

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE GESTIÓN Y ALTA DIRECCIÓN



**Factores críticos operativos que afectan a la capacidad de
producción de la planta Toma la Mano en Huaraz**

Tesis para obtener el título profesional de Licenciado en Gestión con mención
Gestión Empresarial presentada por:

ESCOBAR BADA, Mario Ivan
GALINDO MORENO, Samuel Moises

Asesorados por: Mgtr. Alex Antonio Izquierdo Requejo

Lima, marzo del 2021

La tesis

Factores críticos operativos que afectan a la capacidad de producción de la planta

Toma la Mano en Huaraz

ha sido aprobada por:

Mgtr. German Adolfo Velasquez Salazar
[Presidente del Jurado]

Mgtr. Alex Antonio Izquierdo Requejo
[Asesor Jurado]

Dr. Berlan Rodriguez Perez
[Tercer Jurado]

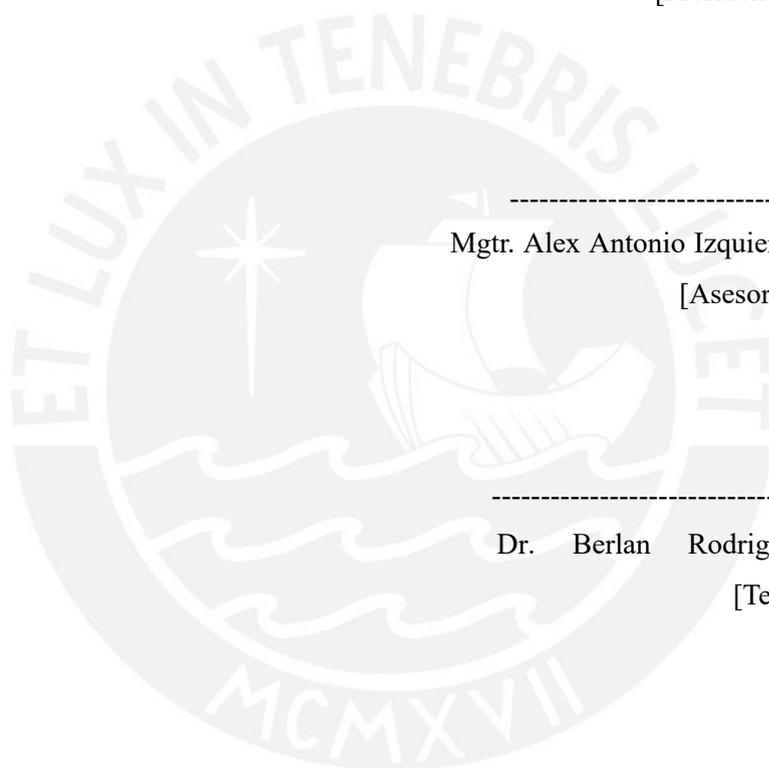


TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1. Problema de la investigación..... | 2 |
| 1.1. Descripción del problema empírico..... | 2 |
| 1.2. Descripción del problema a investigar..... | 6 |
| 2. Objetivos de la investigación..... | 9 |
| 2.1. Objetivo general..... | 9 |
| 2.2. Objetivos específicos..... | 9 |
| 3. Preguntas de la investigación..... | 9 |
| 4. Hipótesis / supuestos base..... | 10 |
| 5. Justificación..... | 10 |
| 6. Viabilidad..... | 10 |
| CAPÍTULO 2:METODOLOGÍA..... | 12 |
| 1. Alcance metodológico..... | 12 |
| 2. Diseño y secuencia metodológica..... | 12 |
| 3. Secuencia metodológica..... | 13 |
| 4. Selección muestral..... | 14 |
| 5. Técnicas de recolección de información..... | 14 |
| 6. Ética en la investigación..... | 16 |
| CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO..... | 17 |
| 1. Descripción de la empresa..... | 17 |
| 2. Mapa de procesos..... | 17 |
| 2.1. Procesos estratégicos..... | 18 |
| 2.2. Procesos claves..... | 19 |
| 2.3. Procesos de apoyo..... | 19 |
| 3. Cadena de valor..... | 20 |
| 3.1. Proveedores..... | 20 |
| 3.2. Preparación del mineral y la planta..... | 21 |
| 3.3. Producción del mineral..... | 21 |
| 3.4. Acopio y articulación..... | 21 |
| 3.5. Comercio..... | 21 |
| 4. Diagnóstico del proceso de producción..... | 22 |
| 4.1. Proceso de producción..... | 22 |
| 4.2. Resultados de la encuesta sobre el proceso de producción..... | 28 |
| 4.3. Resultados de las entrevistas sobre el proceso de producción en toma la Mano..... | 31 |
| 4.4. OEE de los subprocesos de producción..... | 32 |
| 4.5. Cuellos de botella..... | 36 |

