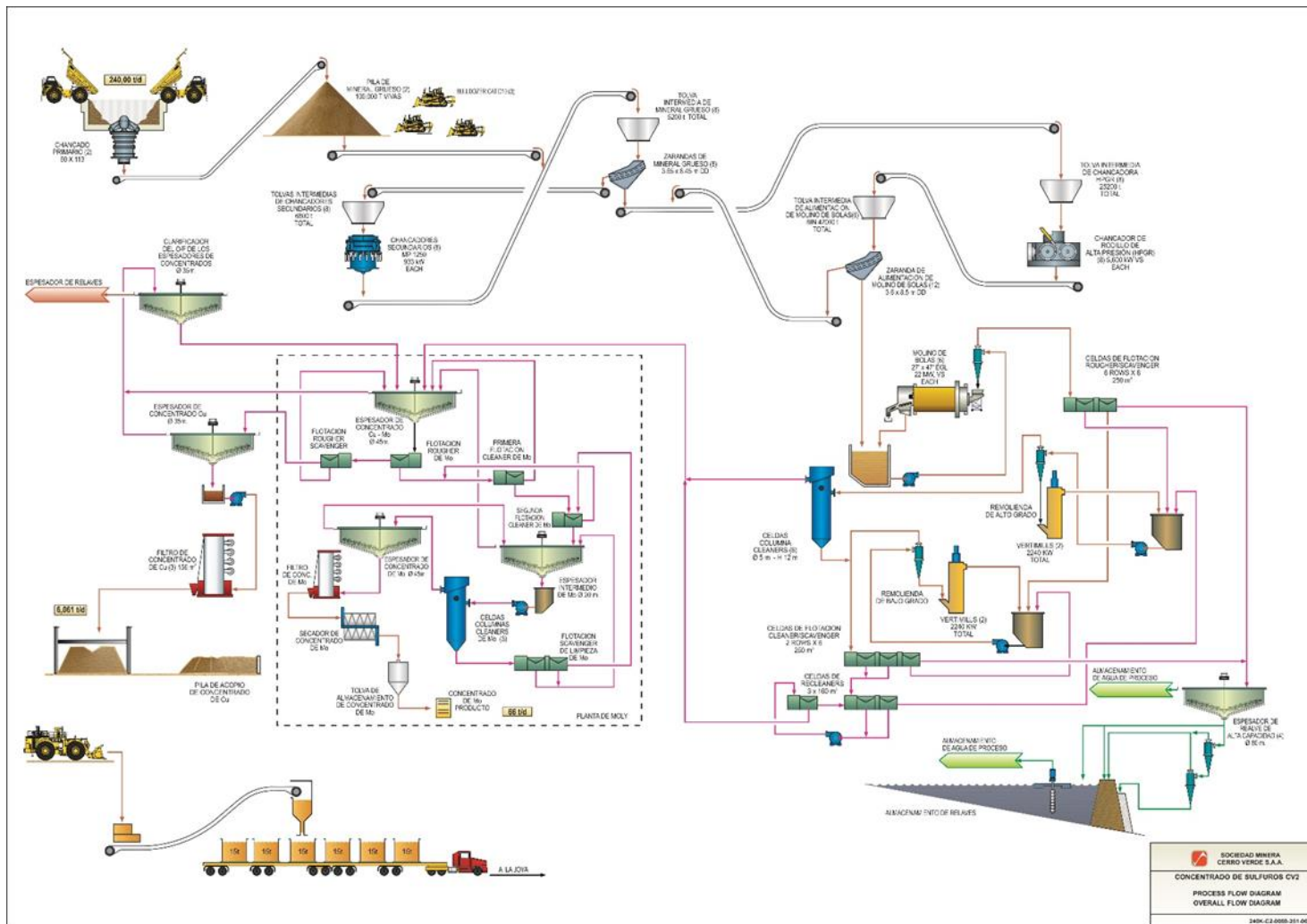


Figura 1: Diagrama General del proceso

Nota: Sociedad Minera Cerro Verde

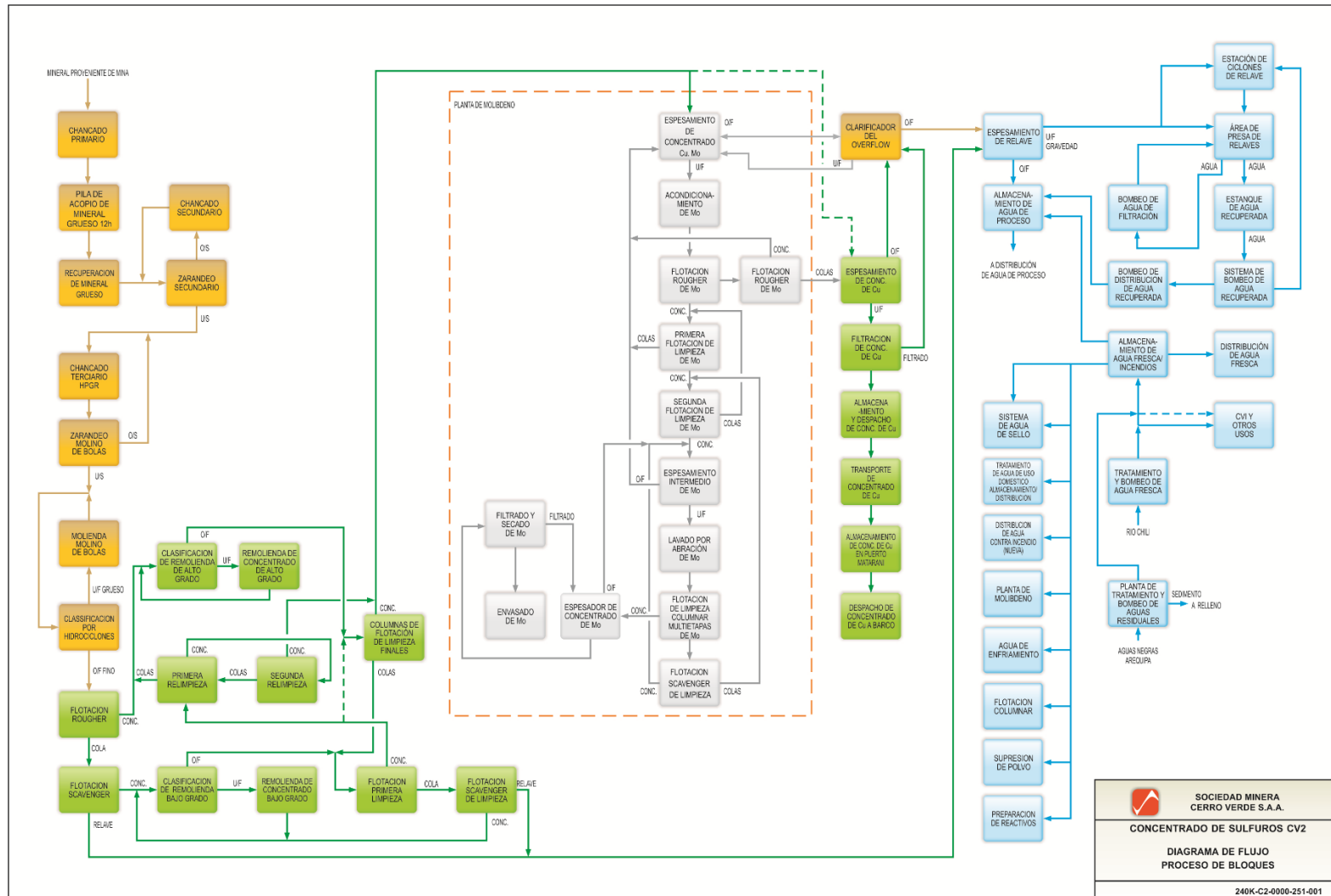


Figura 2: Diagrama de flujo (Procesos de bloques)

Nota: Sociedad Minera Cerro Verde

2.2.1.1. Áreas de la Planta Concentradora C1

La planta concentradora de Sulfuros Primarios comprende las siguientes áreas:

Tabla 2

AREA	SUB-AREA
Área seca	Chancado Primario
	Chancado Secundario - Tercario
Área Húmeda	Molienda
	Flotacion
	Remolienda
	Espesadores de relaves

Distribución de planta.

Nota. Escobedo Cruz, L. A. (2014). p 8

2.2.1.1.1. Área Seca.

2.2.1.1.1.1. Sub Área de Chancado Primario

El chancado primario es la primera etapa de la operación de la concentradora. Sin embargo, es en realidad la segunda etapa de la reducción de tamaño, posterior al minado. El propósito del chancado primario es reducir el tamaño del mineral de mina a un tamaño que pueda ser transportado fácilmente por las fajas transportadoras, el cual será conveniente para alimentar a la siguiente etapa del chancado.³

2.2.1.1.1.2. Sub Área de Chancado Secundario – Terciario

El chancado secundario y terciario son las etapas intermedias del chancado, que reducen el tamaño de partículas del mineral desde un tamaño de descarga de la chancadora primaria de 80% - 162mm hasta un tamaño de alimentación para el molino de bolas de 6 mm. Esto se logra en dos etapas de chancado y zarandeo. En ambas etapas secundarias y terciarias, las

³ Guevara Torres, M. K. (2015). Informe técnico de las operaciones minera metalúrgica en las diferentes áreas de operación de planta concentradora. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa p 8

chancadoras están en circuito cerrado con zarandas para asegurar un buen control de tamaño máximo en el producto de esta etapa.⁴

2.2.1.1.2. Área Húmeda

2.2.1.1.2.1. Sub Área de Molienda

La función de la molienda es reducir las partículas de mineral a un tamaño adecuado para liberar el mineral valioso de la ganga, favoreciendo la separación en la flotación.

La molienda es la etapa controlante del proceso, porque el producto obtenido repercute significativamente en la flotación, remolienda y espesadores de relaves ⁵

⁴ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 29

⁵ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 41

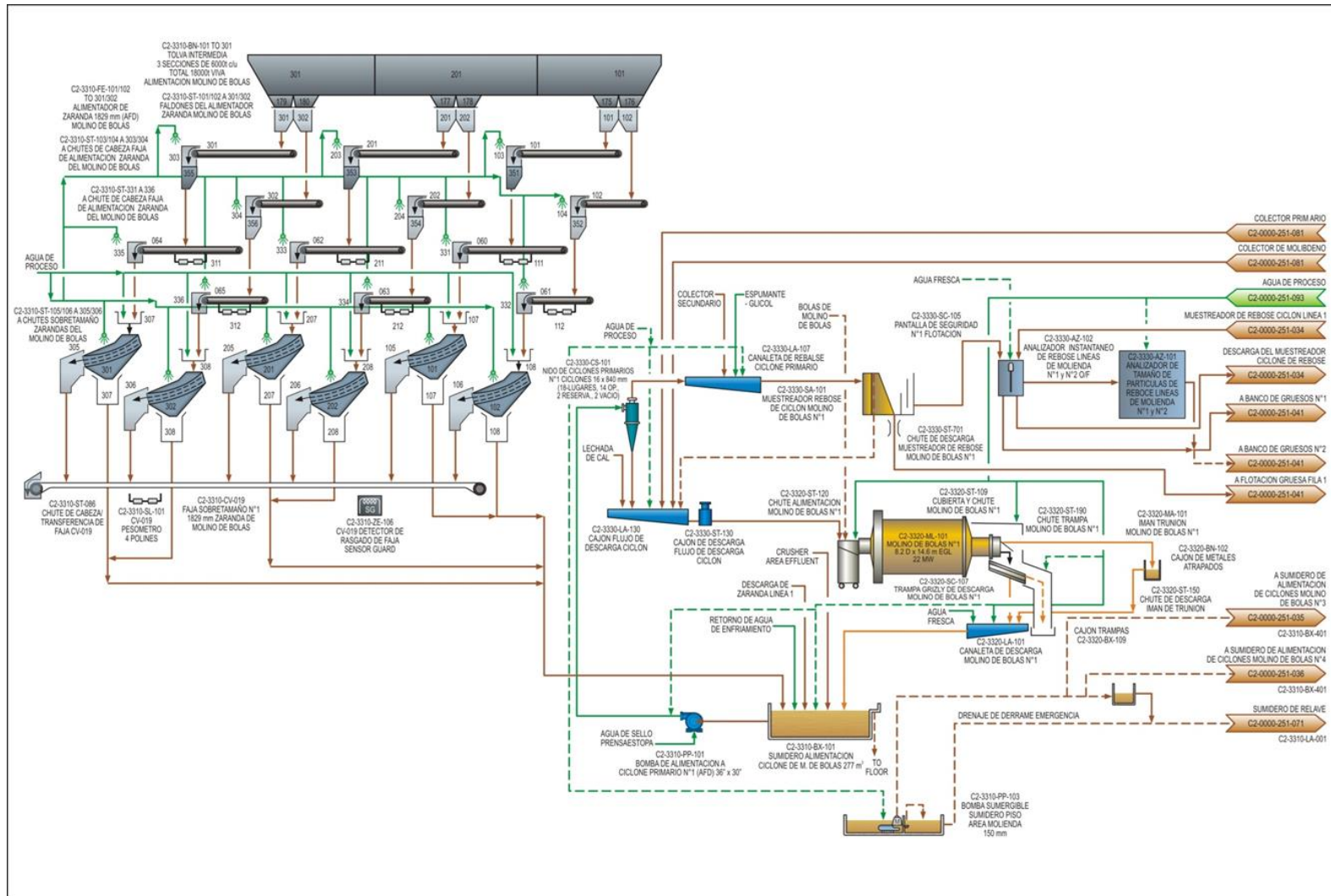


Figura 3: Diagrama de flujo de molienda (una línea)

Nota: Sociedad Minera Cerro Verde

2.2.1.1.2.2. Sub Área de Flotación

La flotación es un proceso físico químico de la concentración de minerales finamente molidos. El proceso comprende el tratamiento físico – químico de una pulpa de mineral a fin de crear condiciones favorables para la adhesión de ciertas partículas de minerales a las burbujas de aire. Tiene por finalidad la separación de especies minerales aprovechando sus propiedades de afinidad (hidrofílico) o repulsión (hidrofóbico) por el agua.

El carácter hidrofílico hace que las partículas se mojes y permanezcan en suspensión en la pulpa para finalmente hundirse. Este es el caso de los minerales estériles o gangas como óxidos, sulfatos, silicatos, carbonatos, entre otros.

El carácter hidrofóbico evita el mojado de las partículas minerales para que puedan adherirse a las burbujas de aire y ascender. Este carácter se presente en forma natural en algunos minerales (mineral nativos y sulfuros) o puede ser adquirido o potenciado mediante los reactivos de flotación ⁶

2.2.1.1.2.3. Sub Área de Remolienda

El circuito de remolienda tiene dos objetivos.

- Conseguir el grado óptimo de cobre en el concentrado bulk (24.5%) mediante las celdas comunas y el circuido recleaner.
- Mantener la limpieza del área, disminuyendo los rebaleses de pulpa.⁷

2.2.1.1.2.4. Sub Área de Esperadores de Relaves.

La función principal del área de espesadores de relaves es recuperar la máxima cantidad de agua del proceso. El área de espesamiento de relaves y de recirculación de agua recibe el relave del circuido de flotación de cobre, y luego espesa el relave por sedimentación, enviando el agua del overflow

⁶ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 57-58

⁷ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 64

nuevamente a los tanques de agua del proceso y la pulpa espesada del underflow a las instalaciones de almacenamiento de relaves.⁸

2.2.2. Equipos del Sub Área de Molienda.

2.2.2.1. Alimentadores de placas.

Los alimentadores de placas transfieren el mineral desde las tolvas de alimentación hacia las zarandas húmedas.

Descripción

- Son 8 alimentadores, 2 en cada línea.

Especificaciones

- Capacidad: 2100 TM/h
- Dimensiones: 2.1 m x 18 m (ancho por largo)

Componentes

- Motor de lubricación
- Reductor con sistema de lubricación y sistema de enfriamiento (ventilador)
- Polines (carga, impacto, retorno)
- Pullcord
- 01 Sensor de Nivel tipo Till Swicht en el chute de descarga
- Sensores de alineamiento y sistema de alineamiento (sólo FE 101 y 402)
- Sensor de faja rota
- Sensor de velocidad cero ⁹

⁸ Guevara Torres, M. K. (2015). Informe técnico de las operaciones minera metalúrgica en las diferentes áreas de operación de planta concentradora. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa p 10

⁹ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 41

2.2.2.2. Cajones acondicionadores de alimentación y zarandas

Los cajones se utilizan para la formación de la pulpa y distribución a las zarandas húmedas.

Descripción

- Son 8 cajones, 2 por cada línea a cada zaranda

Especificaciones

- Material: Acero al carbono con revestimiento
- Dimensiones: 3.3. m x 2.68 m x 2.76 m (ancho x profundidad x largo)

Componentes

- 02 tuberías de ingreso de agua de proceso de 8" y 12" (provenientes del TK 701-702) ¹⁰

2.2.2.3. Zarandas húmedas

Las zarandas clasifican el mineral gracias al movimiento vibratorio generado y el agua de lavado en mineral grueso (tamaño > 5 mm) y mineral fino.

Descripción

- Son 8, 2 por cada línea. Posee dos unidades excitadoras que generan el movimiento vibratorio. Los excitadores son accionados por un motor eléctrico por medio de un eje universal.

Especificaciones

- Tipo: Banana vibradora
- Dimensiones: 3 m x 7.3 m
- Capacidad: 1149 TM/h

¹⁰ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 41

Componentes

- Deck superior:

Líneas de agua: 4 con 8 aspersores c/u

Abertura de Malla: 14 mm

- Deck inferior.

Líneas de agua: 3x8 aspersores

Abertura de malla

SC 101, 201, 301, 401: 5 mm

SC 102, 202, 302, 402: 5.5 mm¹¹

2.2.2.4. Cajones de alimentación de ciclones

Colecta la pulpa para ser transportada a la batería de ciclones por las bombas centrifugas.

Descripción

- Son 4 cajones. Reciben la descarga de 2 zarandas.

Especificaciones

- Capacidad: 190 m³¹²

2.2.2.5. Bombas de alimentación de ciclones

Transportan la pulpa desde los cajones al nido de ciclones

¹¹ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 42

¹² Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 42

Descripción

- Son 4, una para cada cajón. Son del tipo de operación de sello de prensa estopas húmedas, es decir, se requieren de agua para el sello.

Especificaciones

- Tipo: Horizontal Centrifuga
- Diámetro de boquilla de succión y descarga: 28" x 26"
- Potencia Motor: 1,120 kW.
- Intensidad de corriente: 274 A (101, 201)
271 A (301, 401)
- Marca de Reductor: Sew (101, 201)
Falk (301, 401)

Componentes

- Motor de bomba.
- Reductor de velocidad: La velocidad es regulada según el nivel del cajón, si el nivel es alto se aumenta la velocidad, si es bajo la velocidad se reduce.¹³

2.2.2.6. Batería de ciclones

Los ciclones utilizan la energía obtenida a partir de la presión hidráulica para crear un movimiento centrifugo que ocasiona que las partículas de mayor tamaño se adhieran a la pared y sean evacuadas por el ápex (underflow), mientras que el mineral fino mediante un torbellino ascendente lo transporta al vortex (overflow)

¹³ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 43

Descripción

- Los ciclones son cilindros verticales con un fondo cónico.

Especificaciones

- Modelo: Krebs
- N° de ciclones: 9

Componentes

- Abertura de alimentación: de forma circular rectangular por donde ingresa tangencialmente la pulpa al hidrociclón.
- Vortex: ubicada en la parte superior, es la tubería de descarga del overflow.
- Apex: Es una abertura en la parte inferior por donde sale el underflow.
- Canaleta (**S.A.A, 2014**): Lugar donde descarga el underflow y es un punto de adición de agua.¹⁴

2.2.2.7. Molinos de bolas.

El molino de bolas es un equipo industrial de gran tamaño (24 x 36 pies) utilizado para moler o reducir el tamaño del mineral; interiormente está revestido con lanners y se rellena con bolas de acero como elementos moledores. Por un extremo ingresa el mineral en forma de pulpa o lodo, pasa por los elementos moledores y sale por el otro extremo con un tamaño reducido.

El efecto de molienda es producido cuando el molino gira, en ese giro las bolas tienden a seguir el giro del cilindro del molino y luego caen por consecuencia de la gravedad, ese efecto de caída se conoce como “efecto cascada” y es el que hace que el mineral pueda reducir su tamaño.¹⁵

¹⁴ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 44

¹⁵ (Tecsups, 2014) p 16

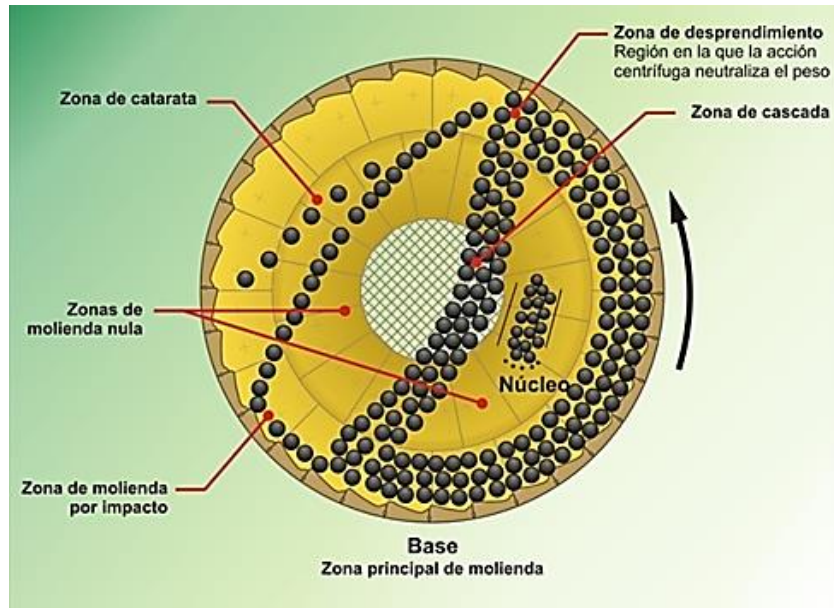


Figura 4: *Movimiento de cascada y catarata*

Nota: Fuente Sociedad Minera Cerro Verde

El molino de bolas está compuesto por las siguientes partes

- Estructura del Molino. - El molino estructuralmente es un cilindro metálico con dos tapas huecas en ambos extremos; la tapa de alimentación es de mayor diámetro que la descarga; toda la estructura metálica en el interior lleva lanners o corazas de aleación de hierro al manganeso para evitar el desgaste por efecto de molienda y por los impactos (Tecsups, 2014)
- Accionamiento. – El molino en la parte central tiene un bobinado eléctrico que cumple la función de rotor y por la parte exterior del centro del molino hay una estructura circular que también tiene un bobinado y cumple la función de estator, es así y con el uso de energía eléctrica el molino de bolas puede girar. (Tecsups, 2014)
- Circuito de lubricación.- El molino está soportado en 8 cojinetes gigantes (Pads), 4 en la parte delantera o alimentación y 4 en la parte posterior o descarga; estos cojinetes o Pads son los que le permiten girar con la mínima fricción puesto que están constantemente inyectados o bañados con aceite a alta presión (50 a 60 bar) (Tecsups, 2014).

Tabla 3

EQUIPO	ITEM	VALOR OPTIMO	VALOR DE INTERLOCK	ACCIONES
Molino de Bolas ML 101 - 301	Temperatura de bobinado	60 - 80° C	High: 100° C	Se detiene el molino
	Temperatura de tanque de aceite	40° C	High: 55° C	
	Presion de segmentos de lado fijo	50 - 60 Bar	Low 45 Bar High: 80 Bar	
	Potencia	12500 - 12600 kW	Low 10700 Kw	
	Velocidad	12.4 rpm	Low 11 rpm	

Descripción de Interlocks de Molino de Bolas

Nota. Escobedo Cruz, L. A. (2014). P 55

Descripción

- Son cilindros rotatorios en los cuales se usa bolas metálicas como los medios libres de molienda.