| | |
|--|----|
| 4.6. Análisis de los resultados en conjunto..... | 38 |
| CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN | 41 |
| 1. Propuesta..... | 41 |
| 1.1. Metodología y herramienta a implementar..... | 41 |
| 1.2. Herramientas en el Lean Manufacturing..... | 42 |
| 1.3. Descripción de la herramienta a utilizar: Herramienta 5s..... | 44 |
| 1.4. Etapas para la implementación de la herramienta 5s..... | 44 |
| 1.5. Comité de la herramienta 5s..... | 45 |
| 1.6. Componentes de la herramienta 5s..... | 46 |
| 1.7. Impacto en el proceso productivo y el OEE..... | 52 |
| 1.8. Costos y ahorros de la propuesta..... | 53 |
| CONCLUSIONES..... | 55 |
| RECOMENDACIONES..... | 58 |
| REFERENCIAS..... | 59 |
| ANEXO A: Guía de encuesta..... | 63 |
| ANEXO B: Antigüedad de los encuestados..... | 65 |
| ANEXO C: Ocupación en la planta de los encuestados..... | 66 |
| ANEXO D: Subprocesos según problemática..... | 67 |
| ANEXO E: Factores que ocasionan problemas en los subprocesos..... | 68 |
| ANEXO F: Razones de las complicaciones en los subprocesos..... | 69 |
| ANEXO G: Ocupación en la planta de los encuestados..... | 70 |
| ANEXO H: Tabla código - documento..... | 71 |
| ANEXO I: Redes de los problemas de producción..... | 72 |
| ANEXO J: OEE..... | 73 |
| ANEXO K: Diagrama para la clasificación..... | 74 |
| ANEXO L: Tarjeta roja..... | 75 |
| ANEXO M: Informe de la tarjeta roja..... | 76 |
| ANEXO N: Cuestionario de orden y limpieza..... | 77 |
| ANEXO Ñ: Acciones de limpieza..... | 78 |
| ANEXO O: Cuestionario de la evaluación de Seiri, Seiton y Seiso..... | 79 |
| ANEXO P: Informe de capacidad del proceso de Humedad..... | 80 |

ANEXO Q: Costos de implementación.....81
ANEXO R: Ahorros de implementación.....84



LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Causas que afectan la capacidad de la planta..... | 5 |
| Tabla 2: Cuadro comparativo del OEE, TEEP Y OOE..... | 8 |
| Tabla 3: Matriz de consistencia..... | 14 |
| Tabla 4: DAP del proceso de producción..... | 22 |
| Tabla 5: Comparación de herramientas..... | 43 |
| Tabla 6: Disponibilidad futura..... | 52 |



LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Cadena de suministro del sector minero..... | 3 |
| Figura 2: Causas que afectan la capacidad de la planta..... | 6 |
| Figura 3: Mapa de procesos de la minera Toma la Mano..... | 17 |
| Figura 4: Cadena de valor..... | 20 |
| Figura 5: Proceso de chancado..... | 23 |
| Figura 6: Proceso de molienda..... | 24 |
| Figura 7: Proceso de Flotación..... | 25 |
| Figura 8: Proceso de Filtrado..... | 26 |
| Figura 9: Diagrama de flujo del proceso de producción..... | 26 |
| Figura 10: Promedio de los subprocesos según la problemática..... | 29 |
| Figura 11: Promedio de los factores que ocasionan problemas en los subprocesos..... | 30 |
| Figura 12: Principales razones de las complicaciones en los subprocesos..... | 30 |
| Figura 13: Diagrama Ishikawa..... | 32 |
| Figura 14: Diagrama 5 porqués..... | 39 |



RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar los factores que afectan a la capacidad de producción de la planta Toma la Mano en Huaraz. En esta línea, se analizan los distintos cuellos de botella y se identifica el que posee mayor urgencia a fin de comprender las causas de las limitaciones y retrasos del proceso. Para realizar este análisis se ha implementado la herramienta Overall Equipment Effectiveness (OEE), la cual permite medir y cuantificar la eficiencia de los equipos y la mejora continua de la organización. Es por ello, que mediante el diseño del OEE se determina la capacidad real de las máquinas de los distintos procesos productivos con el fin de identificar el obstáculo que afecta a toda la producción de la planta concentradora.