Especificaciones

- Marca: Polysius
- Dimensiones (Diam x Longitud): 24 x 36 pies
- Potencia: 12000 KW

Componentes

- Carcasa: es un cilindro metálico fabricado de planchas de acero al carbono con varios segmentos conjuntamente soldados. Tiene agujeros perforados para colocar pernos para los revestimientos internos.
- Chute de alimentación (dispositivo móvil): conduce la pulpa de alimentación a la cámara de molienda. Cuenta con dispositivo de desplazamiento para inspección y mantenimiento.
- Salida: consta de un cilindro de salida provisto de un disco perforado (araña), para evitar la salida de las bolas.

- Revestimiento: son de dos tipos Mono onda y Camellon, Protegen la parte interna del molino contra el desgaste y la corrosión.
- Unidad de transmisión del molino: son

Cicloconvertidor: convierte la corriente alterne en continua.

Rotor: consiste en ensambles de polos montados sobre un reborde armado en la carcasa del molino.

Estator: es la parte fija libre del motor y contiene los bobinados de cobre que transmiten el torque al motor.¹⁶

2.2.2.8. Sistema de Frenado del Molino

Limita los movimientos de la carcasa durante las paradas intempestivas y para mantener firmemente la carcasa de molino en una posición estacionaria para un mantenimiento seguro y un cambio de revestimientos.

Descripción

- Los frenos son accionados por una unidad de potencia hidráulica e incluyen montajes de frenos de zapata montados sobre armazones en pedestal.

Componentes

- 02 brackets (uno a la izquierda y uno a la derecha), cada uno con cinco unidades de frenos de disco hidráulico.
- 01 unidad hidráulica de potencia para hacer funcionar los frenos¹⁷

2.2.2.9. Sistema de Lubricación de Rodamientos del Molino

El sistema de lubricación del molino, es un sistema que cumple dos funciones, una lubricación y la otra de enfriamiento (ver figura 5).

¹⁶ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 45

¹⁷ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 45

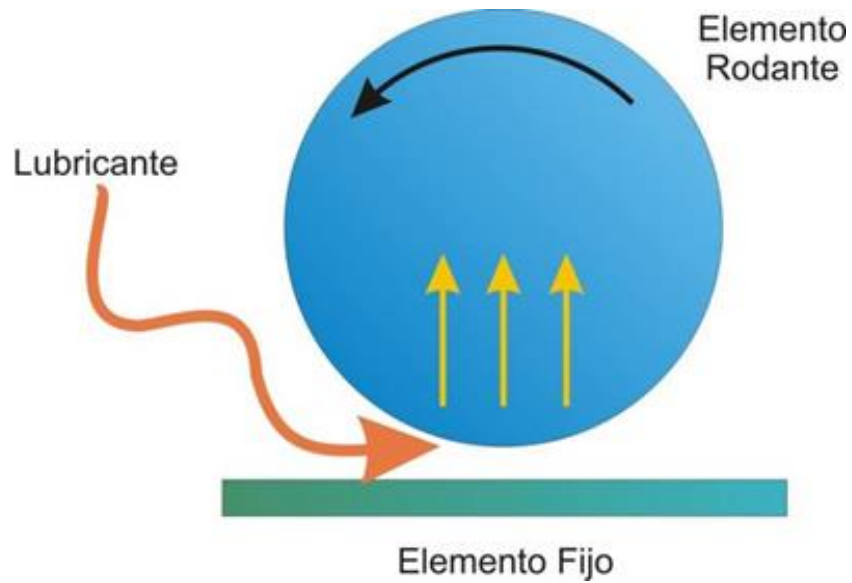


Figura 5: Principio de lubricación

Nota: Tecsup "Mantenimiento de Equipos de Molienda y Clasificación"

Los sistemas de lubricación del molino de bolas están ubicados por debajo del extremo de la alimentación del molino para permitir un retorno por gravedad del aceite al sistema.

Existen sistemas separados por los rodamientos de apoyo del molino en cada extremo. Estos están contenidos dentro de un cuarto de lubricación completamente encerrado, con la base elevada por encima del área de piso circundante para evitar que ingrese cualquier derrame de pulpa.

El sistema de lubricación incluye los depósitos de aceite, los sistemas de aceite a alta y baja presión, la filtración de aceite, las instalaciones de calefacción y refrigeración, y la instrumentación necesaria.

El derrame recuperado es conducido hacia un tanque móvil para aceites usados para su recirculación por medio del sistema existente para dichos aceites usados.

El sistema de lubricación, como principio fundamental, evita el contacto entre los muños del molino. Durante la lubricación, se genera una película de aceite a alta presión, que evita el contacto y facilita el giro del molino durante su funcionamiento.

Sin el circuito de lubricación el molino no podría girar fácilmente y los elementos sufrirían un desgaste prematuro y severo, es por ello que el fabricante de los molinos ha sido muy cuidadoso con ello y ha puesto muchos parámetros de protección (presión, temperatura, flujo) en el funcionamiento de los molinos para que este se detenga solo si algo anda mal. No pueda arrancar si las condiciones y los parámetros (presión, temperatura, flujo) no son los correctos.

Uno de esos parámetros o permisivos que hacen que el molino se detenga o impiden que arranque es la presión baja de los acumuladores; si este valor está por debajo de los 150 bar el molino se detiene, y si este valor está por debajo de los 60 bar el molino no arranca.

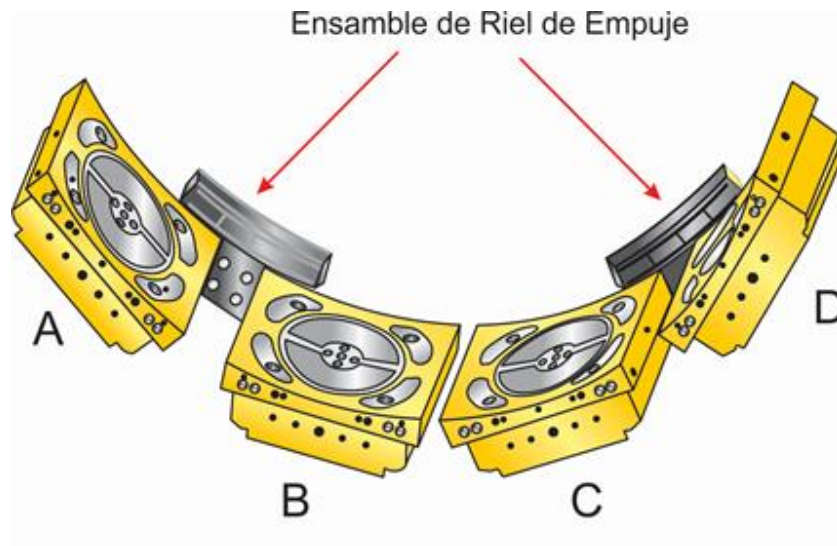


Figura 6: *Ensamblaje de Chumacera Fija (Extremo de Alimentación)*

Nota: Tecsup “Mantenimiento de Equipos de Molienda y Clasificación”

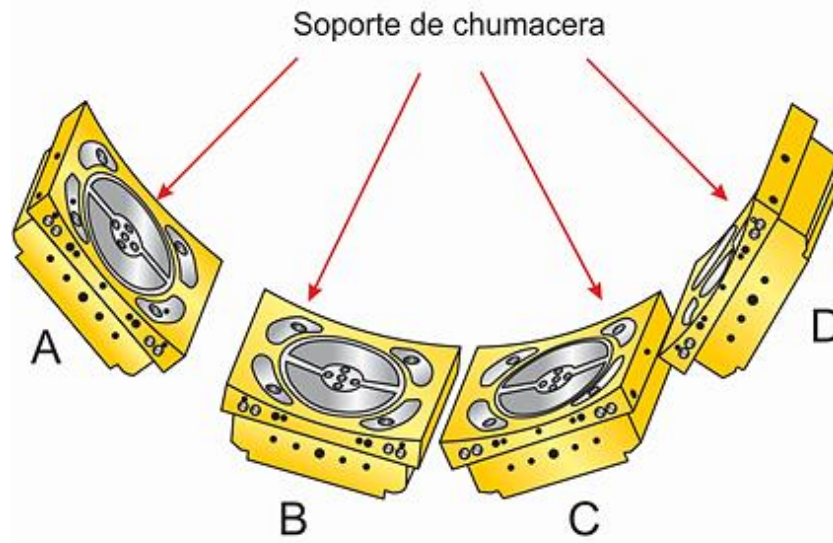


Figura 7: *Ensamble de Chumacera Móvil (Extremo de Descarga)*

Nota: Tecsup “Mantenimiento de Equipos de Molienda y Clasificación”

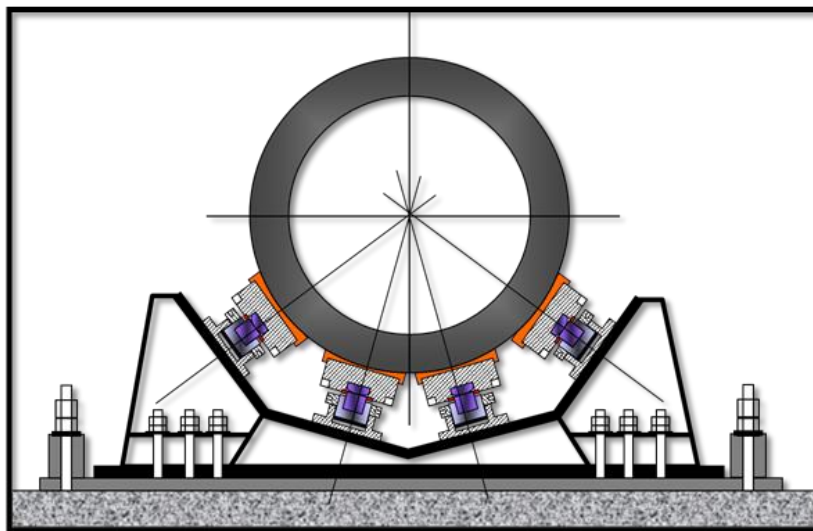


Figura 8: *Puntos de Lubricación del Molino de Bolas*

Nota: Tecsup “Mantenimiento de Equipos de Molienda y Clasificación”

Descripción

- Está ubicado por debajo del extremo fijo y flotante del molino para permitir un retorno por gravedad del aceite del sistema

Componentes

- *Reservorio de aceite:* Almacena el aceite y el de retorno de los molinos.
- *Filtros:* Limpian el aceite de impurezas.
- *Intercambiadores de calor:* enfrían el aceite de retorno del molino mediante agua.
- *Bombas:* Proporcionan la presión necesaria al aceite
- *Calentadores:* Compensar las bajas temperaturas del ambiente en el aceite.¹⁸

2.2.2.10. Sistema de enfriamiento del Molino

Enfriamiento el estator

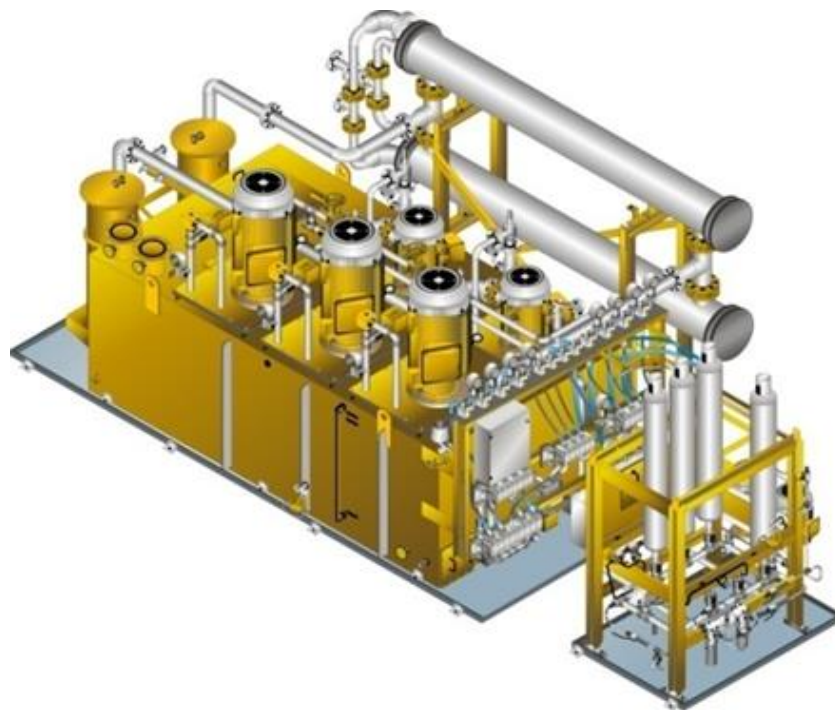


Figura 9: Sistema de Lubricación y Enfriamiento

Nota: Tecsup “Mantenimiento de Equipos de Molienda y Clasificación”

¹⁸ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 46

Descripción

- Se encuentra ubicado en la parte inferior del estator

Componentes

- 03 ventiladores
- Agua de sello: Protege contra la entrada de polvo, agua y pulpa.¹⁹

2.2.2.11. Bombas sumidero PP 103, 103 A, 303

La bomba funciona intermitentemente para vaciar todo lo acumulado en el piso de molinos y transportarlo al espesador 2

Descripción

- Son bombas centrifugas equipadas con un agitador para evitar un atoramiento en la succión y para tratar con concentraciones altas de solidos

Especificaciones

- Tipo: Cantiléver Vertical
- Dimensiones (diámetro x longitud): 152 mm x 3,0000 mm
- Capacidad: 200 m³/h

Componentes

- Motor: conectado a la bomba por medio de una disposición poleas-fajas²⁰

2.2.2.12. Sistema de Agua de Sello

El agua de sello crea un vacío en la bomba para evitar la pérdida de pulpa en el transporte

¹⁹ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 46

²⁰ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 47

Descripción

- Es requerido para proveer agua de sello de alta presión para las bombas de pulpa que lo requieran

Componentes

- **Bombas de agua de sello (PP 721 y 722):** una operativa, la otra en stand by. Transportan el agua fresca desde el TK 703 a las bombas que requieran.
- **Filtro de agua:** retienen las impurezas del agua fresca.²¹

2.2.2.13. Sistema de transporte de agua de enfriamiento.

Transporta y limpia el agua de enfriamiento para sistemas de lubricación, cicloconvertidor, estator del molino.

Descripción

- Provee agua de enfriamiento para los equipos que se requieran

Componentes

- Bombas de transporte de agua de refrigeración (PP 128, 129).
- Filtros de agua: retienen las impurezas del agua fresca.²²

2.2.2.14. Colectores de Polvo (Scrubbers)

Facilita la colección de polvo en las tolvas de molinos para la alimentación a los molinos de bolas.

Descripción

- Se localizan en la tolva de molinos.²³

²¹ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 47

²² Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 47

²³ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 47

2.2.2.15. Ventiladores

Se localizan en la tolva de molinos para ayudar a la colección de polvo

Descripción

- Se localizan en la tolva de molinos para ayudar a la colección de polvo.²⁴

2.2.3. Acumulador

Los fluidos son prácticamente incomprensibles y por tanto no pueden almacenar energía de presión. En los acumuladores hidroneumáticos, la comprensibilidad de un gas se utiliza para almacenar fluidos.

Los acumuladores de diafragma están basados en este principio y usan nitrógeno como medio de compresión.

El acumulador de diafragma consiste en una sección de fluido y otra de gas, con el diafragma funcionando como pantalla anti-gas. La sección de fluido está conectada con el circuito hidráulico, de tal modo que el diafragma permite entrar fluido al aumentar la presión, comprimiendo el gas. Al caer presión, el gas se expande y empuja el fluido al interior del circuito. En la base del diafragma esta una valvula de cierre revulcanizada. Esta cierra la salida hidráulica cuando el acumulador está completamente vacío y previene así daños en el diafragma.

²⁴ Escobedo Cruz, L. A. (2014). Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. p 47

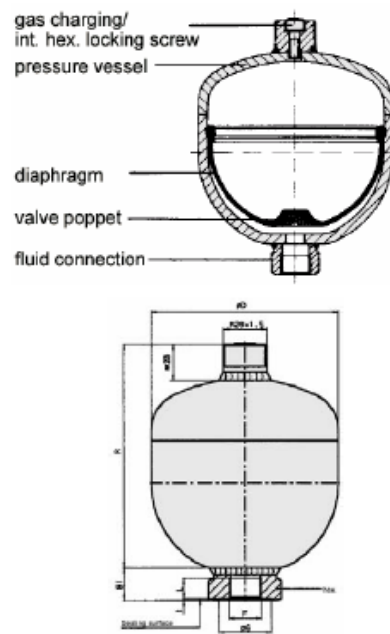


Figura 10: Estructura de un Acumulador

Nota: Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Manual del sistema Polysius



Figura 11: Acumuladores

Nota: Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

2.3.1. Velocidad Critica

Es la velocidad que hace que la fuerza centrífuga que actúa sobre los elementos moledores (bolas) equilibre el peso de los mismos en cada instante. Cuando esto ocurre, los elementos moledores se pegan a las paredes y no ejercen ninguna acción moledora (Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., 2014)

2.3.2. Sistema de Abastecimiento de Aceite para el apoyo hidrostático de los Patines:

Las bombas de alta presión transportan el aceite lubricante a los divisores de flujo de aceite y después a los patines de cojinete del apoyo hidrostático. El flujo de aceite lubricante se controla en el divisor mediante un sistema de monitoreo de caudal y la presión de aceite mediante los interruptores manométricos. Además de ello, las válvulas limitadoras de presión limitan la presión de aceite para impedir sobrecargas del sistema.

La guía axial se alimenta separadamente de aceite lubricante por medio de una bomba de baja presión separada. (Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., 2014)

2.3.3. Sistema hidráulico:

Definido en el manual como el Sistema de suministro de aceite para apoyo hidrostático de patines, tiene por función el abastecer con aceite lubricante al apoyo hidrostático de patines, para cada molino existe dos sistemas similares uno para el cojinete fijo y el otro para el cojinete flotante. (Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., 2014)

2.3.4. Acumulador de aceite

En los acumuladores hidráulicos de la instalación se utiliza la compresibilidad del nitrógeno para la acumulación del aceite lubricante. Los acumuladores hidráulicos comprenden una parte de líquido y una parte de gas que están separadas. La parte de líquido está en conexión con el circuito hidráulico de modo que al aumentarse la presión se llena el acumulador hidráulico lo que comprime el

nitrógeno. Al reducirse la presión, el nitrógeno comprimido se expande expulsando el aceite acumulado en el circuito.

La presión inicial de llenado del nitrógeno se controla mediante interruptores manométricos. La bomba de acumulación envía el aceite lubricante en los acumuladores hidráulicos hasta alcanzarse la presión de aceite máxima predefinida.

En caso de caída de presión, se vuelve a conectarse la bomba de acumulación mediante un interruptor manométrico hasta que se alcance de nuevo la presión de aceite máxima predefinida. También se puede recuperar la presión conectando un balón de Nitrógeno alternativo al sistema que recargue la presión de Nitrógeno requerida. (Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., 2014)

2.3.5. Sala de lubricación.

La sala de lubricación consta de bombas hidráulicas encargadas de enviar el aceite a presión para la lubricación de los PAD's de los molinos está dividida en dos partes: lubricación de lado fijo y lubricación de lado flotante. (Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., 2014)

2.3.6. Confiabilidad

La confiabilidad puede ser definida como la "confianza" que se tiene de que un dispositivo, bloque o procedimiento desempeñe su función básica, durante una etapa de período preestablecido, bajo circunstancias estándares de maniobra. Otra definición importante de confiabilidad es; probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas.

Para que se tenga confiabilidad en equipos y sistemas, no se debe dejar de lado que esto requiere necesariamente inversión de capital. La confiabilidad por consiguiente será obtenida, por ejemplo, a través de más material, o sea, mayor espesor o dimensión, mejores materiales o manteniendo equipos de reserva para que actúen como substitutos, en el proceso de que falle el componente primordial. La confiabilidad es quien maniobra el mantenimiento. (Scientia et Technica Año XII, No 30, Mayo de 2006. U.T.P. p 156)

2.3.7. Disponibilidad

La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el procedimiento está listo para maniobrar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.

En la fase de diseño de equipos o sistemas, se debe buscar el armonía entre la disponibilidad y el costo. Dependiendo del entorno de requisitos del sistema, el diseñador puede alterar los niveles de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, de forma a reducir el costo total del ciclo de vida. (Scientia et Technica Año XII, No 30, Mayo de 2006. U.T.P. p 157)

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. MÉTODOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Método

El método que utilizaremos para el desarrollo del presente Trabajo de Investigación será un ***Método Descriptivo***, dado que observaremos detalladamente las cualidades de las variables y no habrá manipulación, por lo tanto no habrá un control directo sobre las mismas.

3.1.2. Alcance de la Investigación

El alcance del trabajo de investigación se va a desarrollar a través de una investigación cualitativa siendo ***alcance o nivel descriptivo***, específicamente para los Molinos de bolas de la marca POLYSIUS modelo FE 24X36 que hay en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tendrá un ***Diseño Exploratorio Cualitativo***, se utilizara un simulador que permitirá analizar la funcionalidad de esta propuesta de “DISEÑO DE UN MODELO DE INDEPENDIZACIÓN DE ACUMULADORES” en un molino de bolas de 4 existentes en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde

S.A.A. – Arequipa, se realizará mediciones periódicas que nos dará como resultado los siguientes puntos:

- Responderá la pregunta ¿Cómo el modelo de independización de los acumuladores reducirá el índice de fallas de arranque de los molinos por baja presión de nitrógeno en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa? Mediante un registro de incidencias recopilada durante las últimas 12 paradas de planta programadas y/o no programadas.
- Cumplir con los objetivos trazados en la presente investigación mediante los datos cuantitativos obtenidos periódicamente después del diseño.

3.3. POBLACION Y MUESTRA

3.3.1. Población

La población que se ha considerado en el presente Trabajo de Investigación es la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa

3.3.2. Muestra.

Se ha considerado como muestra para el desarrollo del presente Trabajo de Investigación los Acumuladores para el Sistema de Lubricación de 1 de los 4 Molinos de Bolas de la marca POLYSIUS Modelo FE 24X36 que hay en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnica

El Trabajo de Investigación se ha desarrollado bajo las siguientes técnicas:

- **Observación:** se ha utilizado esta técnica para poder identificar los sucesos que generan actividades reiterativas y tiempo muerto de trabajo, dado que cuando existe la falla en un acumulador, se realiza el diagnostico en los 06 acumuladores instalados en la Planta Concentradora C1, sin que se pueda detectar cual es el acumulador que presenta fallas.

3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos.

Para poder recolectar datos y poder llevar un mejor control y monitoreo de la propuesta de un *“DISEÑO DE UN MODELO DE INDEPENDIZACIÓN DE ACUMULADORES”* en un molino de bolas de 4 existentes en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa, se realizó varias consultar a:

- Registro estadístico del Programa Process More por fallas en baja presión de los acumuladores
- Número de cambios programados de acumuladores por rotura durante las 6 últimas paradas de planta programadas y no programadas.

CAPITULO IV

DE RESULTADOS Y DISCUSION DE LA PROPUESTA

4.1. DESCRIPCION DEL ENTORNO ACTUAL DE TRABAJO

Se ha podido observar en el Registro Estadístico del Programa Process More que la incidencia por fallas en baja presión de los acumuladores ha sido moderada, lo cual sirvió de motivación para que se proponga el presente diseño.

Honeywell My Time (UTC -05:00:00) SA Pacific Standard Time

Site Actions Page Ilacho

Intuition > Cerro Verde Milling > Production Manager > Downtime Reporter > 3300 Planta Cobre

3300 Planta Cobre Filtro Persona

Fecha Inicial: 01/01/2014 * Categoría: (ALL)

Fecha Final: 24/11/2017 * Problema: (ALL)

Turno: (ALL) Causa: Acumulador Fuga Tipo: Actual (A)

Equipo: Remedio: (ALL)

Código de Falla: Duración: = Área de Paro: = Personal: Trabajo Adicional

Costo de Pérdidas de Prod.: = Prod. Units: = Aprobar: (ALL) Paro No Clasificado

Renglones: 50 Cerrado: (ALL) Deshabilitar refrescar (K)

Fecha	Turno	Area de Paro	Inicio	Fin	Paro	Equipo	Categoría	Problema	Causa	Remedio	Costo de Pérdidas de Prod. ▼	Prod. Units	IL Usuario
09/03/2017	Day	0406 Molenda L2	14:00	18:03	243	703C3320ML201	Perdida por falla	Sistema de lubricacion	Acumulador Fuga N2		10935.00	0.00	ralarcon
03/05/2015	Night	0403 Molenda L1	22:25	23:09	44	703C3320ML101	Perdida por falla	Sistema de lubricacion	Acumulador Fuga N2		4005.00	0.00	095661
14/07/2016	Day	0409 Molenda L3	14:04	15:28	84	703C3320ML301	Perdida por falla	Sistema de lubricacion	Acumulador Fuga N2		3780.00	0.00	mguevara
08/05/2017	Night	0409 Molenda L3	20:39	21:39	60	703C3320ML301	Perdida por falla	Sistema de lubricacion	Acumulador Fuga N2		2700.00	0.00	ralarcon
24/03/2015	Day	0403 Molenda L1	12:06	12:40	34	703C3320ML101	Perdida por falla	Sistema de lubricacion	Acumulador Fuga N2			0.00	ohuaracha

Figura 12: Registro de eventos por “Fuga en acumulador”

Nota: Process More - Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

Honeywell My Time (UTC -05:00:00) SA Pacific Standard Time Search this site...

Site Actions Browse Page

Intuition Cerro Verde Milling Production Manager Downtime Reporter 3300 Planta Cobre

3300 Planta Cobre Filtro Persona

Fecha Inicial 01/01/2014 Fecha Final 24/11/2017 Turno (ALL) Equipo Código de Falla Costo de Pérdidas de Prod. Categoría (ALL) Problema (ALL) Causa Acumulador Dañado Remedio (ALL) Duración = Prod. Units = Tipo Actual (A) Area de Paro Personal Aprobar (ALL) Renglones 50 Cerrado (ALL) Trabajo Adicional Paro No Clasificado Deshabilitar refrescar

Fecha	Turno	Area de Paro	Inicio	Fin	Paro	Equipo	Categoría	Problema	Causa	Remedio	Costo de Pérdidas de Prod.	Prod. Units	U. Usuario
10/08/2015	Night	0406 Molenda L2	23:43	01:11	88	703C3320ML201	Perdida por falla	Sistema de lubricacion	Acumulador Dañado		3960.00	0.00	rduenas
18/03/2017	Night	0412 Molenda L4	04:16	05:02	46	703C3320ML401	Perdida por falla	Sistema de lubricacion	Acumulador Dañado		2070.00	0.00	rduenasr
10/08/2015	Night	0406 Molenda L2	01:11	01:52	41	703C3320ML201	Perdida por falla	Sistema de lubricacion	Acumulador Dañado		1845.00	0.00	rduenas
25/04/2017	Day	0403 Molenda L1	15:46	16:11	25	703C3320ML101	Perdida por falla	Sistema de lubricacion	Acumulador Dañado		1125.00	0.00	pcallata
22/04/2017	Night	0409 Molenda L3	01:19	01:44	25	703C3320ML301	Perdida por falla	Sistema de lubricacion	Acumulador Dañado		1125.00	0.00	pcallata
21/04/2017	Day	0403 Molenda L1	14:22	14:35	13	703C3320ML101	Perdida por falla	Sistema de lubricacion	Acumulador Dañado		585.00	0.00	ohuahum

Figura 13: Registro de eventos por “Daño en acumulador”

Nota: Process More - Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

A continuación se detalla el procedimiento del Mantenimiento No Programado y Programado de Acumuladores sin propuesta de Modelo de Independización de Acumuladores.:

4.1.1. Procedimiento actual del MANTTO NO PROGRAMADO de cambio de Acumuladores

Cuando se realiza el mantenimiento no programado de acumuladores en la Planta Concentradora C1, se realiza el siguiente procedimiento.

1. Mecánico u operador revisa el molino antes del arranque y advierte que hay baja presión en los acumuladores.
2. Mecánico u operador reporta que no hay pase de arranque del molino debido a baja presión en acumuladores.
3. Mecánico se acerca a sala de lubricación a revisar si la alarma es verdadera o es falla de instrumento (parte instrumental).
4. Se debe de trasladar botellas de nitrógeno del almacén de molinos hacia el interior de salas de lubricación se requiere carrito de botellas de nitrógeno y en el peor de los casos camioneta para trasladarlo del almacén principal.

5. Se debe de trasladar y verificar que el cargador de nitrógeno este en buenas condiciones para su traslado a sala de lubricación.
6. Mecánico solicita apoyo a supervisor mecánico para dicho trabajo. (Apoyo de 2 mecánicos más y movilidad para traslado de equipos)
7. Se retira tapones para precargar Nitrógeno.
8. Se procede a realizar la precarga de nitrógeno en los tres acumuladores utilizando 2 botellas de nitrógeno.
9. Una vez alcanzada la presión de precarga de 50 bar en los 3 acumuladores se realiza la desconexión del cargador de nitrógeno.
10. Se verifica que el molino tenga pase de arranque.
11. Se da pase de arranque al molino y se realiza orden y limpieza de la zona.
12. Se debe de reportar la falla encontrada de baja presión de los acumuladores para que se programe en un mantenimiento programado (Parada de planta).

4.1.1.1. Diagrama de Operaciones del Proceso – DOP

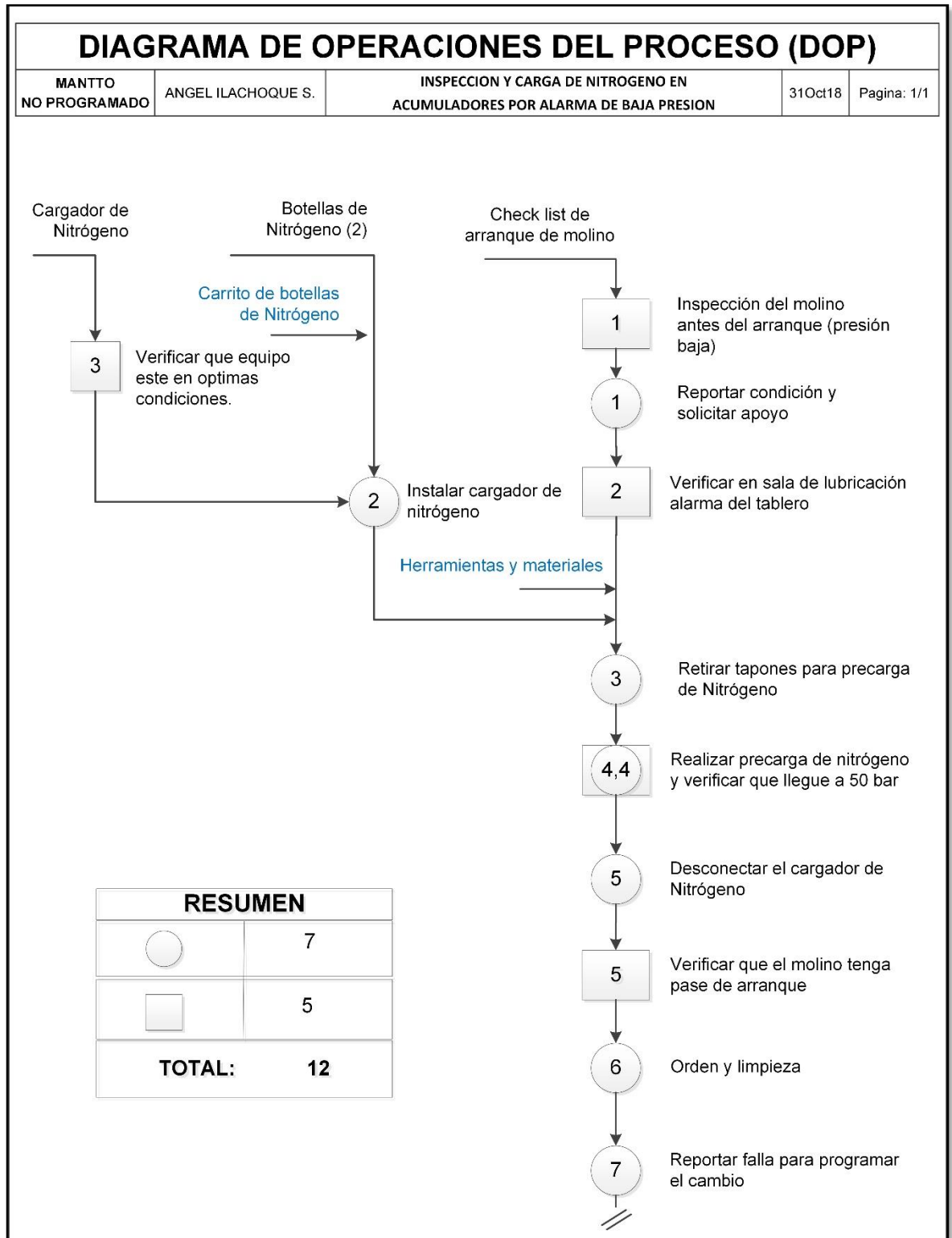


Figura 14: DOP - Cambio de acumuladores en un Mantto No Programado (Sin propuesta)

Nota: Elaboración Propia

4.1.1.2. Diagrama de Actividades del Procesos – DAP

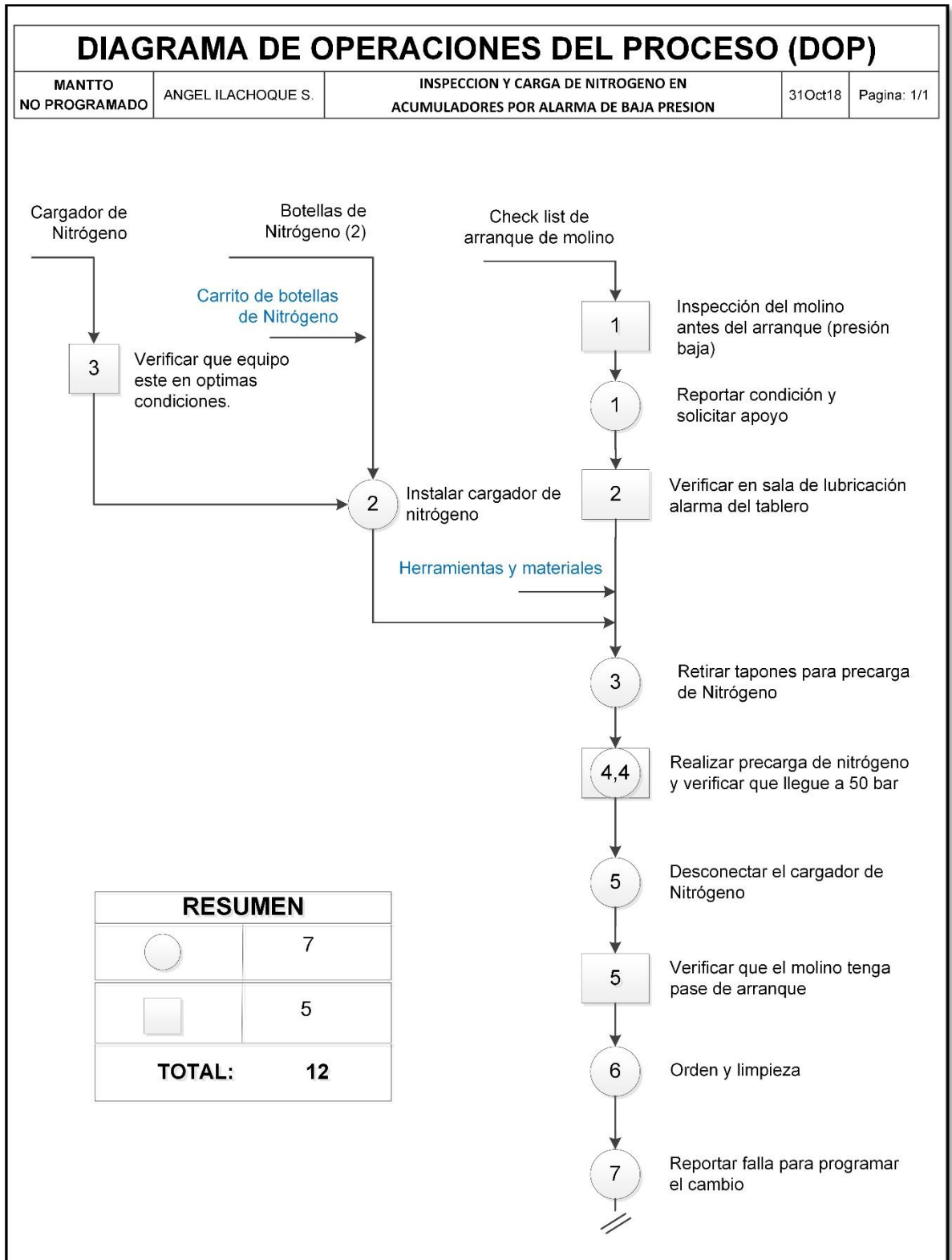


Figura 15: DAP - Cambio de acumuladores en un Mantto No Programado (Sin propuesta)

Nota: Elaboración Propia

4.1.2. Procedimiento actual del MANTTO PROGRAMADO de cambio de Acumuladores

Cuando se realiza el Mantenimiento Programado de Acumuladores en la Planta Concentradora C1, se realiza el siguiente procedimiento.

1. Se realiza tareas de preparación (días antes del mantenimiento programado).
2. Mecánicos se trasladan a sala de lubricación con herramientas y materiales.
3. Mecánicos realizan el llenado de permisos y solicita la detención del molino.
4. Líder mecánico coordina con eléctrico y realiza el bloqueo del molino.
5. Se realiza el drenaje de la presión residual en los acumuladores y debe quedar en 0 bar para iniciar el trabajo.
6. Se realiza la desconexión de las tuberías de nitrógeno de la parte superior de los tres acumuladores.
7. Se realiza la desconexión de tuberías de aceite de la parte inferior y el desmontaje del acumulador en la posición 1 con el uso de tecla de 1 ton.
8. Se realiza la desconexión de tuberías de aceite de la parte inferior y el desmontaje del acumulador en la posición 2 con el uso de tecla de 1 ton.
9. Se realiza la desconexión de tuberías de aceite de la parte inferior y el desmontaje del acumulador en la posición 3 con el uso de tecla de 1 ton.
10. Se realiza el montaje del nuevo acumulador en la posición 3 con el uso de tecla de 1 ton y la conexión de tuberías de aceite de la parte inferior.
11. Se realiza el montaje del nuevo acumulador en la posición 2 con el uso de tecla de 1 ton y la conexión de tuberías de aceite de la parte inferior.
12. Se realiza el montaje del nuevo acumulador en la posición 1 con el uso de tecla de 1 ton y la conexión de tuberías de aceite de la parte inferior.
13. Se realiza la conexión de las tuberías de nitrógeno de la parte superior de los tres acumuladores.

14. Se debe realizar la precarga de los acumuladores con el uso del cargador de nitrógeno y usando 2 botellas de nitrógeno y cargando los acumuladores a una presión mínima de 50 bar.
15. Una vez alcanzada la presión de precarga de 50 bar en los 3 acumuladores se realiza la desconexión del cargador de nitrógeno.
16. Se realiza el desbloqueo del molino y se verifica que el molino tenga pase de arranque.
17. Se da pase de arranque al molino y se realiza orden y limpieza de la zona.

4.1.2.1. Diagrama de Operaciones del Proceso – DOP

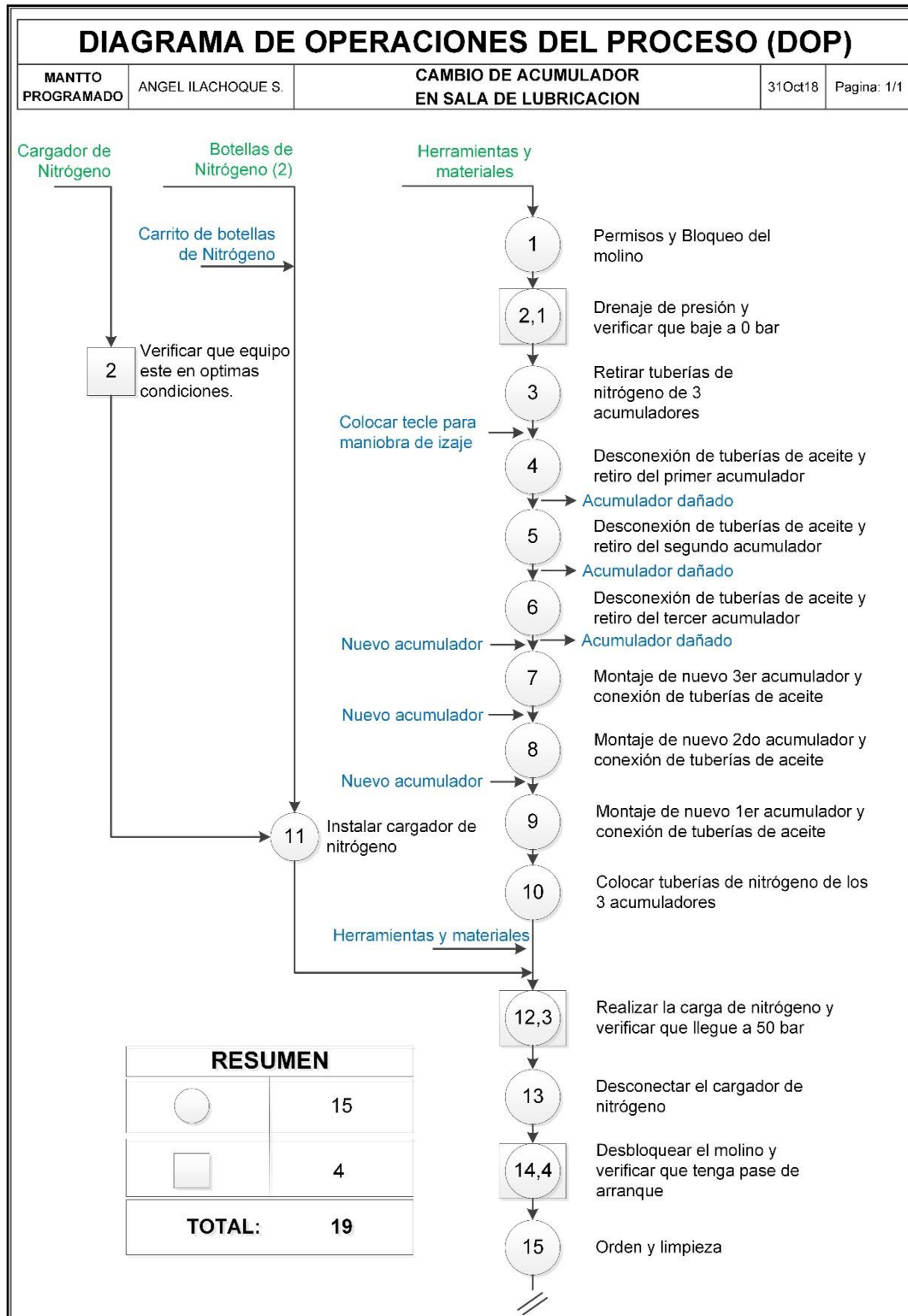


Figura 16: DOP - Cambio de acumuladores en un Mantto Programado (Sin propuesta)

Nota: Elaboración Propia

4.1.2.2. Diagrama de Actividades del Procesos – DAP

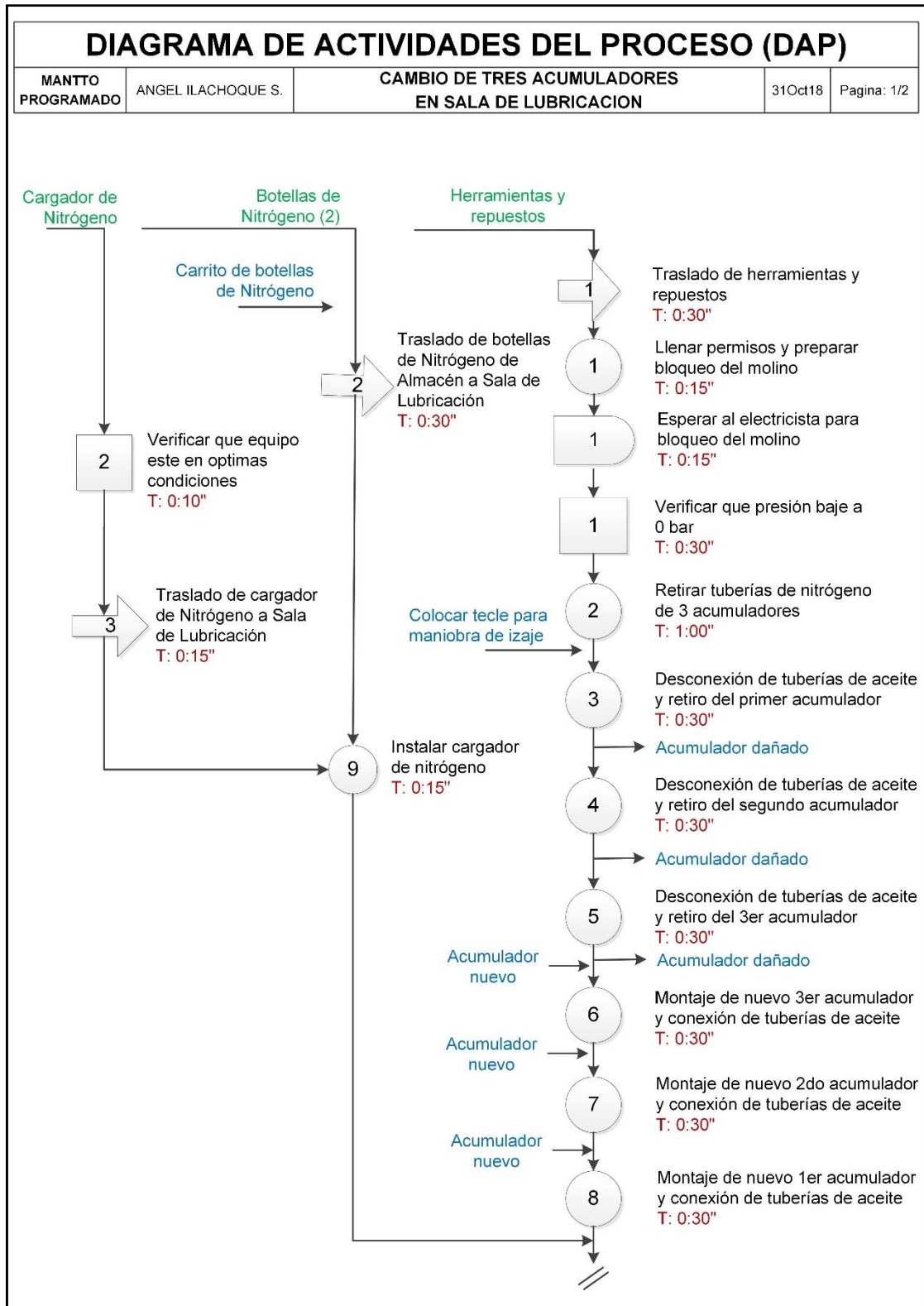


Figura 17: DAP - Cambio de acumuladores en un Mantto Programado (Sin propuesta). Hoja 1