En base a lo anterior, los principales factores a observar son la disponibilidad, eficiencia y calidad, estos son indispensables para determinar el OEE. Además, se implementaron otras técnicas de recolección de datos, tanto cuantitativas como encuestas así como cualitativas como son entrevistas a expertos, para así comprender más los problemas dentro del proceso productivo y determinar las causas que afectan la continuidad del proceso. La información recolectada es de vital importancia para poder proponer un modelo de gestión acompañado de una herramienta que se ajuste a la realidad de la organización. A partir del análisis de OEE se determinó que el proceso del filtro de discos de zinc es el cuello de botella. Esto ayuda a determinar que acciones se deben implementar para una mejora sustancial en los factores de disponibilidad, eficiencia y calidad del proceso de filtrado.

Palabras clave: Planta concentradora, producción, cuello de botella, OEE.

INTRODUCCIÓN

La empresa minera Toma la mano de Huaraz, es una planta concentradora la cual se encarga del procesamiento de minerales de terceros. Dentro de la planta concentradora se han podido identificar diversos problemas en procesos los cuales se han convertido en cuellos de botella para la planta.

En ese sentido, la presente investigación tiene como objetivo principal determinar los factores que afectan a la capacidad de producción de la planta Toma la Mano en Huaraz. Para poder identificar el principal cuello de botella y la causa del mismo se ha realizado una recolección de datos históricos de la empresa así como información cualitativa y cuantitativa para poder hacer los análisis correspondientes.

El trabajo de investigación consta de 4 capítulos, el primer capítulo es la descripción del problema a investigar, los objetivos que se buscan exponer en el trabajo, nuestras hipótesis y supuestos base, así como la justificación del trabajo y la viabilidad del mismo. En el segundo capítulo se abarca todo el tema de la metodología a emplear en el presente trabajo, incluyendo el alcance, diseño, secuencia, selección de muestra y técnicas de recolección de datos.

El tercer capítulo es el capítulo de análisis donde se emplearán herramientas como el OEE como principal instrumento de medición de la capacidad de producción así como medio para el determinar la capacidad real y así identificar el cuello de botella. Adicionalmente, con toda la información recolectada mediante entrevistas y encuestas, se realiza el análisis de dicha información para determinar cuáles son las distintas causas de los problemas ocurridos dentro del cuello de botella principal.

Finalmente, en el cuarto capítulo se plantea un modelo de gestión que ayuda a poder mejorar la situación actual de la empresa buscando elevar el OEE actual mediante una metodología de gestión que se adecua a las necesidades y a la realidad de planta concentradora Toma la mano para posteriormente pasar a las conclusiones del trabajo.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presente investigación busca estudiar el impacto del proceso de filtración en la capacidad de producción de la planta concentradora de la empresa minera Toma la Mano en Huaraz.

1. Problema de la investigación

1.1. Descripción del problema empírico

El planteamiento del problema es determinar los distintos factores críticos que pueden generar ineficiencias en el proceso de filtrado y que impacten en la capacidad de producción de la empresa. En el Perú existen diversas actividades económicas que aportan al crecimiento del país, uno de ellos es la minería, este sector es uno de los más importantes, puesto que ha permitido que el Perú progrese económicamente. Todo ello debido a las exportaciones de minerales que “significan entre el 2002 y 2015, el 77% del valor total de las exportaciones peruanas; además, durante esos años, las inversiones mineras crecieron 1131%; es decir, se multiplicaron en cerca de doce veces” según el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin) (2017).