Nota: Elaboración Propia

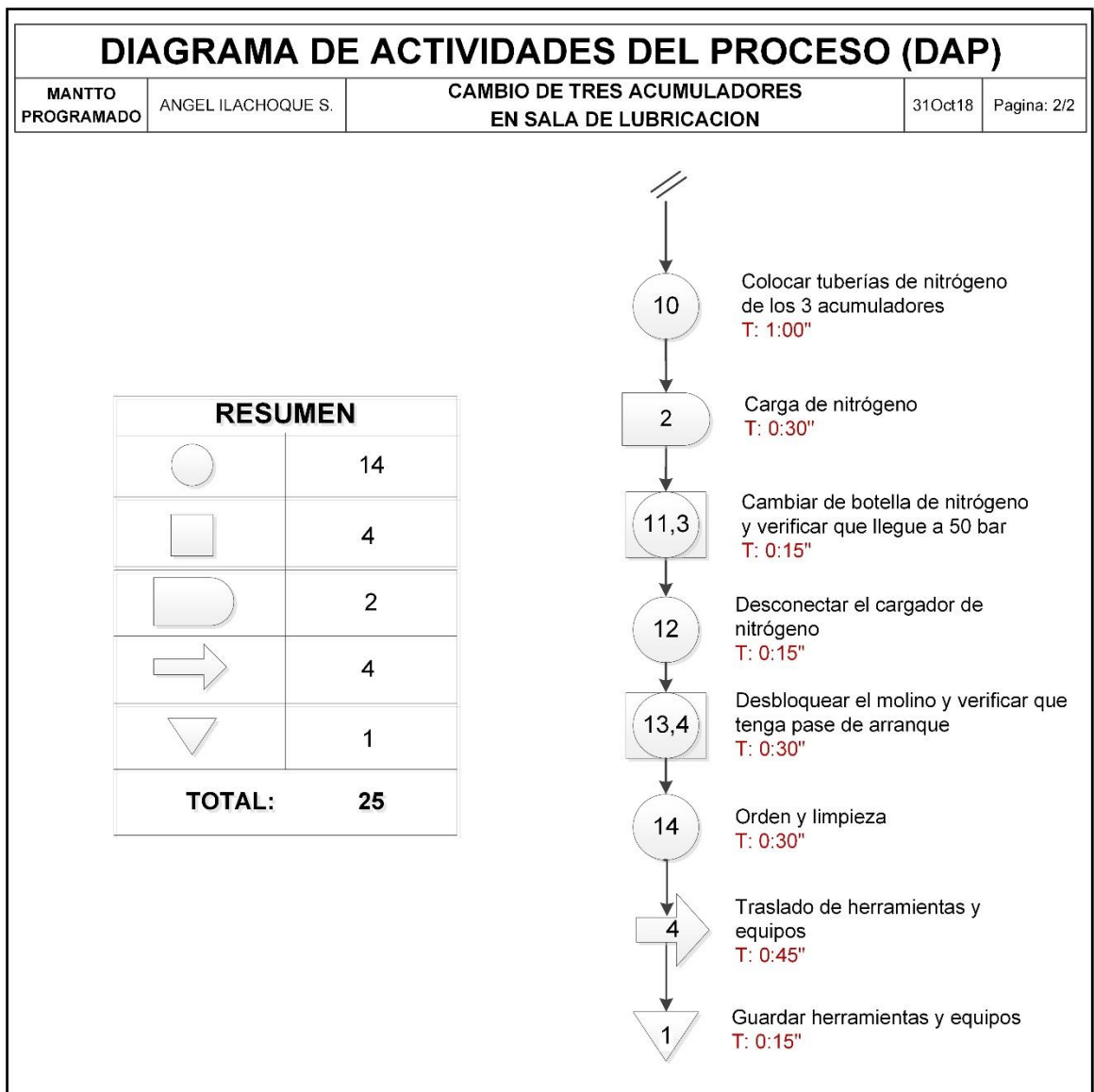


Figura 18: DAP - Cambio de acumuladores en un Mantto Programado (Sin propuesta). Hoja 2

Nota: Elaboración Propia

4.1.3. Simulación del entorno actual de Trabajo

Para tener una idea más concreta del entorno actual de trabajo y las condiciones que dan operatividad al Molino de Bolas se ha realizado una simulación con el software FluidSIM-H, para interactuar de forma simulada

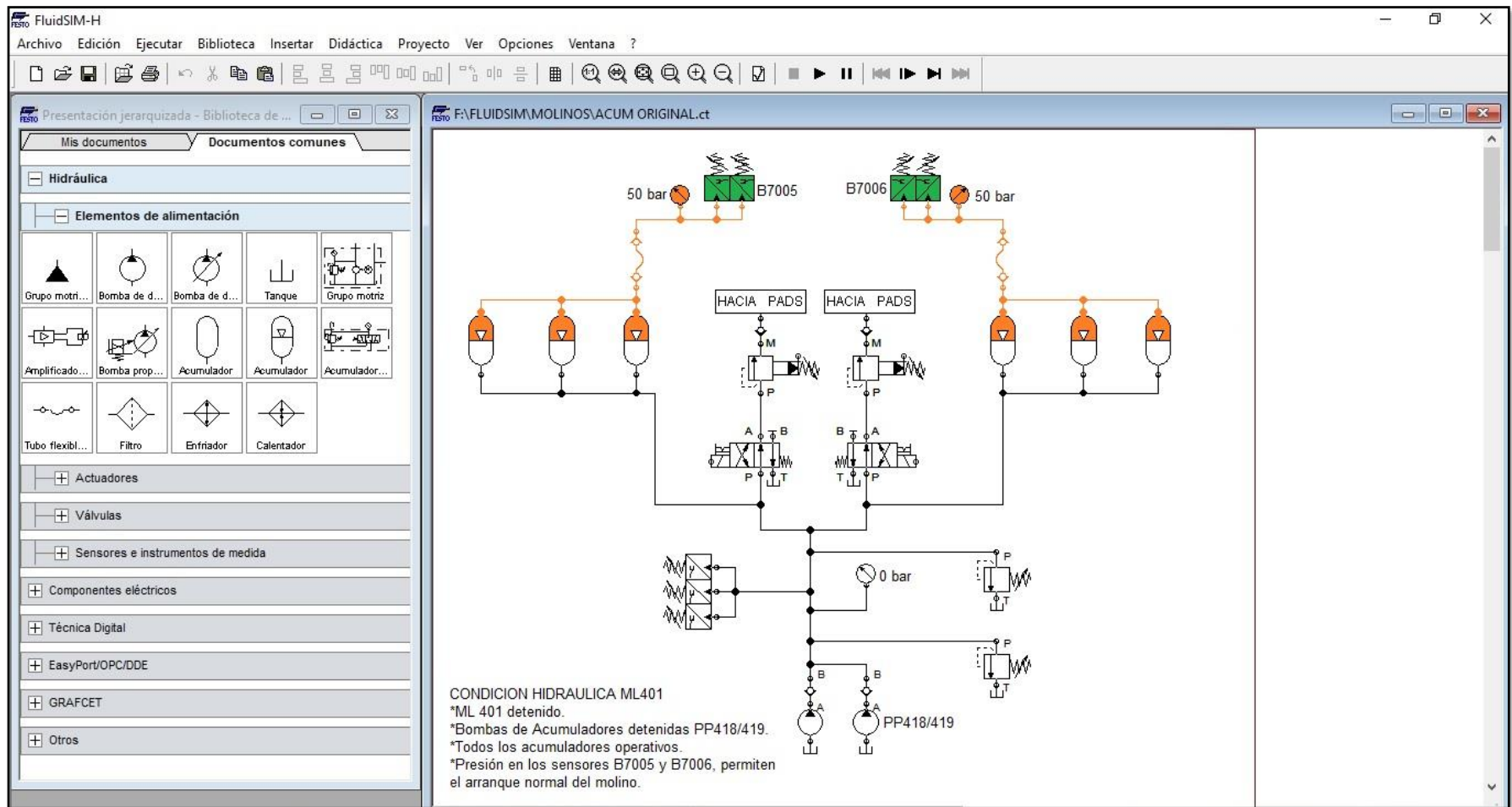


Figura 19: Molino detenido con acumuladores operativos tiene pase de arranque. (Situación ideal).

Nota: Elaboración propia.

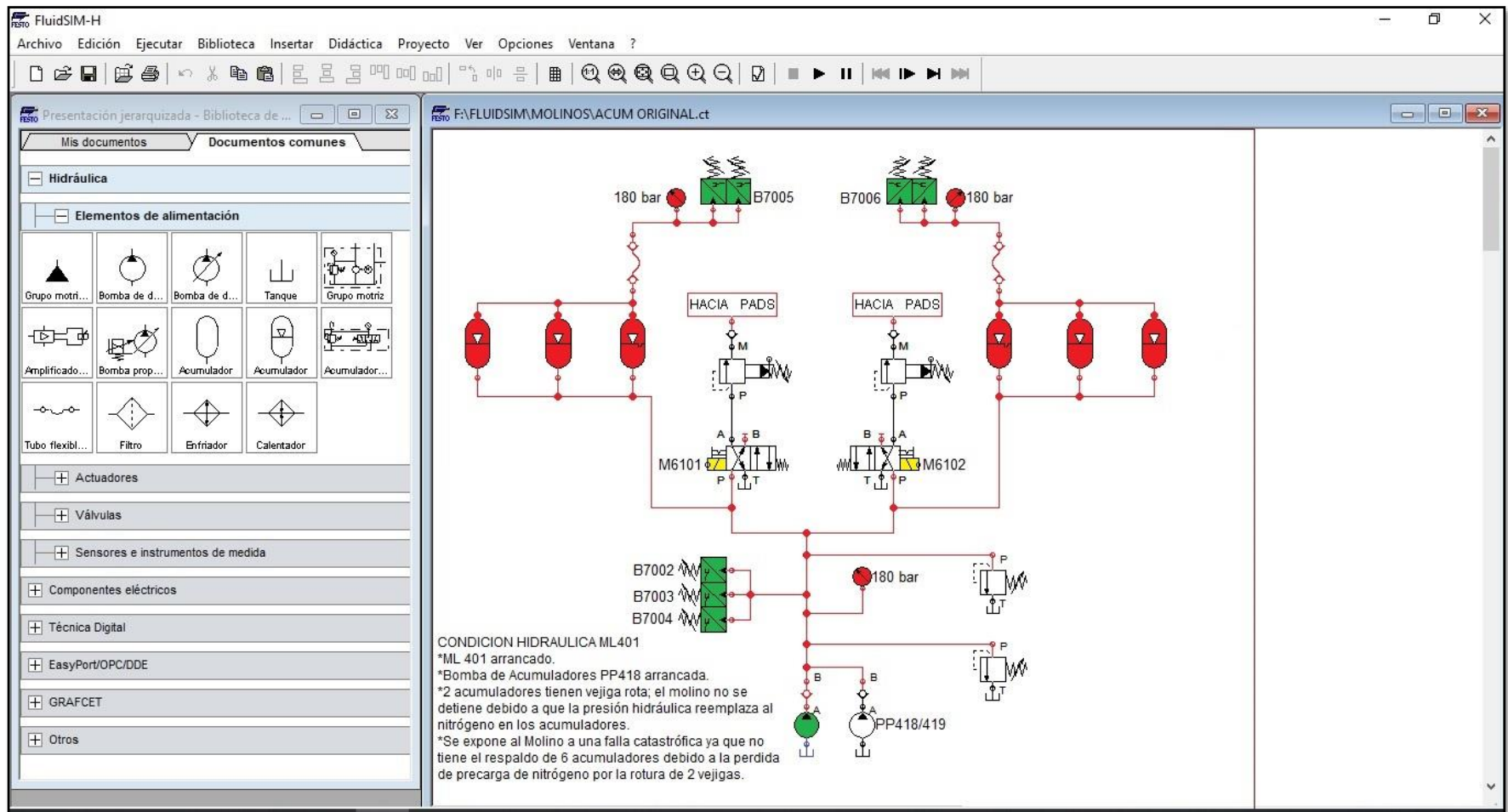


Figura 20: Molino en funcionamiento con 02 acumuladores que tienen las vejigas rotas (Exposición del Molino a una falla catastrófica.)

Nota: Elaboración propia.

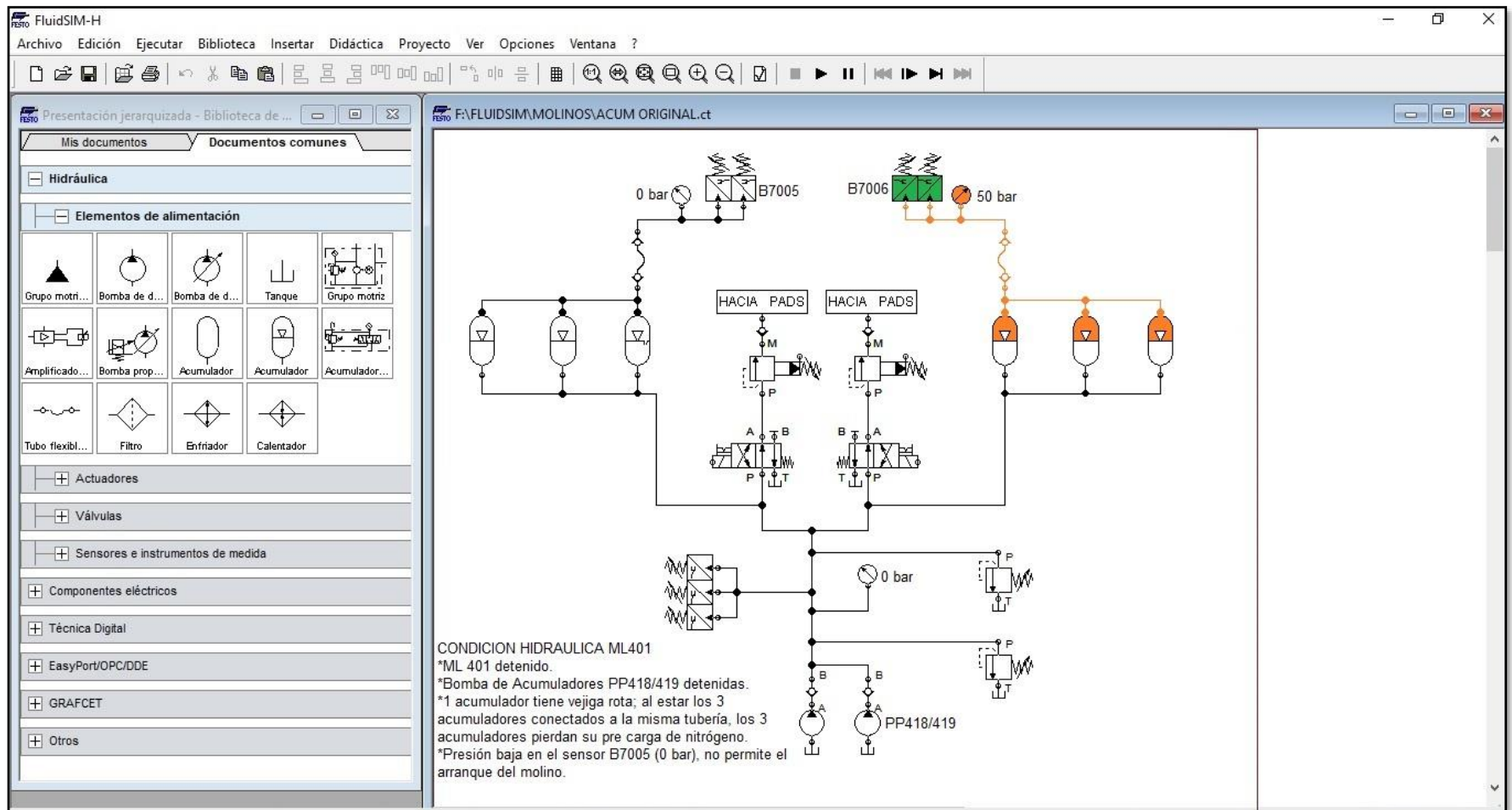


Figura 21: Molino detenido con 01 acumulador con vejiga rota. (Molino no tiene pase de arranque por baja presión).

Nota: Elaboración propia.

4.2. DESCRIPCION DEL DISEÑO PROPUESTO

El presente Trabajo de Investigación propone el Diseño de un Modelo de Independización de Acumuladores para el Sistema de Lubricación de los Molinos de Bolas en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa.

El objetivo de dicho diseño está enfocado en la necesidad de que el Molino de Bolas este operativo, por tal motivo se debe dar disponibilidad y confiabilidad al equipo, con el fin de evitar una parada imprevista del molino por falla de un componente hidráulico o instrumental (Mantenimiento no programado). Generalmente en las Paradas Programadas de Mantenimiento se realiza una inspección al funcionamiento óptimo de los acumuladores como parte del Mantenimiento Preventivo de Equipos.

4.2.1. Procedimiento propuesto del MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO de cambio de Acumuladores CON MODELO DE INDEPENDIZACIÓN

Cuando se realice el Mantenimiento no Programado de Acumuladores en la Planta Concentradora C1, se realizará el siguiente procedimiento con el Modelo de Independización de Acumuladores.

1. Mecánico u operador revisa el molino antes del arranque y advierte que hay un acumulador con baja presión (El arranque del molino puede continuar; solo basta comunicar al personal mecánico o supervisor mecánico)
2. Mecánico se acerca a sala de lubricación a revisar si la baja presión es verdadera o es falla de instrumento (parte instrumental).
3. Verificada que la baja presión es correcta el mecánico cierra la válvula de aguja de aislamiento del acumulador dañado y realiza el reporte del mismo a supervisión de mecánicos.
4. El arranque del molino continúa sin problemas, pues los otros 2 acumuladores continúan con su precarga de nitrógeno superior a 50 bar.
5. El acumulador que presenta falla se debe de programar para ser cambiado en la siguiente parada.

4.2.1.1. Diagrama de Operaciones del Proceso – DOP.

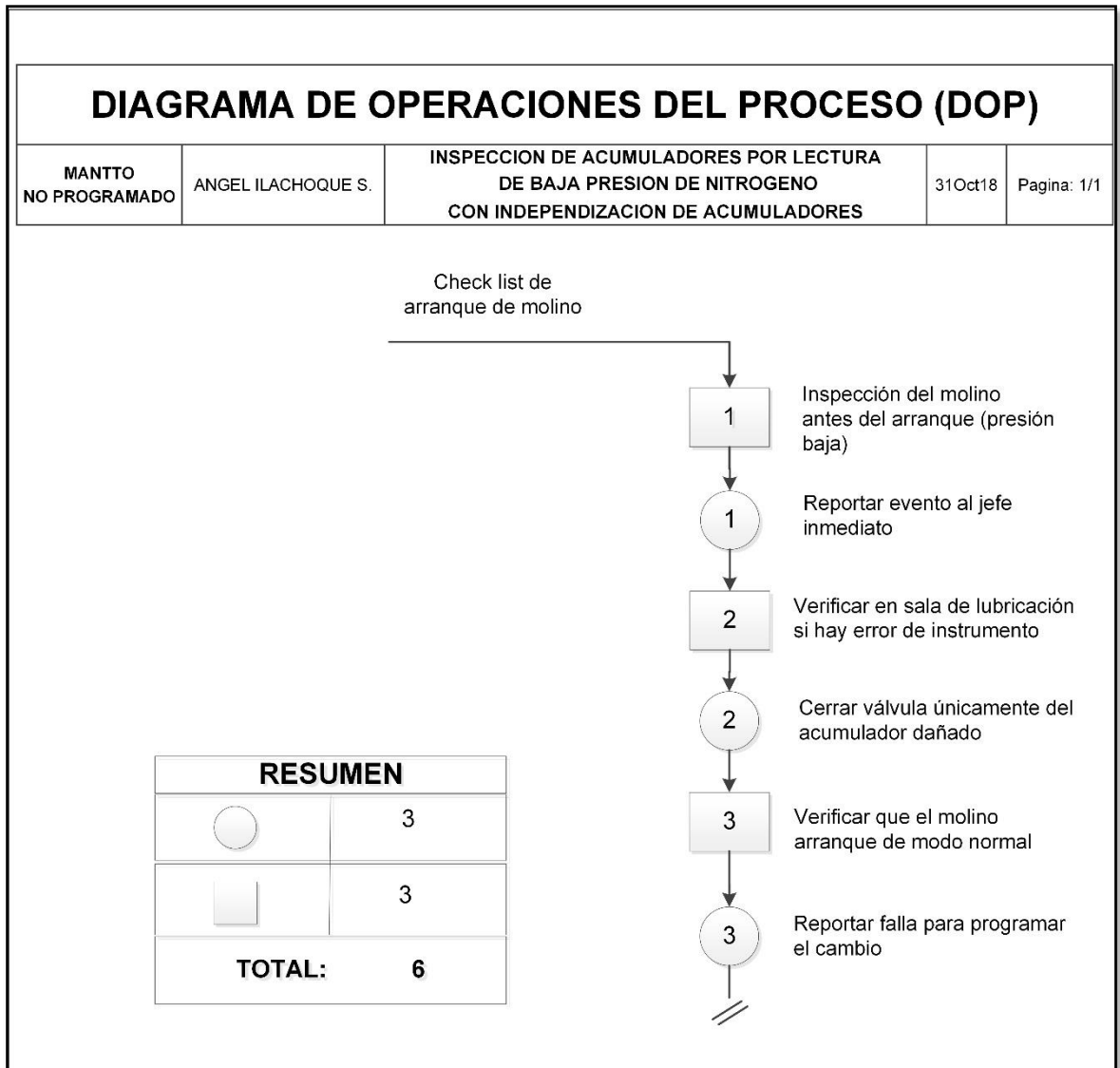


Figura 22: DOP - Cambio de acumuladores en un Mantto No Programado (Con propuesta).

Nota: Elaboración Propia

4.2.1.2. Diagrama de Actividades del Procesos – DAP

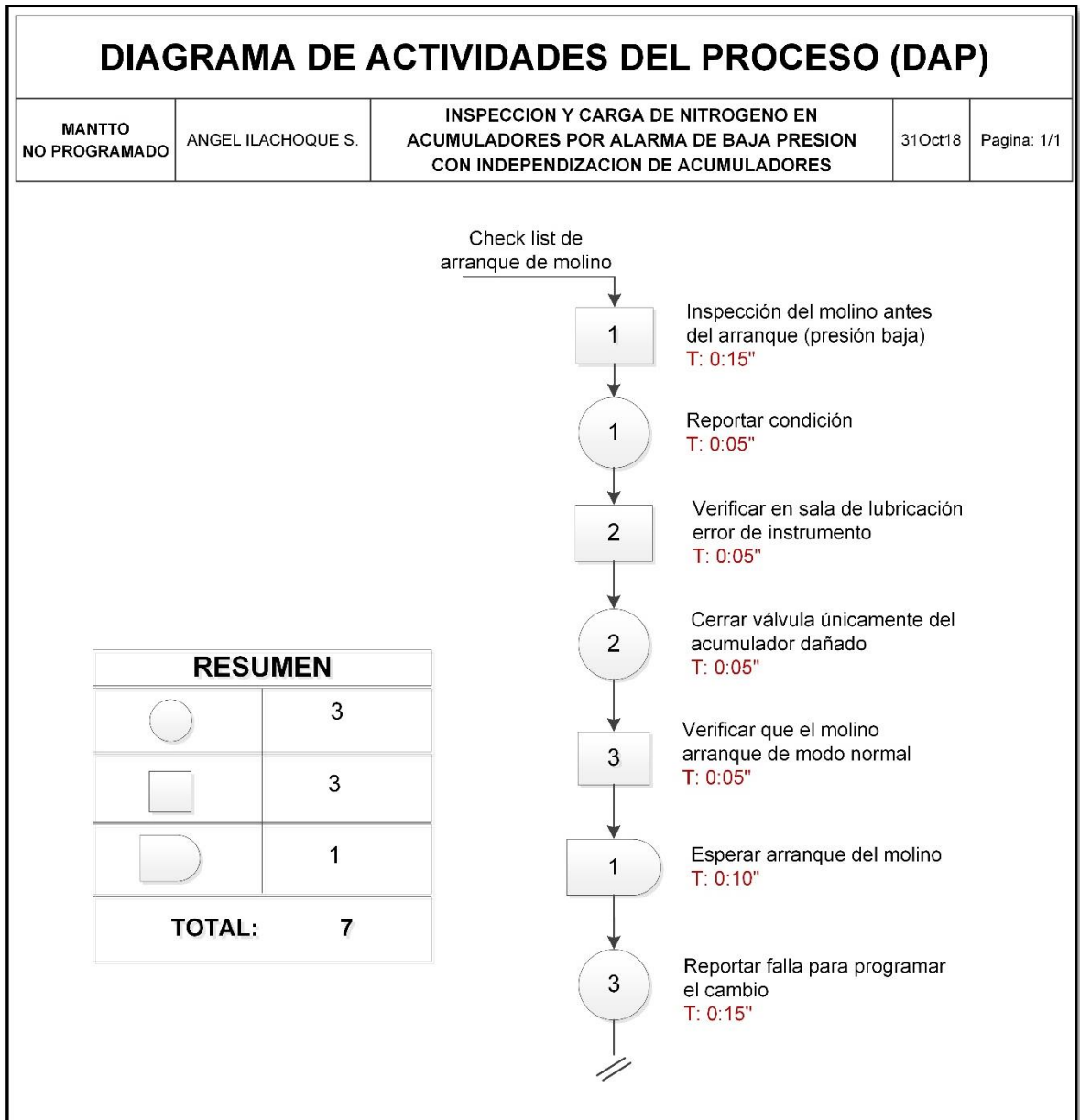


Figura 23: DAP - Cambio de acumuladores en un Mantto No Programado (Con propuesta).

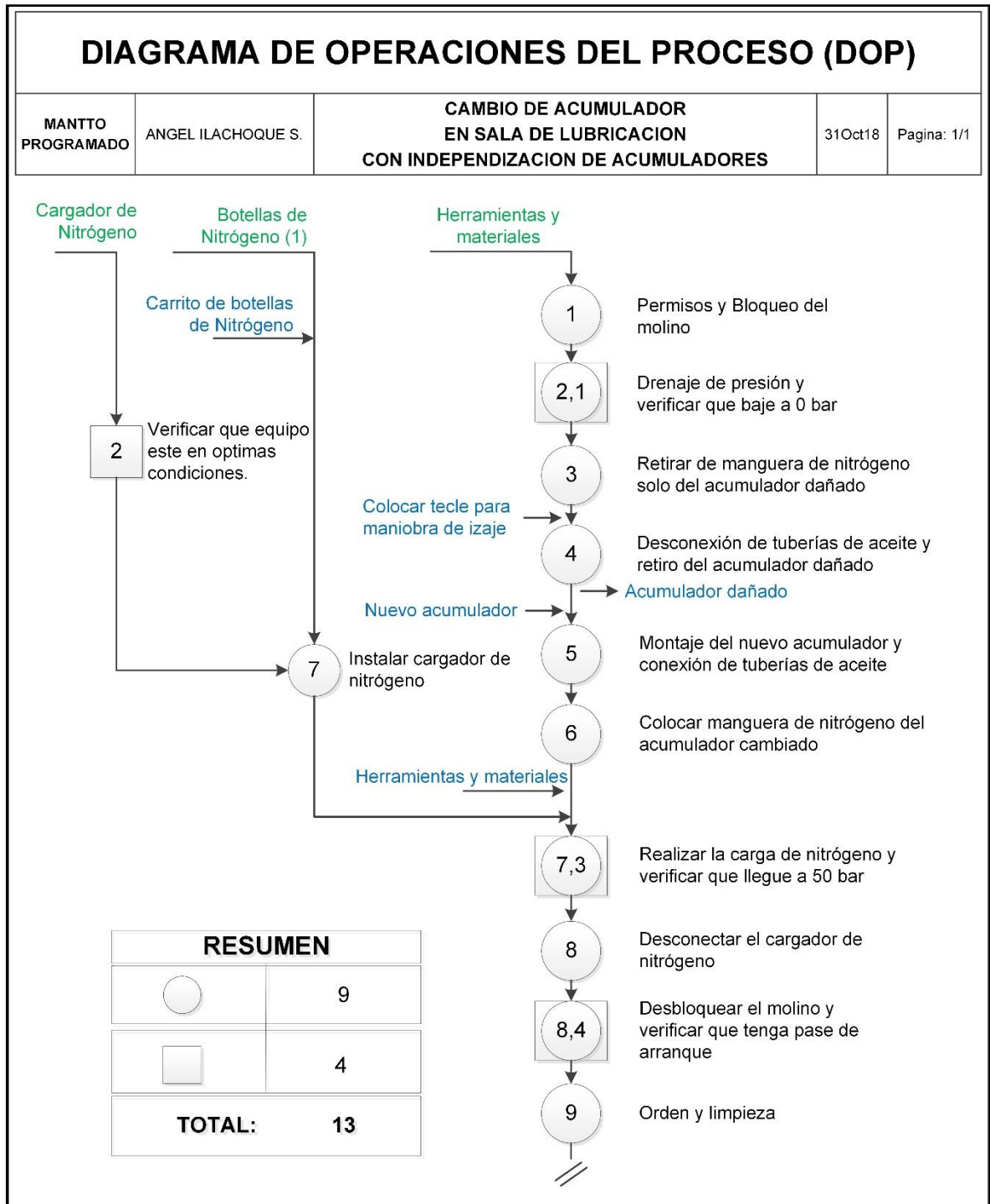
Nota: Elaboración Propia

4.2.2. Procedimiento propuesto del MANTENIMIENTO PROGRAMADO de cambio de Acumuladores CON MODELO DE INDEPENDIZACIÓN

Quando se realice el Mantenimiento Programado de Acumuladores en la Planta Concentradora C1, se realizará el siguiente procedimiento con el Modelo de Independización de Acumuladores.

1. Se realiza tareas de preparación (días antes del mantenimiento programado).
2. Mecánicos se trasladan a sala de lubricación con herramientas y materiales.
3. Mecánicos realizan el llenado de permisos y solicita la detención del molino.
4. Líder mecánico coordina con eléctrico y realiza el bloqueo del molino.
5. Se realiza el drenaje de la presión residual en los acumuladores y debe quedar en 0 bar para iniciar el trabajo.
6. Con la presión de aceite baja se identifica cuál de los tres acumuladores es el que presenta fuga o tiene rotura de vejiga (solo con la lectura de manómetros).
7. Se realiza la desconexión de la manguera de nitrógeno solo del acumulador dañado.
8. Se realiza la desconexión de tuberías de aceite de la parte inferior y el desmontaje del acumulador con falla en la posición identificada con el uso de tecla de 1 ton.
9. Se realiza el montaje del nuevo acumulador con el uso de tecla de 1 ton y la conexión de tuberías de aceite de la parte inferior.
10. Se realiza la conexión de la manguera de nitrógeno de la parte superior.
11. Se debe realizar la precarga del acumulador con el uso del cargador de nitrógeno y usando 1 botella de nitrógeno y cargando el acumulador a una presión mínima de 50 bar.
12. Una vez alcanzada la presión de precarga de 50 bar en el acumulador se realiza la desconexión del cargador de nitrógeno.
13. Se realiza el desbloqueo del molino y se verifica que el molino tenga pase de arranque.
14. Se da pase de arranque al molino y se realiza orden y limpieza de la zona.

4.2.2.1. Diagrama de Operaciones del Proceso – DOP



4.2.2.2. Diagrama de Actividades del Procesos – DAP

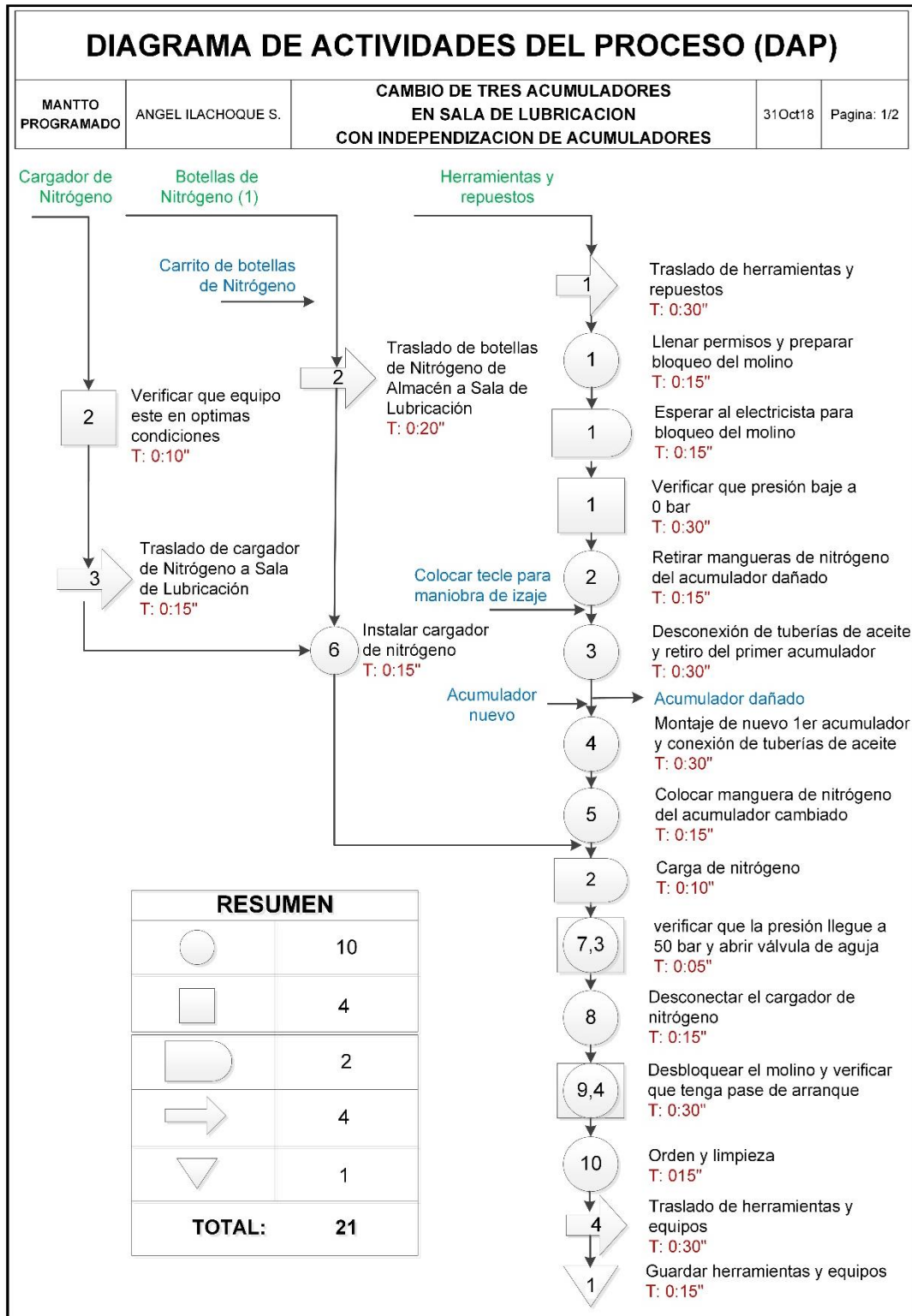


Figura 25: DAP - Cambio de acumuladores en un Mantto Programado (Con propuesta).

Nota: Elaboración Propia

4.2.3. Simulación del Entorno del Diseño Propuesto

Para poder realizar una simulación del comportamiento del Modelo propuesto se trabajó con el software FluidSIM-H, el cual nos permitió poder interactuar de forma simulada si el Modelo Propuesto se comportará de acuerdo a lo planteado.

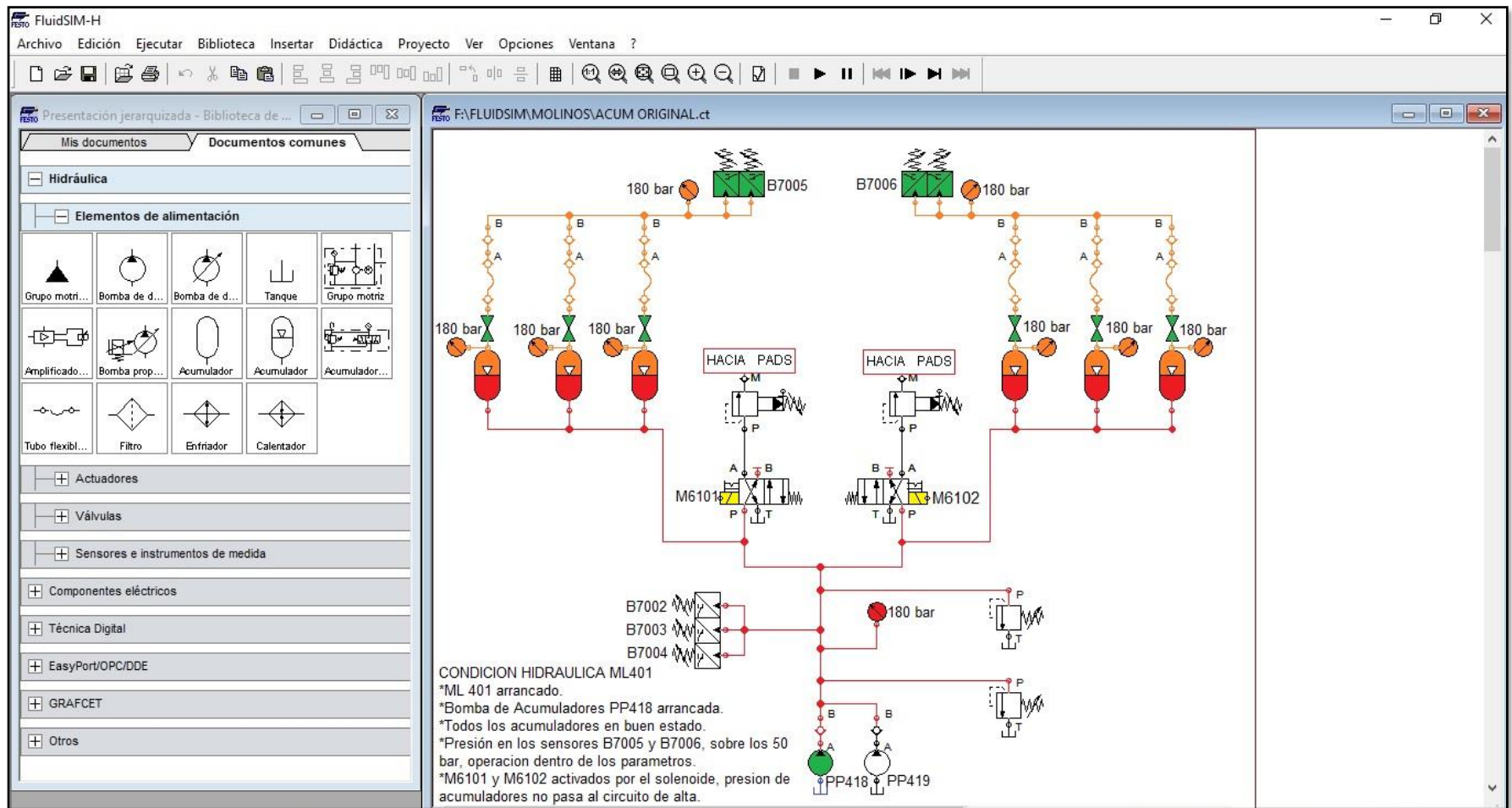


Figura 26: Molino en funcionamiento con acumuladores operativos tiene pase de arranque. (Situación ideal).

Nota: Elaboración propia.

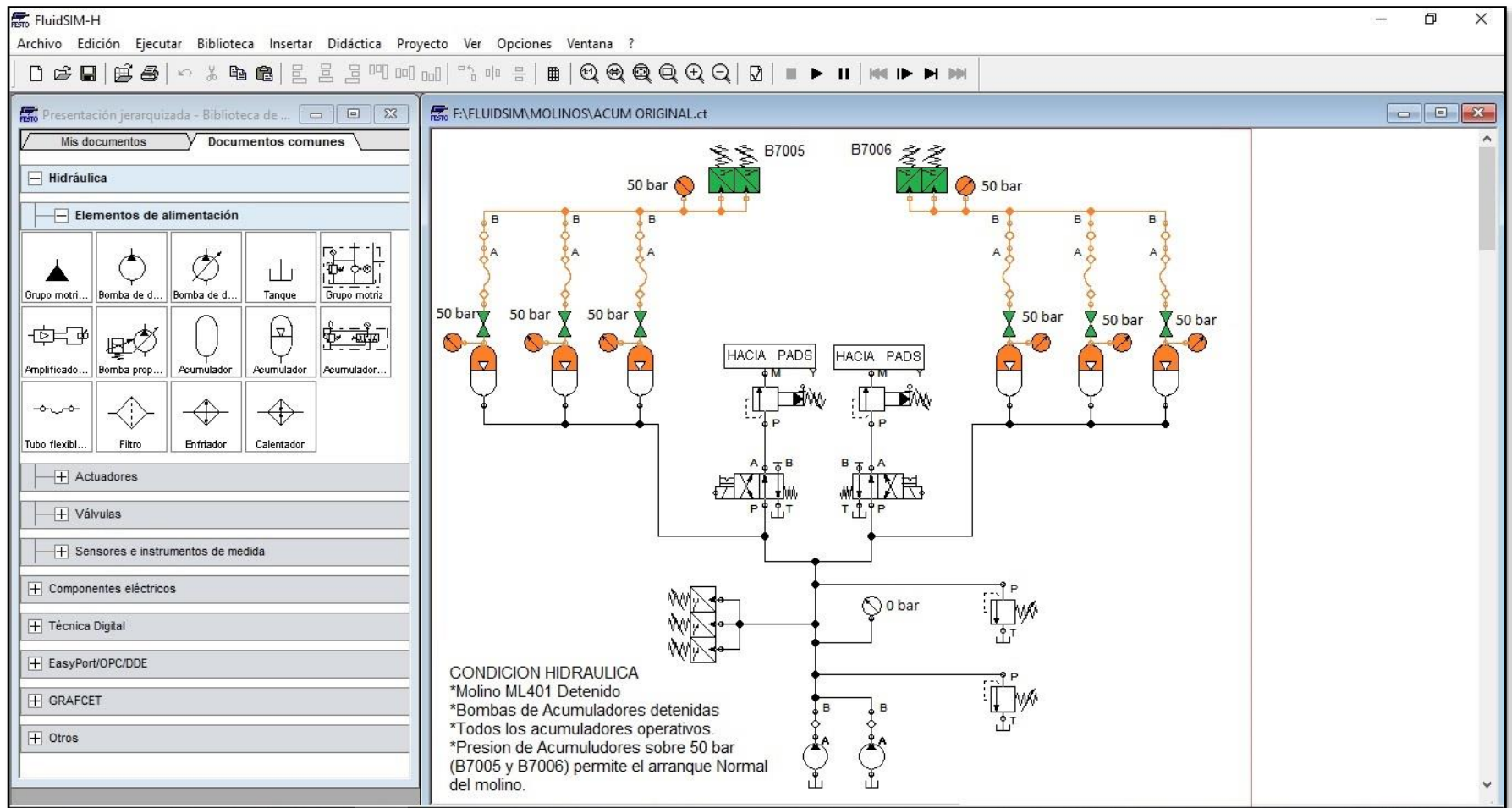


Figura 27: Molino detenido con acumuladores operativos. (Molino tiene pase de arranque).

Nota: Elaboración propia.

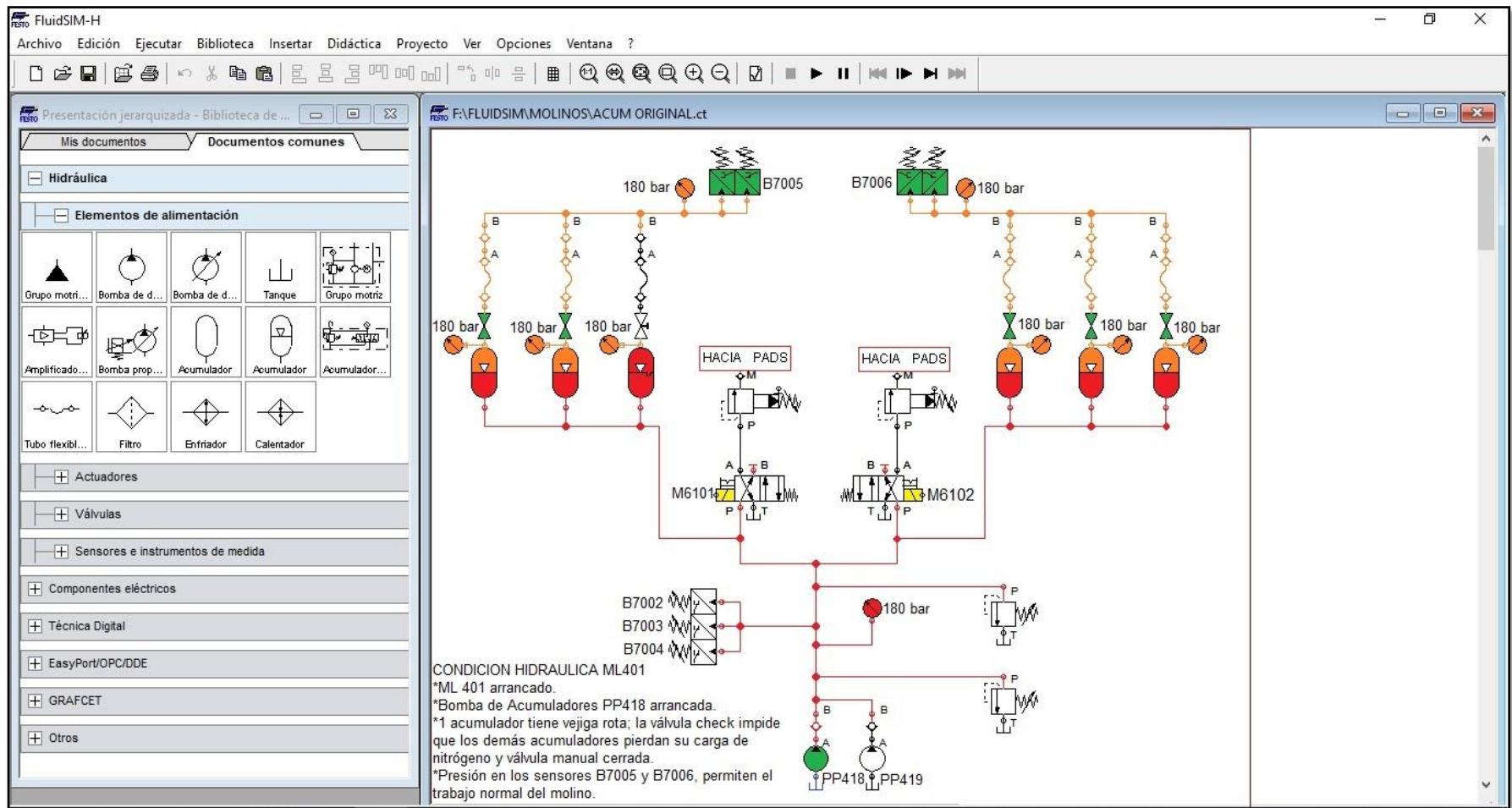


Figura 28: Molino en funcionamiento con 01 acumulador con vejiga rota. (Molino trabaja en condiciones óptimas).

Nota: Elaboración propia.