Evidentemente, la minería es parte esencial de la economía peruana. Además, este sector posee un porcentaje significativo del PBI del Perú, ya que según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2020) la minería representó en el año 2019 el 12.2% del PBI, lo cual analizando años anteriores como el 2018 (12.5%), 2017 (13.1%) y 2016 (13%) se puede evidenciar que existe una tendencia creciente de este rubro en el PBI. Es importante decir que la minería en comparación con otras actividades que aportan a la economía peruana como el comercio (10.5%), agricultura (5.4%), pesca (0.3%), electricidad y agua (1.9%) le brinda un mayor porcentaje al PBI peruano, lo cual corrobora que el sector minero es de gran importancia para el Perú. Entre los minerales más exportados, según el Reporte Semestral del Monitoreo del Mercado de Productos Mineros (2019), hecho por Osinergmin, se encuentra la plata, oro, zinc, plomo y cobre, los cuales son extraídos por las distintas grandes mineras del país como Antamina, Buenaventura, Yanacocha, entre otras.

Por lo mencionado anteriormente se puede deducir que el Perú es un país que depende mucho de la minería, ya que se evidencia una extracción y explotación de minerales en diversas regiones del territorio peruano como Apurímac (8%), Arequipa (15.2%), Cuzco (12.8%), Cajamarca (5.2%), La Libertad (5.1%) entre otras (INEI, 2018). Una de estas es la región de Ancash, la cual concentra gran parte de su economía en la minería, pues este sector brinda el

49.8% del PBI de dicha región en comparación con el promedio nacional (14.1%) es mucho mayor (IPE, 2018). A partir de ello, se puede ver que la minería contribuye a la economía ancashina, ya que la extracción y explotación de los minerales forman parte importante de la región Ancash.

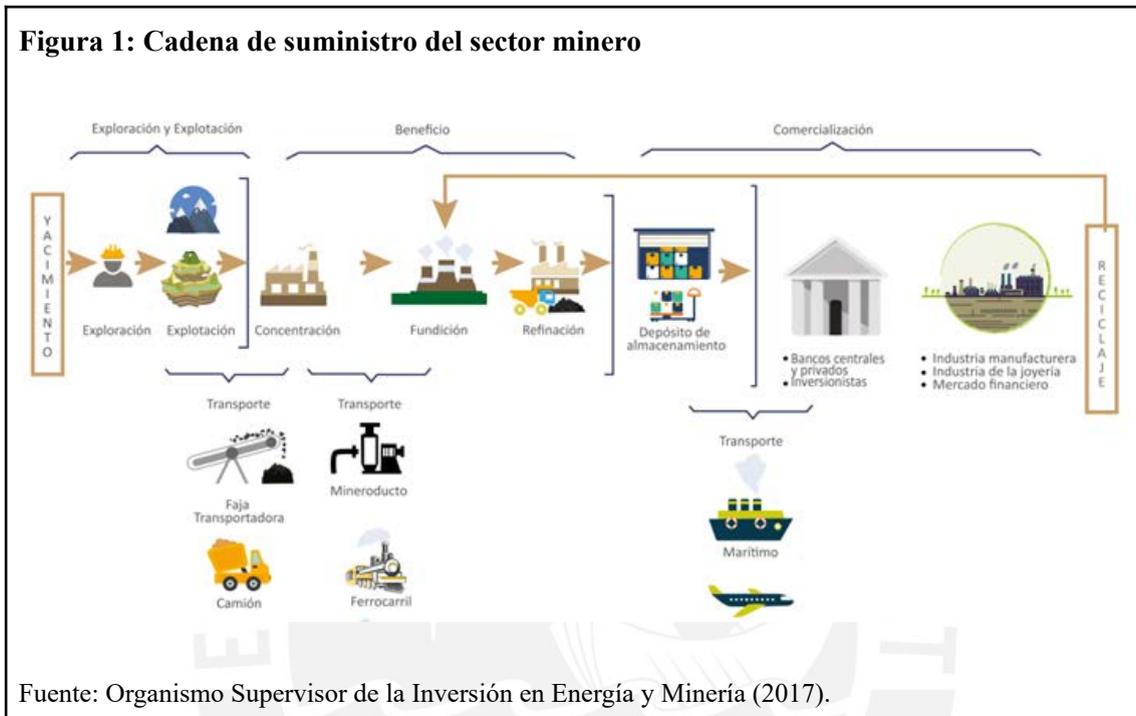
Todo lo que se logra obtener de la minería es llamado canon minero, el cual, según el Instituto Peruano de Economía (IPE) (2019), representa casi el 40% de la inversión pública de Ancash. Esta tiene como objetivo buscar que exista un crecimiento económico y social en los habitantes de dicha región. Asimismo, es necesario mencionar que entre las mineras más importantes de Ancash se encuentran Santa Luisa, Antamina y Barrick Misquichilca, siendo los minerales más explotados la plata, cobre, plomo, oro y zinc (INEI, 2017). En Ancash se puede encontrar a la pequeña, mediana y gran minería, las cuales buscan diversas maneras de generar beneficios económicos para crecer y avanzar a lo largo del tiempo. Para que esto se logre, los minerales deben de ser procesados y transformados hasta lograr el producto final que vendría a ser el concentrado.

En el año 2017 Osinergmin mencionó que presentaron tres etapas para lograr el concentrado; en primer lugar, se encuentra la exploración y explotación, en esta parte los minerales son extraídos y luego transportados hacia las plantas concentradoras. En segundo lugar está el beneficio, donde los minerales son transformados en concentrado. En último lugar, se encuentra el comercializado, en la que está presente el almacenamiento, embarque y el despacho del concentrado a los distintos clientes. La presente investigación se va a centrar en la etapa del beneficio; es decir, producción. Siendo uno de sus procesos el filtrado, el cual será materia de esta investigación. Para ello es necesario el uso de plantas concentradoras, las cuales transforman los minerales en concentrado. De forma general, se sigue un proceso en las plantas concentradoras las cuales son el chancado, molienda, flotación y filtrado de concentrado (Bedoya, Flores, Oviedo & Torres, 2017).

- Chancado: Todo comienza cuando los minerales son puestos en tolvas y transportados al área de chancado para la reducción de tamaño, el cual genera un polvo fino.
- Molienda: En esta parte del proceso, todo lo que la chancadora ha dado es pasado por un molino que genera que el polvo sea aún más fino, y luego se selecciona y clasifica para enviarlo al área de flotación.
- Flotación: En este momento se busca la separación de los minerales, por eso todo lo obtenido del molino es procesado para poder obtener una pulpa de concentrado.

- Filtrado de concentrado: La pulpa de concentrado obtenida anteriormente es puesta en espesadores, para que luego todo lo obtenido sea descargado y puesto en los filtros, lo cual permite obtener finalmente el concentrado para luego ser despachados por camiones.

Figura 1: Cadena de suministro del sector minero



Como se puede ver este proceso es el que se da en las plantas concentradoras y demuestra ser fundamental para obtener el concentrado y luego ser comercializado, teniendo en cuenta que las pequeñas y grandes mineras deben de utilizar este proceso productivo..

Ahora, en la producción minera en general se pueden presentar dificultades al momento de controlar los costos del proceso. Es por esta razón que Javier Cox, quien ha sido Gerente General del Consejo Minero, se siente preocupado, pues el crecimiento del sector minero ha provocado una alta demanda, lo cual implica mayores niveles de innovación y eficacia; sin embargo, las empresas pueden perder el control del proceso (Revista Negocios Globales, 2008). Un problema que deriva de lo anteriormente dicho, es la falta de tecnología dentro de las plantas, las cuales generan que estas no muestran todo el potencial necesario, ello se ve reflejado en la cantidad producida.

Los reportes en las plantas se dan de manera manual lo cual muchas veces dificulta que no haya una buena calidad de la información, lo que a la larga genera que no se tengan datos exactos necesarios. Esto se puede observar en diversos momentos como cuando se requiere de repuestos o insumos, cuando sea necesario algún mantenimiento preventivo de algunas