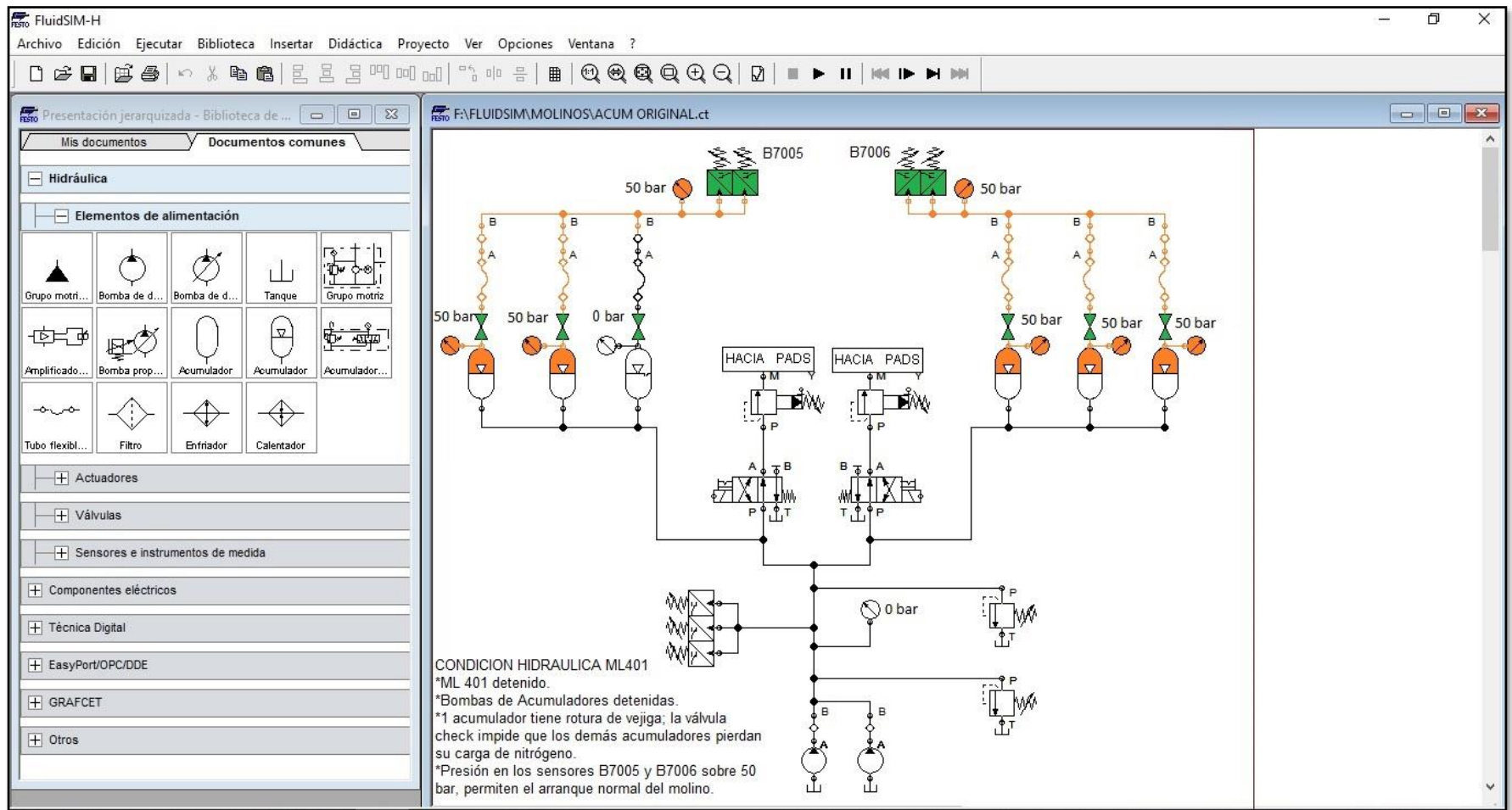


Figura 29: Molino detenido con 01 acumulador con vejiga rota. (Molino tiene pase de arranque)

Nota: Elaboración propia.

4.2.4. Motivos para el nuevo diseño

- Este diseño está enfocado en la necesidad de que el Molino de Bolas este operativo, por tal motivo se debe dar disponibilidad y confiabilidad al equipo, con el fin de evitar una parada imprevista del Molino por falla de un componente hidráulico o instrumental (Mantenimiento no programado) y/o evitar una falla catastrófica que termine dañando al Molino.
- Con este nuevo diseño del modelo de independización de acumuladores se podrá identificar con exactitud la rotura en un acumulador específico, lo cual evitara que se realice el desmontaje de toda la configuración en serie, puesto que los manómetros instalados en cada acumulador permitirá identificar que acumulador presente problemas, sin que esto altere el funcionamiento de todo el sistema,
- Con este nuevo diseño del modelo de independización de acumuladores evitará la exposición del personal a altas presiones hidráulicas y neumáticas, dado que se sabrá exactamente que elemento presenta problemas técnicos y se tomara las medidas correctivas inmediatas para su puesta en marcha, por lo cual el personal actuara de acuerdo a los procedimientos internos de trabajo con el fin de salvaguardar su integridad.
- De acuerdo con el DAP podemos indicar dos escenarios:

a. Mantenimiento No Programado

1. Sin modelo

Si hubiese algún problema en los acumuladores la precarga de nitrógeno en 3 acumuladores en total puede demorar entre 1.5 h a 2,75 h lo cual se traduce en perdida de producción

2. Con Modelo

No se realiza la precarga de nitrógeno en ningún acumulador y no hay pérdida de producción.

b. Mantenimiento Programado

1. Sin Modelo

El mantenimiento programado de 3 acumuladores nitrógeno dura 8.5 h lo cual se traduce costos para el área de mantenimiento y perdidas de materiales puesto que no se sabe cuál de los 3 acumuladores es el que está dañando

2. Con Modelo

El mantenimiento programado de 1 acumulador de nitrógeno demora 4.5 h lo cual se traduce en menor tiempo de mantenimiento y menos perdidas de materiales puesto que solo se cambia el acumulador que está dañando

4.2.5. Diagrama causa efecto

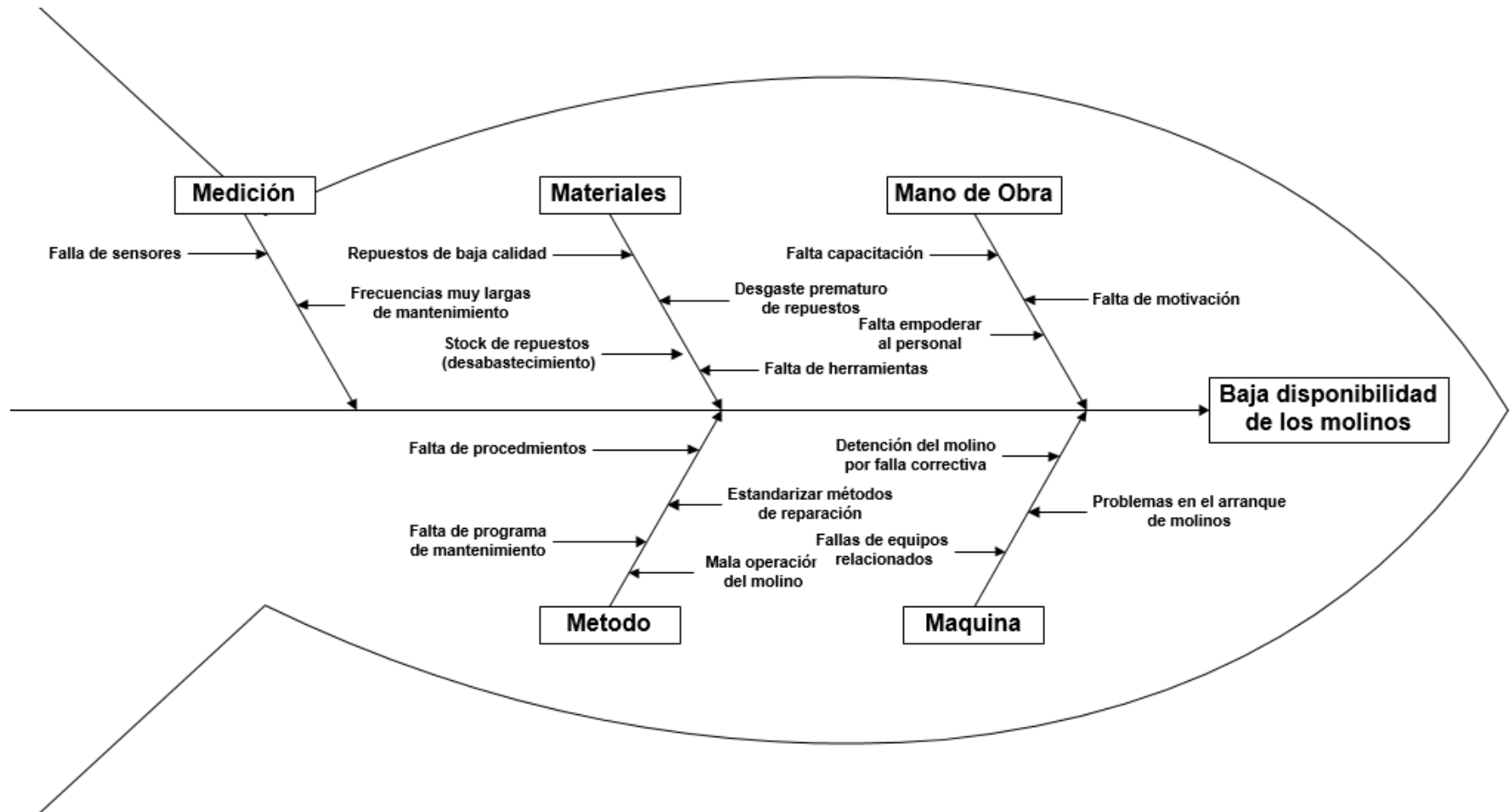


Figura 30: Diagrama Causa - Efecto

Nota: Elaboración propia.

4.2.5.1. Medición

- Falla de sensores
- Frecuencia muy larga de mantenimiento

4.2.5.2. Materiales

- Repuestos de baja calidad
- Stock de repuestos (desabastecimiento)
- Desgaste prematuro de repuestos
- Falta de herramientas

4.2.5.3. Mano de obra

- Falta de capacitación
- Falta de motivación
- Falta de empoderamiento del personal

4.2.5.4. Método

- Falta de programa de mantenimiento
- Falta de procedimientos
- Estandarizar métodos de reparación
- Mala operación del molino.

4.2.5.5. Maquina.

- Fallas de equipos relacionados
- Detención del molino por falla correctiva
- Problemas en el arranque de molinos

4.3. REQUERIMIENTOS DEL NUEVO DISEÑO

4.3.1. Requerimiento de Personal

Tabla 4

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.
1	Mecanico	HH	8.0
2	Operador	HH	8.0
3	Ayudante	HH	8.0

Requerimiento de Personal

Nota: Elaboración propia.

4.3.2. Requerimiento de Equipos de Protección Personal

Tabla 5

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.
1	Casco	Unid.	3.0
2	Lentes de seguridad	Unid.	3.0
3	Tapones auditivos	Unid.	3.0
4	Respirador de Polvo (descartable)	Unid.	3.0
5	Guantes de cuero	Pares	3.0
6	Guantes de latex (descartable)	Pared	9.0
7	Mameluco de tela	Unid.	3.0
8	Mameluco Tyvek (descartable)	Unid.	3.0
9	Zapatos de seguridad	Pares	3.0

Requerimiento de EPPs

Nota: Elaboración propia.

4.3.3. Requerimiento de Herramientas

Tabla 6

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.
1	Tecla de 1 Ton	Unid.	1.0
2	Eslingas de 1m	Unid.	2.0
3	Grilletes de 1/2"	Unid.	2.0
4	Cargador de Nitrogeno	Unid.	1.0
5	Llave mixta de 3/4"	Unid.	2.0
6	Llave mixta de 11/16"	Unid.	2.0
7	Llave mixta de 5/8"	Unid.	2.0
8	Llave francesa de 12"	Unid.	2.0
9	Llave francesa de 24"	Unid.	1.0
10	Llave Stilson de 12"	Unid.	1.0

Requerimiento de herramientas

Nota: Elaboración propia.

4.3.4. Requerimiento de Repuestos

Tabla 7

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA
1	Válvula Check M-M 12L PRECH 1BAR	pza.
2	Válvula Aguja H-H 1/4" NPT DE 300 BAR	pza.
3	Adaptador M-M DE 1/4"NPT A 1/4" BSP	pza.
4	Punto de testeo MINIMESS 1/4" NPT	pza.
5	Adaptador H MINIMESS A H 1/4" NPT	pza.
6	Adaptador BUSHING DE 12" BSP A 1/4" NPT	pza.
7	Manguera de Testeo MINIMESS DE 1/4" H-H 600 BAR	pza.
8	Manometro de 1/4" NPT DIAL 2 1/2" DE 400 BAR	pza.
9	Conector TEE H-H-M 12L	pza.
10	Adaptador 12L H A 1/4 NPT H	pza.

Requerimiento de Repuestos

Nota: Elaboración propia.

4.3.5. Requerimiento de Materiales e Insumos

Tabla 8

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA
1	Sellador hidraulico	Unid.
2	Penetrating oil en aerosol (limpieza)	Unid.
3	Paños absorbentes	Unid.
4	Trapo industrial	kg.
5	Baldes de 5 Gal	Unid.

Requerimiento de Materiales e Insumos

Nota: Elaboración propia.

4.4. INVERSIÓN DEL PROYECTO

4.4.1. Inversión en Activos Fijos Tangibles

4.4.1.1. Recursos Humanos (Mano de obra)

Tabla 9

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Mecanico	HH	8.0	S/. 18.75	S/. 150.00
2	Operador	HH	8.0	S/. 14.58	S/. 78.00
3	Ayudante	HH	8.0	S/. 11.67	S/. 24.00
TOTAL :					S/. 252.00

Inversión Mano de obra

Nota: Elaboración propia.

4.4.1.2. Equipos de Protección Personal

Tabla 10

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Casco	Unid.	3.0	S/. 29.90	S/. 89.70
2	Lentes de seguridad	Unid.	3.0	S/. 7.90	S/. 23.70
3	Tapones auditivos	Unid.	3.0	S/. 2.80	S/. 8.40
4	Respirador de Polvo (descartable)	Unid.	3.0	S/. 9.50	S/. 28.50
5	Guantes de cuero	Pares	3.0	S/. 14.90	S/. 44.70
6	Guantes de latex (descartable)	Pared	9.0	S/. 4.90	S/. 44.10
7	Mameluco de tela	Unid.	3.0	S/. 29.90	S/. 89.70
8	Mameluco Tyvek (descartable)	Unid.	3.0	S/. 32.00	S/. 96.00
9	Zapatos de seguridad	Pares	3.0	S/. 99.90	S/. 299.70
				TOTAL :	S/. 724.50

Inversión Equipos de Protección Personal

Nota: Elaboración propia.

4.4.1.3. Herramientas

Tabla 11

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Teclé de 1 Ton	Unid.	1.0	S/. 246.00	S/. 246.00
2	Eslingas de 1m	Unid.	2.0	S/. 94.90	S/. 189.80
3	Grilletes de 1/2"	Unid.	2.0	S/. 278.00	S/. 556.00
4	Cargador de Nitrogeno	Unid.	1.0	S/. 180.00	S/. 180.00
5	Llave mixta de 3/4"	Unid.	2.0	S/. 13.90	S/. 27.80
6	Llave mixta de 11/16"	Unid.	2.0	S/. 12.29	S/. 24.58
7	Llave mixta de 5/8"	Unid.	2.0	S/. 11.00	S/. 22.00
8	Llave francesa de 12"	Unid.	2.0	S/. 44.90	S/. 89.80
9	Llave francesa de 24"	Unid.	1.0	S/. 234.00	S/. 234.00
10	Llave Stilson de 12"	Unid.	1.0	S/. 46.00	S/. 46.00
				TOTAL :	S/. 1,615.98

Inversión Herramientas

Nota: Elaboración propia.

4.4.1.4. Repuestos

Tabla 12

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT. US\$	IMPORTE US\$
1	Válvula Check M-M 12L PRECH 1BAR	pza.	12.0	US\$ 18.00	US\$ 216.00
2	Válvula Aguja H-H 1/4" NPT DE 300 BAR	pza.	12.0	US\$ 13.00	US\$ 156.00
3	Adaptador M-M DE 1/4"NPT A 1/4" BSP	pza.	12.0	US\$ 4.00	US\$ 48.00
4	Punto de testeo MINIMESS 1/4" NPT	pza.	38.0	US\$ 6.23	US\$ 236.74
5	Adaptador H MINIMESS A H 1/4" NPT	pza.	12.0	US\$ 5.50	US\$ 66.00
6	Adaptador BUSHING DE 12" BSP A 1/4" NPT	pza.	12.0	US\$ 4.25	US\$ 51.00
7	Manguera de Testeo MINIMESS DE 1/4" H-H 600 BAR	pza.	12.0	US\$ 8.00	US\$ 96.00
8	Manometro de 1/4" NPT DIAL 2 1/2" DE 400 BAR	pza.	12.0	US\$ 12.00	US\$ 144.00
9	Conector TEE H-H-M 12L	pza.	12.0	US\$ 11.00	US\$ 132.00
10	Adaptador 12L H A 1/4 NPT H	pza.	8.0	US\$ 4.25	US\$ 34.00
SUBTOTAL US\$:					US\$1,179.74
IGV (18%) :					US\$ 212.35
TOTAL US\$:					US\$1,392.09
TOTAL EN SOLES (T. Cambio 3.34) :					S/. 4,649.59

Inversión de Repuestos

Nota: Elaboración propia.

4.4.1.5. Materiales e insumos

Tabla 13

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Sellador hidraulico	Unid.	2.0	S/. 79.90	S/. 159.80
2	Penetrating oil en aerosol (limpieza)	Unid.	2.0	S/. 19.50	S/. 39.00
3	Paños absorbentes	Unid.	18.0	S/. 2.10	S/. 37.80
4	Trapo industrial	kg.	1.0	S/. 3.30	S/. 3.30
5	Baldes de 5 Gal	Unid.	2.0	S/. 4.80	S/. 9.60
TOTAL :					S/. 249.50

Inversión Material e insumos

Nota: Elaboración propia.

4.4.1.6. Resumen de Inversión en Activos Fijos Tangibles.

Tabla 14

DESCRIPCIÓN	TOTAL
Mano de obra	S/. 252.00
Equipo de Protección Personal	S/. 724.50
Herramientas	S/. 1,615.98
Repuestos	S/. 4,649.59
Materiales e insumos	S/. 249.50
TOTAL INVERSION ACTIVOS FIJOS TANGIBLES :	S/. 7,491.57

Resumen de Inversión Activos Fijos Tangibles

Nota: Elaboración propia.

4.4.2. Inversión en Activos Fijos Intangibles

4.4.2.1. Capacitación

Tabla 15

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Capacitación	Serv.	1.0	S/. 2,500.00	S/. 2,500.00
TOTAL :					S/. 2,500.00

Inversión en Capacitación

Nota: Elaboración propia.

4.4.2.2. Adiestramiento

Tabla 16

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Adiestramiento	Serv.	1.0	S/. 3,100.00	S/. 3,100.00
TOTAL :					S/. 3,100.00

Inversión en Adiestramiento

Nota: Elaboración propia.

4.4.2.3. Documentos de Gestión

Tabla 17

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Elaboracion de Procedimiento Estandar de trabajo (PET's)	Serv.	1.0	S/. 1,400.00	S/. 1,400.00
TOTAL :					S/. 1,400.00

Inversión en elaboración de Documentos de Gestión

Nota: Elaboración propia.

4.4.2.4. Resumen de Inversión en Activos Fijos Intangibles.

Tabla 18

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD MEDIDA	CANT.	P. UNIT.	IMPORTE
1	Capacitacion	Serv.	1.0	S/. 2,500.00	S/. 2,500.00
2	Adiestramiento	Serv.	1.0	S/. 3,100.00	S/. 3,100.00
3	Elaboracion de Procedimiento Estandar de trabajo (PET's)	Serv.	1.0	S/. 1,400.00	S/. 1,400.00
TOTAL :					S/. 7,000.00

Resumen de Inversión Activos Fijos Intangibles

Nota: Elaboración propia.

4.4.3. Inversión Total

Tabla 19

ITEM	DESCRIPCION	IMPORTE
1	Activos Fijos Tangibles	S/. 7,491.57
2	Activos Fijos Intangibles	S/. 7,000.00
TOTAL :		S/. 14,491.57

Inversión Total (Activos Fijos Tangibles e Intangibles)

Nota: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

El presente Trabajo de Investigación plantea una propuesta simple y fácil de implementar al problema recurrente en el proceso de arranque de los molinos de bolas, el cual es la “*Alarma de baja presión de nitrógeno en los acumuladores*”; es por medio de este estudio que se llega a importantes conclusiones las cuales la enfocaremos en base a la respuesta de la hipótesis y la consecución de los objetivo general y de los objetivos específicos del presente trabajo de investigación.

- **Primera Conclusión:** es que SI se puede hacer y simular el Diseño de un modelo de independización de los acumuladores, usando el programa FluidSIM-H versión 4.3 el único en el cual se puede variar la aplicación de presión en el acumulador hidráulico y también el software brinda información importante sobre los elementos necesarios para la implementación real.
- **Segunda Conclusión:** se menciona el alcance de objetivos específicos aplicando el “Diseño del Modelo de Independización de Acumuladores”, los cuales los detallamos a continuación:
 - Se Incrementa la disponibilidad y confiabilidad de los molinos de bolas ya que los problemas de arranque a causa de la Alarma de baja presión de nitrógeno en los acumuladores es eliminada.
 - Es factible Instalar puertos de medición de presión en los acumuladores para identificar falla o rotura en un acumulador específico; es así que con manómetros instalados en cada acumulador y una simple lectura de presión podemos saber

cuál acumulador falla y de ese modo solo cambiar el acumulador dañado o con vejiga rota.

- Se reduce la exposición del personal a altas presiones hidráulicas y neumáticas con la independización de acumuladores, debido a que los trabajos correctivos de carga de nitrógeno se eliminan y solo quedarían los trabajos programados para cambio tal como se aprecia en el diagrama DAP en el anexo 6 y anexo 7.

- **Tercera Conclusión:** el “Modelo de Independización de Acumuladores” es viable y factible, puesto que todos los materiales están disponibles en el mercado, el precio de los repuestos (S/. **4,649.59**) es muy accesible para la minera y además se tiene la mano de obra calificada. En caso que “Modelo de Independización de Acumuladores” se requiera implementarlo a futuro tendrá una inversión que asciende a s/.14,491.57 que incluye: Mano de obra, Equipos de Protección Personal, Herramientas, Repuestos, Materiales e Insumos.

RECOMENDACIONES

1. El Trabajo de Investigación está basado en los problemas de arranque de los Molinos de Bolas instalados en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde - Arequipa; por lo cual se recomienda su implementación a manera de prueba piloto en el Molino 4 (ML401); debido a que este equipo es el que tiene más registro de fallas en la pista de lubricación, lo cual se evidencia a través de la alarma de baja presión de nitrógeno en acumulador.
2. Los Molinos de Bolas instalados en la Planta Concentradora C1 y C2 de Sociedad Minera Cerro Verde - Arequipa son de la marca POLYSIUS modelo FE 24X36; se recomienda la aplicación del "Modelo de Independización de Acumuladores", a toda empresa minera que tenga este tipo de molino e incluso se haría extensivo a otras marcas de molino que tengan sistema de respaldo de acumuladores con precarga de nitrógeno en sus salas de lubricación.
3. Se sugiere la utilización del software de simulación FluidSIM-H versión 4.3 para el análisis de fallas hidráulicas y para plantear modificaciones en salas de lubricación de molinos, tal como se realizó en el presente trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andina, Agencia. “Aporte De Minera Cerro Verde Equivale Al 2.3% Del PBI Del Perú.” Noticias | Agencia Peruana De Noticias Andina, andina.pe/agencia/noticia-aporte-minera-cerro-verde-equivale-al-23-del-pbi-del-peru-725071.aspx.
Disponible en:
<https://andina.pe/agencia/noticia-aporte-minera-cerro-verde-equivale-al-23-del-pbi-del-peru-725071.aspx>
- BARUSSO, J. Manual de confiabilidad, mantenabilidad e disponibilidad. Qualitymark, 2001.
- “Clase 6 Cálculo y *Diseño* De Sección Molienda.” Scribd, Scribd, es.scribd.com/presentation/238051881/Clase-6-Calculo-y-Diseno-de-Seccion-Molienda.
Disponible en:
<https://es.scribd.com/presentation/238051881/Clase-6-Calculo-y-Diseno-de-Seccion-Molienda>
- CHILLCCE, V. M.; ROJAS, R. H. Implementación del Sistema Experto en Molinos Para Optimizar la Molienda del Circuito de Cobre en la Planta Concentradora de Sociedad Minera Cerro Verde SAA. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, 2012.
Disponible en:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/588>

- DÍAZ CASTRO, Sebastián; ESPINOSA FUENTES, Fernando. Diseño de un sistema de información y plan de mantenimiento preventivo para molinos de bolas en Empresa Minera Valle Central. 2015. Tesis Doctoral. Universidad de Talca (Chile). Escuela de Ingeniería Mecánica.

Disponible en:

<http://dspace.otalca.cl/handle/1950/10550>

- ESCOBEDO CRUZ, Luis Alonzo. Informe técnico análisis de riesgos en las diferentes áreas de operación en planta concentradora y su interacción con la seguridad y medio ambiente. 2014.

Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2657>

- GRAJALES, Dairo H. Mesa; SÁNCHEZ, Yesid Ortiz; PINZÓN, Manuel. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Scientia et Technica, 2006, vol. 1, no 30.

Disponible en:

<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6513/3787>

- GUERRERO MONSALVES, Francisco Antonio, et al. Simulación y Control de un Circuito de Molienda. 2014. Tesis Doctoral. Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Eléctrica.

Disponible en:

<http://repositorio.udec.cl/handle/11594/1978>

- Guevara Torres, Milagros Karina (2015). Informe técnico de las operaciones minera metalúrgica en las diferentes áreas de operación de planta concentradora. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3980>

- Núñez Lazarte, G. A. (2012). Diseño de un sistema de lubricación para un molino SAG 32' x 32' de 621 DMTPH de capacidad. Universidad Católica de Santa María.

Disponible en:

<https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/7914>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA	POBLACION
<p><u>Problema General</u> ¿Cómo el diseño del modelo de independización de acumuladores reducirá el índice de fallas de arranque de los molinos debido a baja presión de nitrógeno en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa?</p> <p><u>Problemas Específicos:</u> ■ ¿Cómo el diseño del modelo de independización de acumuladores optimizará la disponibilidad y confiabilidad del Molino de Bolas? ■ ¿Cómo el diseño del modelo de independización de acumuladores ayudará en la detección de rotura en un acumulador específico? ■ ¿Cómo el diseño del modelo de independización de acumuladores evitará la exposición del personal a altas presiones hidráulicas y neumáticas con la independización de acumuladores?</p>	<p><u>Objetivo general</u> Desarrollar el “Diseño de un Modelo de Independización de Acumuladores” para el sistema de lubricación del Molino de Bolas ML401, para eliminar las fallas de arranque en los molinos por baja presión de Nitrógeno, en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa</p> <p><u>Objetivos específicos</u> Los objetivos específicos son: ■ Incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los molinos de bolas con el modelo de Independización de acumuladores. ■ Instalar puertos de medición de presión para identificar rotura en un acumulador específico. ■ Reducir la exposición del personal a altas presiones hidráulicas y neumáticas con la independización de acumuladores</p>	<p><u>Hipótesis</u> El diseño de un modelo de independización de acumuladores reducirá el índice de fallas de arranque de los molinos por baja presión de nitrógeno en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa.</p>	<p>Variable Independiente ■ Modelo de independización de Acumuladores para el Sistema de Lubricación de los molinos de bolas</p> <p><u>Indicadores</u> - 0% de tareas duplicadas - Prueba en simulador - Registro de reporte o alarmas de acumuladores con baja presión de nitrógeno.</p> <p>Variable Dependiente ■ Incremento de la disponibilidad de los molinos</p> <p><u>Indicador</u> - Registro estadístico del Programa Process More por fallas en baja presión de los acumuladores ■ Disminuir la exposición del personal mecánico a altas presiones neumáticas e hidráulicas</p> <p><u>Indicador</u> - Numero de cambios programados de acumuladores por rotura durante las 6 últimas paradas de planta programadas y no programadas.</p>	<p><u>Método</u> El método que utilizaremos para el desarrollo del presente Trabajo de Investigación será un Método Descriptivo, dado que observaremos detalladamente las cualidades de las variables y no habrá manipulación, por lo tanto no habrá un control directo sobre las mismas</p> <p><u>Alcance de la investigación</u> El alcance del trabajo de investigación se va a desarrollar a través de una investigación cualitativa siendo alcance o nivel descriptivo, específicamente para los Molinos de bolas de la marca POLYSIUS modelo FE 24X36</p> <p><u>Diseño de la investigación</u> La investigación tendrá un Diseño Exploratorio Cualitativo, se utilizara un simulador que permitirá analizar la funcionalidad de esta propuesta de “DISEÑO DE UN MODELO DE INDEPENDIZACIÓN DE ACUMULADORES” en un molino de bolas de 4 existentes en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa</p>	<p><u>Población</u> La población que se ha considerado en el presente Trabajo de Investigación es la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa</p> <p><u>Muestra</u> Se ha considerado como muestra para el desarrollo del presente Trabajo de Investigación el Molinos de bolas de la marca POLYSIUS modelo FE 24X36 que hay en la Planta Concentradora C1 de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. – Arequipa.</p>

ANEXO 2

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO.

SIN PROPUESTA

DOP

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO (DOP)

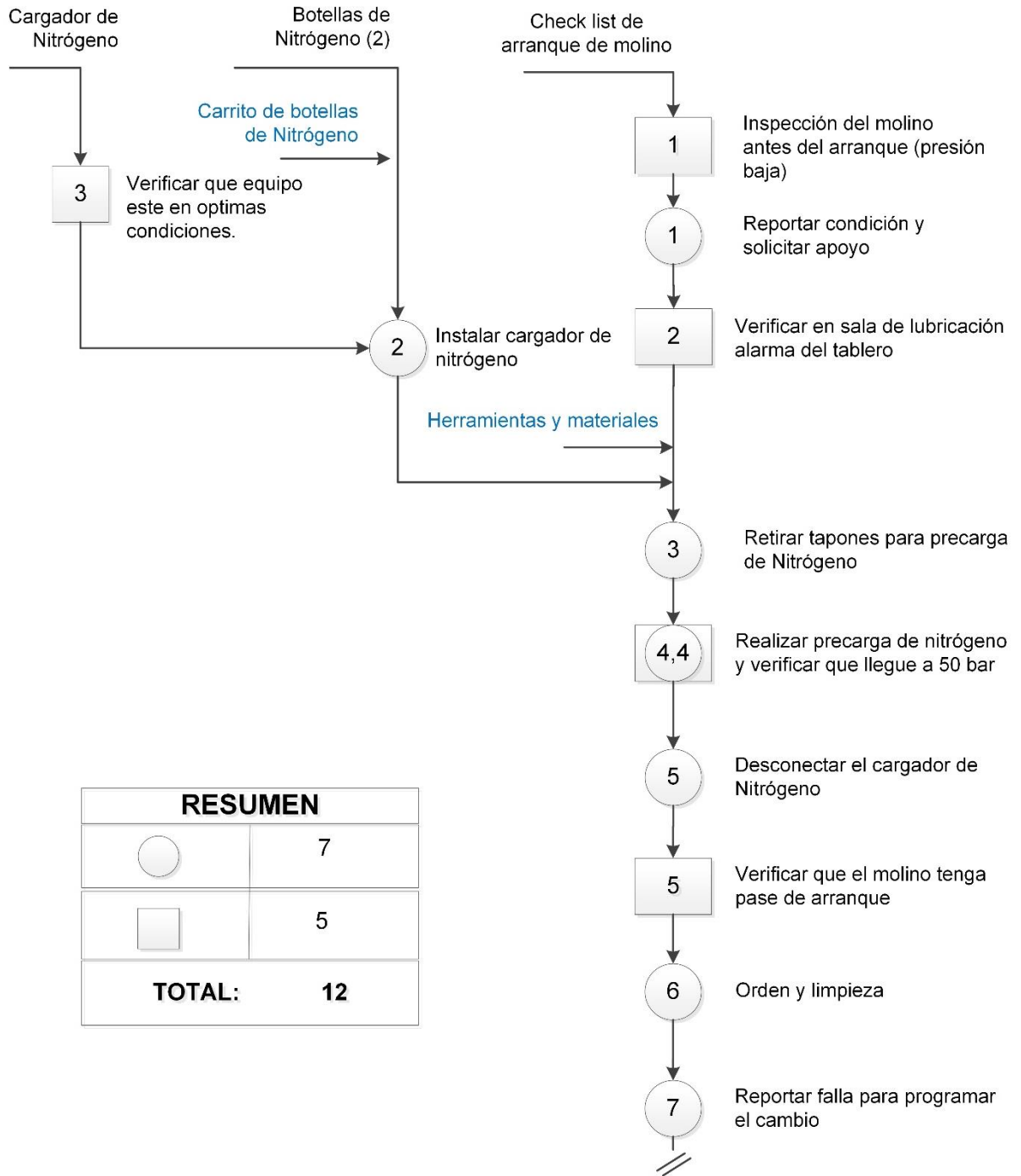
MANTTO
NO PROGRAMADO

ANGEL ILACHOQUE S.

INSPECCION Y CARGA DE NITROGENO EN
ACUMULADORES POR ALARMA DE BAJA PRESION

31Oct18

Pagina: 1/1



RESUMEN	
	7
	5
TOTAL:	12

ANEXO 3

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROCESO

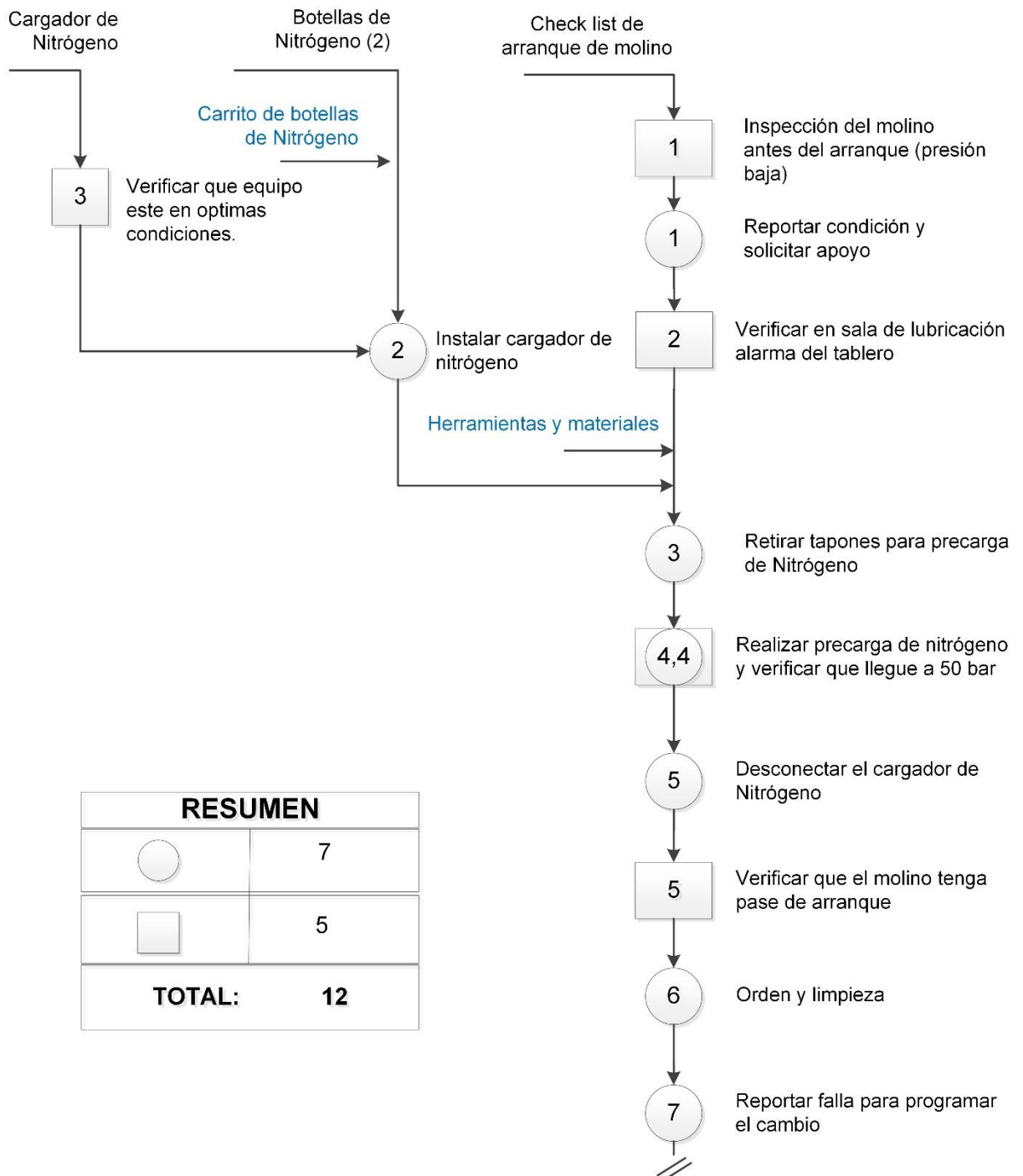
MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO.

SIN PROPUESTA

DAP

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO (DOP)

MANTTO NO PROGRAMADO	ANGEL ILACHOQUE S.	INSPECCION Y CARGA DE NITROGENO EN ACUMULADORES POR ALARMA DE BAJA PRESION	31Oct18	Pagina: 1/1
-------------------------	--------------------	---	---------	-------------



RESUMEN	
○	7
□	5
TOTAL:	12

ANEXO 4

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

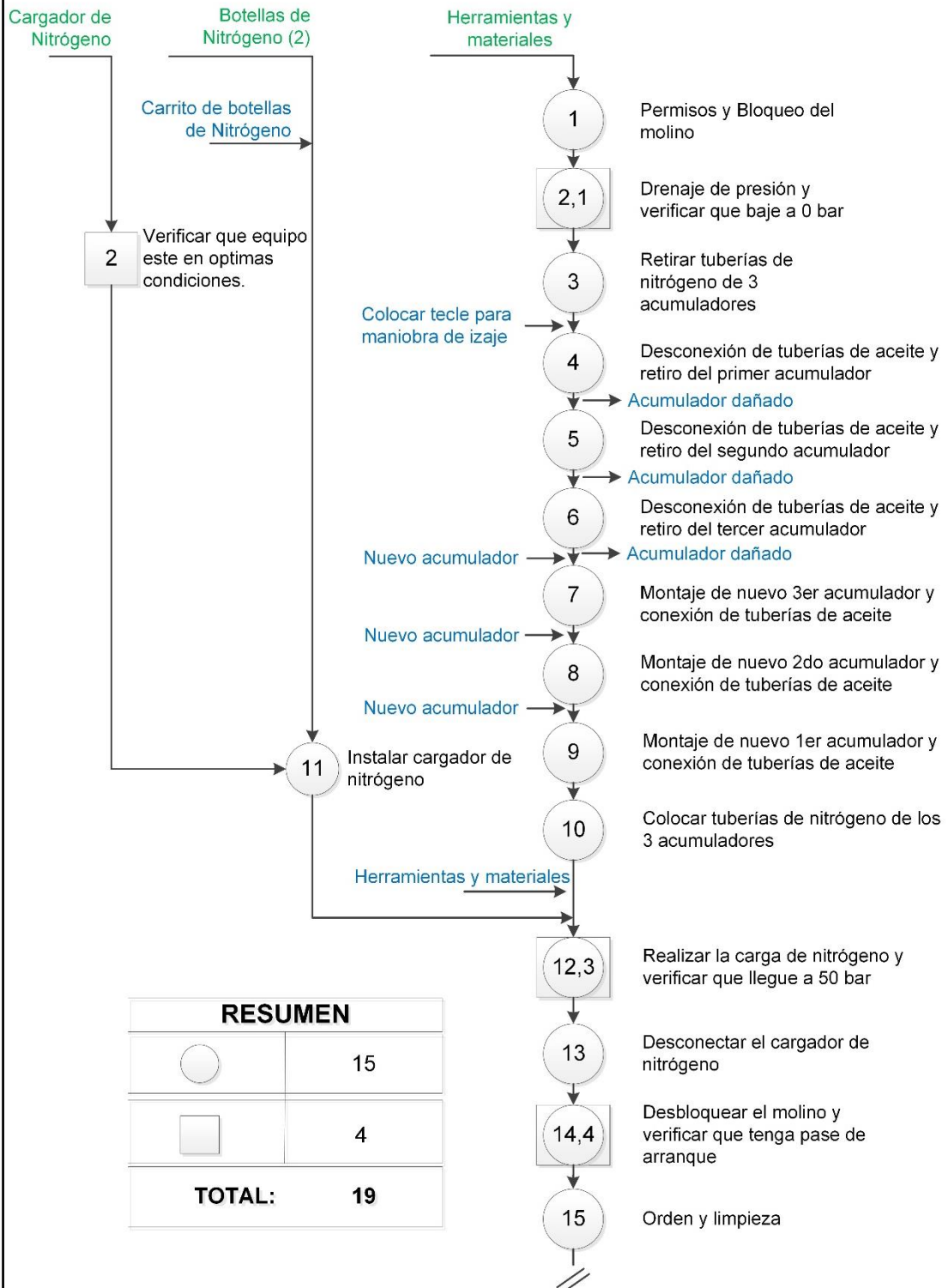
MANTENIMIENTO PROGRAMADO.

SIN PROPUESTA

DOP

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO (DOP)

MANTTO PROGRAMADO	ANGEL ILACHOQUE S.	CAMBIO DE ACUMULADOR EN SALA DE LUBRICACION	31Oct18	Página: 1/1
-------------------	--------------------	---	---------	-------------



ANEXO 5

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROCESO

MANTENIMIENTO PROGRAMADO.

SIN PROPUESTA

DAP

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO (DAP)

MANTTO PROGRAMADO	ANGEL ILACHOQUE S.	CAMBIO DE TRES ACUMULADORES EN SALA DE LUBRICACION	31Oct18	Pagina: 1/2
-------------------	--------------------	--	---------	-------------

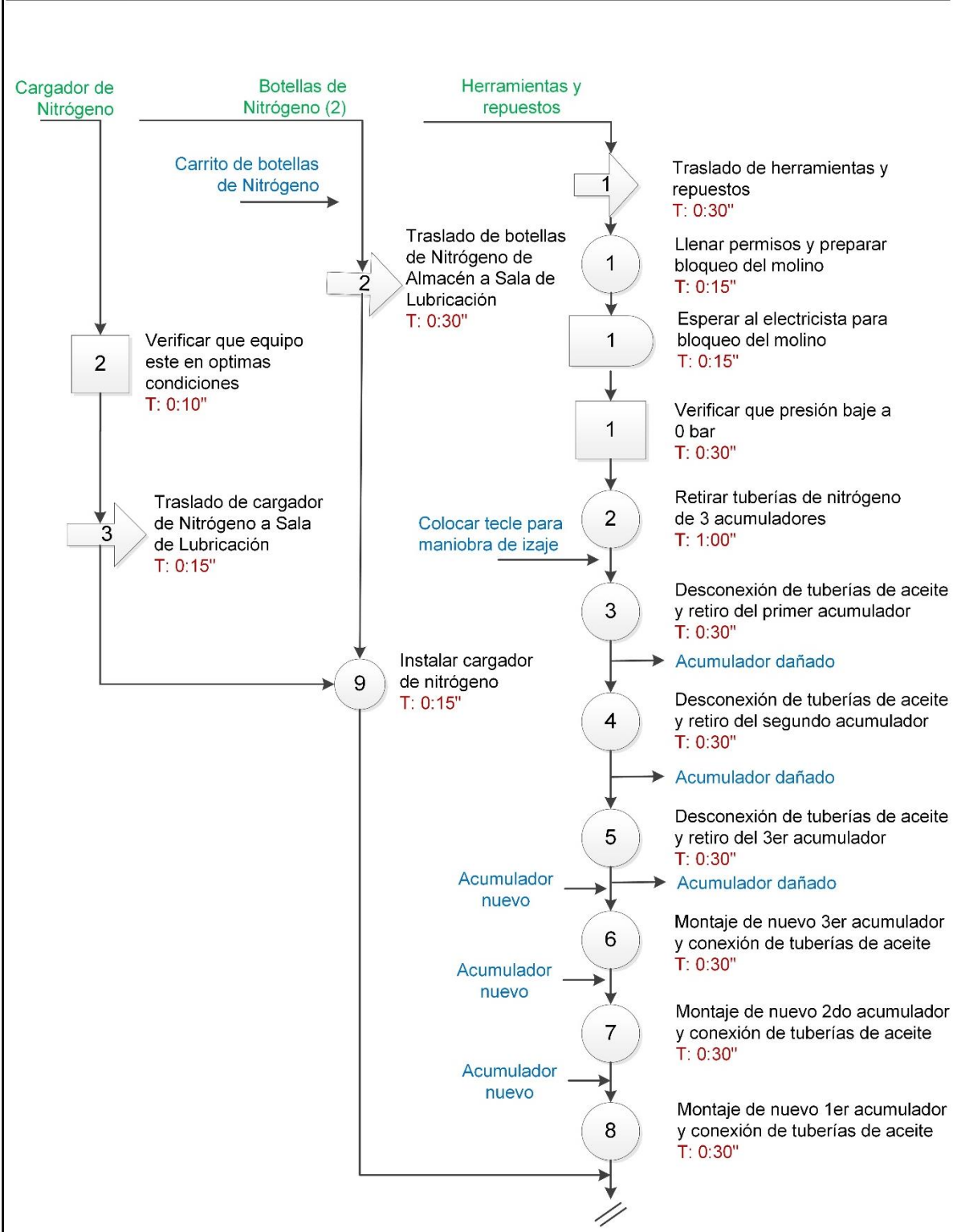





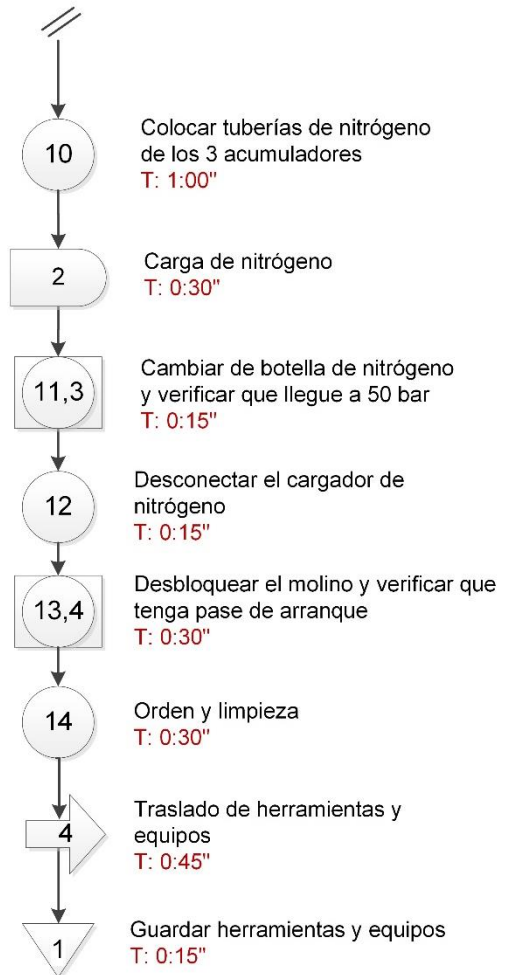


DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO (DAP)

MANTTO PROGRAMADO	ANGEL ILACHOQUE S.	CAMBIO DE TRES ACUMULADORES EN SALA DE LUBRICACION	31Oct18	Pagina: 2/2
--------------------------	--------------------	---	---------	-------------

RESUMEN	
	14
	4
	2
	4
	1
TOTAL:	25



ANEXO 6

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO.

CON DISEÑO DE INDEPENDIZACION DE ACUMULADORES

DOP

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO (DOP)

MANTTO NO PROGRAMADO	ANGEL ILACHOQUE S.	INSPECCION DE ACUMULADORES POR LECTURA DE BAJA PRESION DE NITROGENO CON INDEPENDIZACION DE ACUMULADORES	31Oct18	Pagina: 1/1
-------------------------	--------------------	---	---------	-------------

Check list de
arranque de molino



RESUMEN	
	3
	3
TOTAL:	6

ANEXO 7

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROCESO

MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO.

CON DISEÑO DE INDEPENDIZACION DE ACUMULADORES

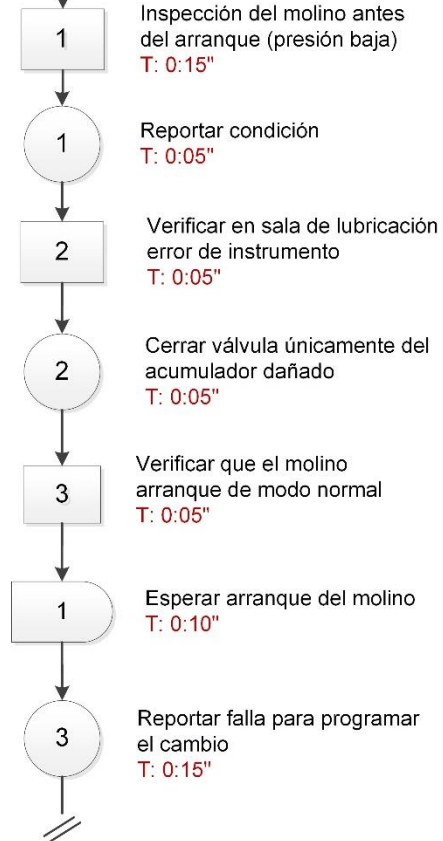
DAP

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO (DAP)

MANTTO NO PROGRAMADO	ANGEL ILACHOQUE S.	INSPECCION Y CARGA DE NITROGENO EN ACUMULADORES POR ALARMA DE BAJA PRESION CON INDEPENDIZACION DE ACUMULADORES	31Oct18	Pagina: 1/1
-------------------------	--------------------	--	---------	-------------

Check list de
arranque de molino

RESUMEN	
○	3
□	3
◐	1
TOTAL:	7



ANEXO 8

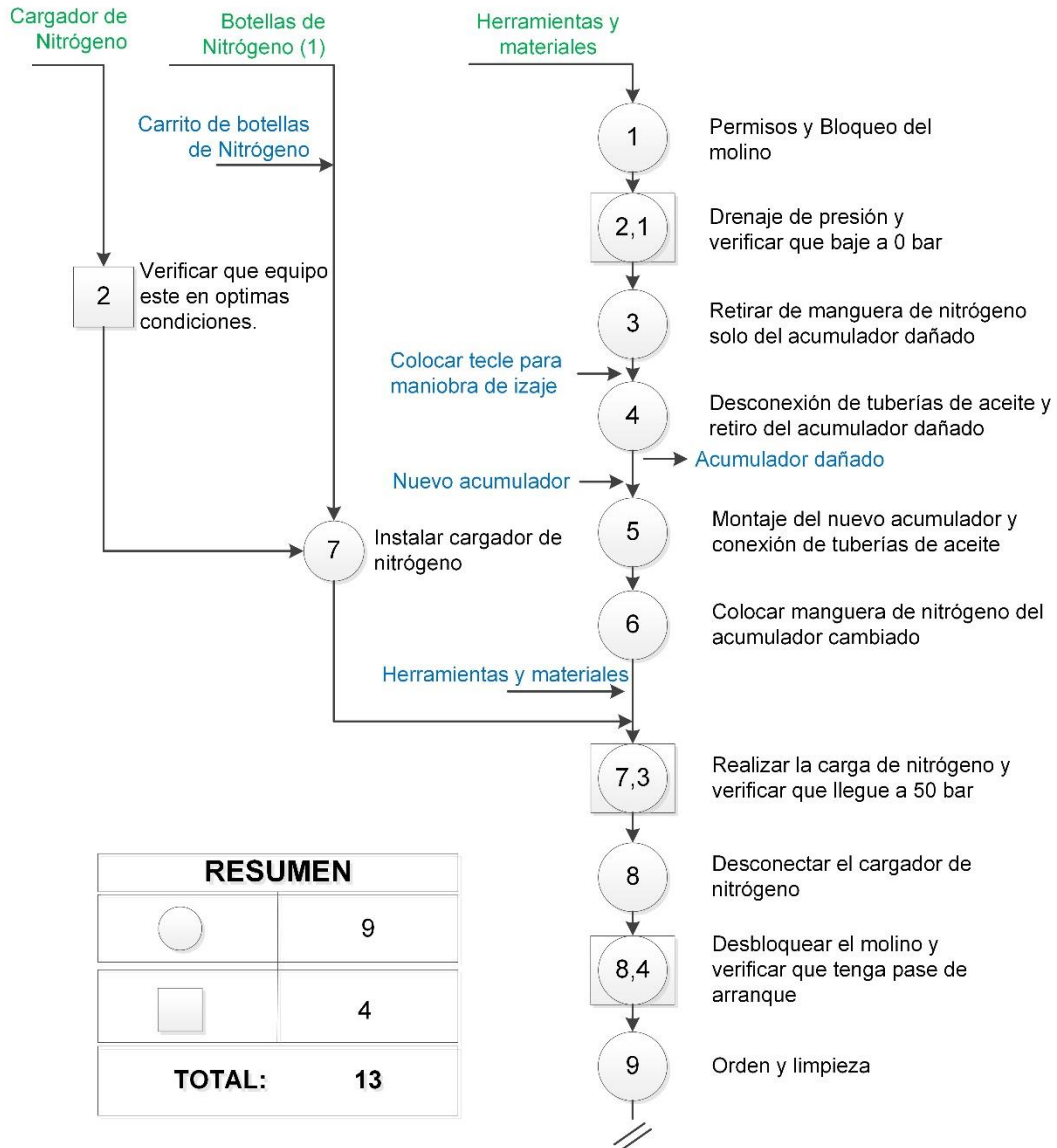
DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

MANTENIMIENTO PROGRAMADO.

**CON DISEÑO DE INDEPENDIZACION DE ACUMULADORES
DOP**

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO (DOP)

MANTTO PROGRAMADO	ANGEL ILACHOQUE S.	CAMBIO DE ACUMULADOR EN SALA DE LUBRICACION CON INDEPENDIZACION DE ACUMULADORES	31Oct18	Pagina: 1/1
--------------------------	--------------------	--	---------	-------------



ANEXO 9

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROCESO

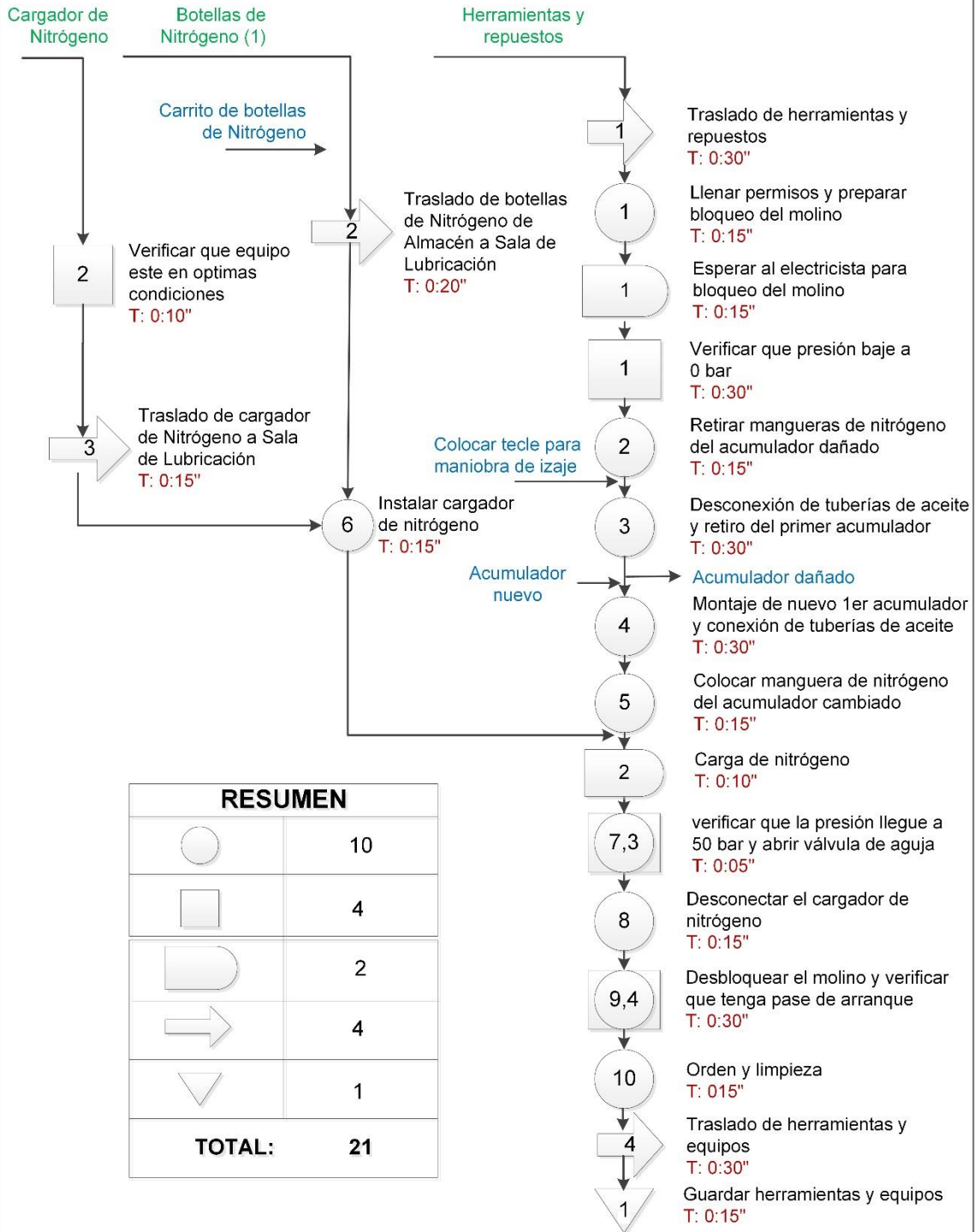
MANTENIMIENTO PROGRAMADO.

CON DISEÑO DE INDEPENDIZACION DE ACUMULADORES

DAP

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO (DAP)

MANTTO PROGRAMADO	ANGEL ILACHOQUE S.	CAMBIO DE TRES ACUMULADORES EN SALA DE LUBRICACION CON INDEPENDIZACION DE ACUMULADORES	31Oct18	Pagina: 1/2
-------------------	--------------------	---	---------	-------------



ANEXO 10
COTIZACIÓN DE REPUESTOS.


ENVIO DELIVERY Previo contrato
TIEMPO DE ENTREGA 24 Horas
TELF.: (511) 594-7417 Informes

[INICIO](#)
[ACORSA PERU - EMPRESA](#)
[PRODUCTOS](#)
[CONTACTENOS](#)

[INICIO / HIDRÁULICA / VÁLVULAS INDUSTRIALES / VÁLVULAS CHECK](#)



VÁLVULA CHECK 12L M - M PRE 1BAR

★★★★★ 0 Opiniones | [Escribe Una Opinión](#)

🔴 Código del producto: VA
🔴 Disponibilidad: En stock

\$ 18.00

Sin impuesto: 5/0.00

Cantidad:
+ -
🛒 Agregar Al Carrito
❤️
🔄

👍 Me gusta 0
🐦 Twittear
🔴 Compartir

Válvula Check M-M 12L PRECH 1BAR


ENVIO DELIVERY Previo contrato
TIEMPO DE ENTREGA 24 Horas
TELF.: (511) 594-7417 Informes

[INICIO](#)
[ACORSA PERU - EMPRESA](#)
[PRODUCTOS](#)
[CONTACTENOS](#)

[INICIO / HIDRÁULICA / VÁLVULAS INDUSTRIALES / VÁLVULAS DE AGUJA](#)



VÁLVULA DE AGUJA DE 1/4 H - H 200 BAR

★★★★★ 0 Opiniones | [Escribe Una Opinión](#)

🔴 Código del producto: VA
🔴 Disponibilidad: En stock

\$ 13.00

Sin impuesto: 5/0.00

Cantidad:
+ -
🛒 Agregar Al Carrito
❤️
🔄

👍 Me gusta 0
🐦 Twittear
🔴 Compartir

Válvula Aguja H-H 1/4" NTP DE 300 BAR


ENVIO DELIVERY Previo contrato
TIEMPO DE ENTREGA 24 Horas
TELF.: (511) 594-7417 Informes

[INICIO](#)
[ACORSA PERU - EMPRESA](#)
[PRODUCTOS](#)
[CONTACTENOS](#)

[INICIO / HIDRÁULICA / CONECTORES / TIPO BUSHING](#)



ADAPTADOR BUSHING M 1/2" BSP A H 1/4" NPT

★★★★★ 0 Opiniones | [Escribe Una Opinión](#)

🔴 Código del producto: VA
🔴 Disponibilidad: En stock

\$ 4.25

Sin impuesto: 5/0.00

Cantidad:
+ -
🛒 Agregar Al Carrito
❤️
🔄

👍 Me gusta 0
🐦 Twittear
🔗 Compartir

Adaptador Bushing DE 12" BSP A 1/4" NPT


ENVIO DELIVERY Previo contrato
TIEMPO DE ENTREGA 24 Horas
TELF.: (511) 594-7417 Informes

[INICIO](#)
[ACORSA PERU - EMPRESA](#)
[PRODUCTOS](#)
[CONTACTENOS](#)

[INICIO / HIDRÁULICA / MANGUERAS / MANGUERAS DE TESTEO](#)



MANGUERA TEST 1/4" H - H PRE 650 BAR

★★★★★ 0 Opiniones | [Escribe Una Opinión](#)

🔴 Código del producto: VA
🔴 Disponibilidad: En stock

\$ 8.00

Sin impuesto: 5/0.00

Cantidad:
+ -
🛒 Agregar Al Carrito
❤️
🔄

👍 Me gusta 0
🐦 Twittear
🔗 Compartir

Manguera de Testeo MINIMESS DE 1/4" H-H 600 BAR

AGORSA ENVIO DELIVERY Previo contrato TIEMPO DE ENTREGA 24 Horas TELF.: (511) 594-7417 Informes

INICIO ACORSA PERU - EMPRESA PRODUCTOS CONTACTENOS

INICIO / HIDRÁULICA / MANÓMETRO / MANÓMETROS DE AGUJA



MANÓMETRO DE 1/4" NPT PRE 0-400 BAR

★★★★★ 0 Opiniones | Escribe Una Opinión

● Código del producto: VA

● Disponibilidad: En stock

\$ 12.00

Sin Impuesto: 5/0:00

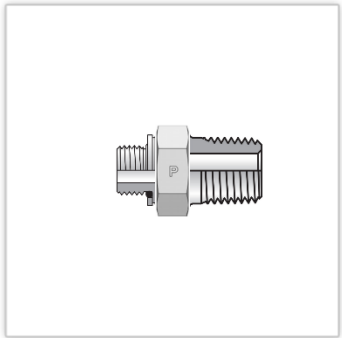
Cantidad: 1

Manómetro de 1/4" NPT DIAL 2 1/2" DE 400 BAR

Parker Store

Fitting Identification

Part Number
1/4 FHF40-SS



Description

Non-Standard Part
Male BSPP - retaining ring / Male NPT/NPTF

UNIT PRICE: \$ 4.00

Adaptador M-M DE 1/4"NPT A 1/4" BSP

AliExpress



63MPa/630BAR presión hidráulica adaptador de prueba de punto acoplamiento adaptador para sistema hidráulico

US \$5.91 - 6.23

US \$9.98 - 9.89

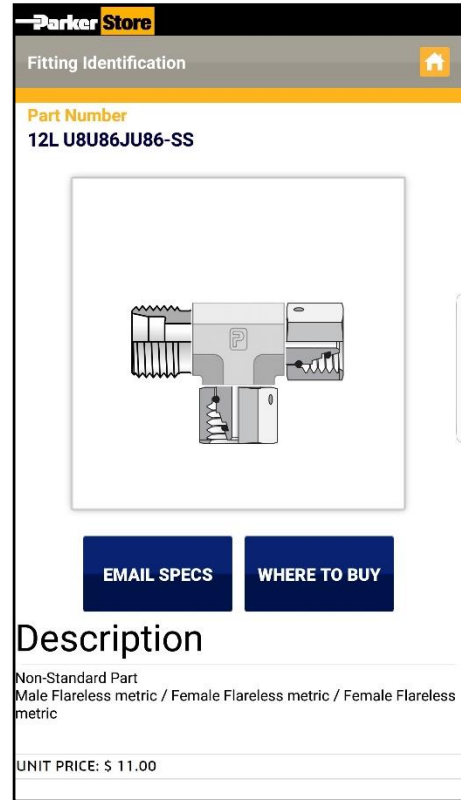
-37% Solo en el móvil

-2% Precio mayorista:(>= 5 unidades)

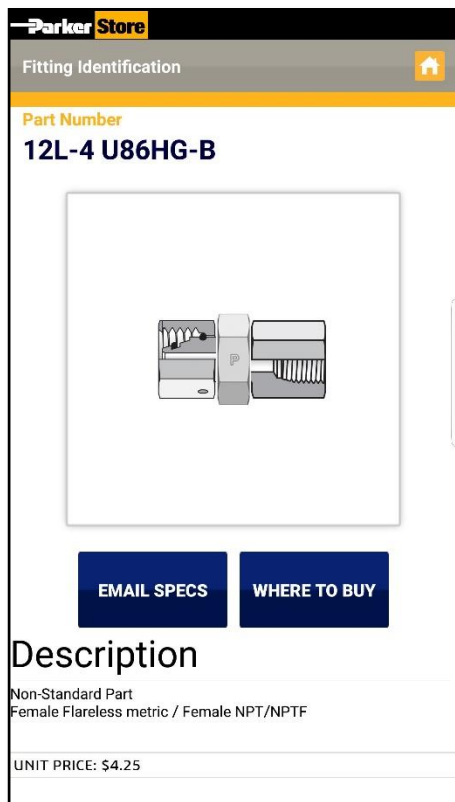
Punto de testeo MINIMESS 1/4" NPT



Adaptador H MINIMESS A H 1/4" NPT



Conector TEE H-H-M 12L



Adaptador 12L H A 1/4 NPT H



Soluciones Integrales de Abastecimiento

EFC SAC
R.U.C. 20503141389
Av. República de Panamá # 5364 Surquillo
Central Telefónica (51-1) 213 6700
www.efc.com.pe

COTIZACION

Lima, Miércoles 26 de setiembre de 2018

Página 1 de 1

Atención SR. ANGEL ILACHOQUE SONCCO

Teléfono Tel:(54)381515-2832391

Requisición

Cotización Nº	471001
Ejecutivo de Cuenta	MIGUEL SUCHERO
Forma de Pago	FACTURA 60 DIAS
Moneda	DOLARES
Validez de Oferta	30 DIAS

COTIZACION DE COMPONENTES HIDRAULICOS						
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	U.M.	P. UNIT. US\$	IMPORTE US\$	T. ENTREGA
1	VALVULA CHECK M-M 12L PRECH 1BAR	12	PZA	21.5	258	12 DIAS
2	VALVULA AGUJA H-H 1/4" NPT DE 300 BAR	12	PZA	16.4	196.8	12 DIAS
3	ADAPTADOR M-M DE 1/4" NPT A 1/4" BSP	12	PZA	5.25	63	12 DIAS
4	PUNTO DE TESTEO MINIMESS 1/4" NPT	38	PZA	7.25	275.5	5 DIAS
5	ADAPTADOR H MINIMESS A H 1/4" NPT	12	PZA	6.25	75	5 DIAS
6	ADAPTADOR BUSHING DE 1/2" BSP A 1/4" NPT	12	PZA	5.25	63	5 DIAS
7	MANGUERA DE TESTEO MINIMESS DE 1/4" H-H 600 BAR	12	PZA	9.25	111	5 DIAS
8	MANOMETRO DE 1/4" NPT DIAL 2 1/2" DE 400 BAR	12	PZA	18.5	222	10 DIAS
9	CONECTOR TEE H-H-M 12L	12	PZA	16.25	195	12 DIAS
10	ADAPTADOR 12L H A 1/4 NPT H	8	PZA	6.5	52	12 DIAS

SUB TOTAL US\$	1511.30
IGV	272.03
TOTAL GENERAL US\$	1783.33

Cotizador JESUS SALVATIERRA

Estimado cliente,

- Una vez vencido el tiempo de validez de esta cotización, consultar disponibilidad de stocks.
- En caso la O/C llegara después de las 4:00pm, será ingresada al siguiente día útil. Por favor tomar en cuenta para contabilizar los días de atención.
- Para aquellos clientes que reciben la mercadería bajo sistema de citas, el tiempo de entrega ofrecido será contabilizado a la llamada de EFC por solicitud de cita.
- En caso existiese alguna disconformidad con la mercadería entregada, deberá notificarlo a EFC dentro de los 15 días siguientes de recepción de la mercadería y sellada la guía.
- La mercadería sólo será aceptada por EFC si se cumple con el punto anterior y si se encuentra en buenas condiciones físicas al revisarla, previa coordinación con EFC.
- Las fabricaciones e importaciones no podrán ser devueltas.

ANEXO 11

REQUERIMIENTO DE EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL



Casco de seguridad



Lentes de Seguridad



Tapones Auditivos



Respirador de Polvo (Descartable)



Guantes de cuero



Guantes de Latex (Descartable)



Mameluco de Tela



Mameluco Tyvex (Descartable)



Zapatos de seguridad

ANEXO 12

REQUERIMIENTO DE HERRAMIENTAS



Tecla de 1 Ton



Elingas de 1m



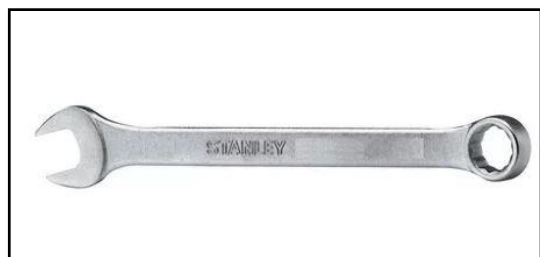
Grilletes de 1/2"



Llave Mixta de 3/4"



Llave Mixta de 11/16"



Llave Mixta de 5/8"



Llave Francesa de 12"



Llave Francesa de 24"



Llave Stilson de 12"

ANEXO 13

REQUERIMIENTO DE MATERIALES E INSUMOS



Botellas de Nitrogeno 50L (de 200 bar)



Penetrating oil en aerosol (limpieza)



Paños absorbentes



Trapo industrial



Baldes de 5 Gal