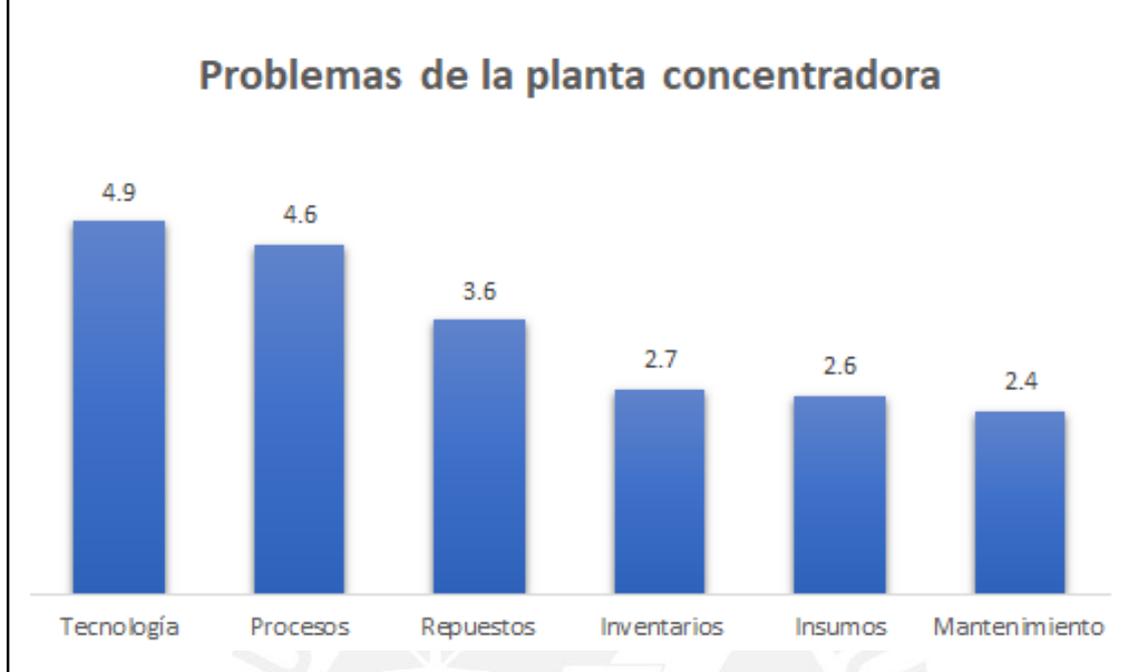
máquinas, entre otras. Estas generan ineficiencias en las distintas plantas, y todo se presenta dentro de una área específica que es el filtrado. El cual en el tiempo se vuelve un cuello de botella. Todos estos son parte del problema empírico que son los factores críticos que influyen en el proceso de filtrado de una planta concentradora de minerales, por lo cual se mostrará un pareto con dichos problemas.

Tabla 1: Causas que afectan la capacidad de la planta

| Problema | Media |
|-----------------|--------------|
| Tecnología | 4.9 |
| Procesos | 4.6 |
| Repuestos | 3.6 |
| Inventarios | 2.7 |
| Insumos | 2.6 |
| Mantenimiento | 2.4 |

A partir de lo dicho anteriormente, el sujeto de estudio que se ha escogido para esta investigación es la Corporación Minera Toma la Mano S.A. Teniendo en cuenta, que esta posee más de 40 años en el rubro minero siendo uno de los referentes de la pequeña minería ancashina. La empresa maneja actualmente una planta concentradora que tiene como clientes a los pequeños mineros y mineros artesanales. Esta planta sigue un proceso definido para la producción de concentrado, la cual consiste en cuatro grandes procesos que son el chancado, la molienda, la flotación y el filtrado.

Figura 2: Causas que afectan la capacidad de la planta



Como se puede ver existen diversos problemas que pueden afectar el proceso de filtrado de la capacidad de producción de una planta concentradora, las cuales forman parte de los diferentes factores críticos que limitan la capacidad de planta. Esto es reforzado por lo dicho por EY,

“Mencionan diez principales riesgos en la industria minera, los cuales se encuentran la carencia de habilidades por parte de los trabajadores lo que podría generar cuellos de botella, la falta de infraestructura logística para transportar los minerales por el difícil acceso que existe para ingresar a las bases mineras y el control del dinero que va de la mano con la pérdida de manejo de los costos” (2017).

Todos ellos son los factores críticos que afectan a la producción de una minera generando ineficiencias que influyen en la capacidad de la planta, en especial en el filtrado.

1.2. Descripción del problema a investigar

La problemática a tratar está centrada en un componente muy importante para las empresas como lo es el componente de producción. De acuerdo a Buffa (1983), el proceso productivo es un proceso de transformación o conversión, en la cual los recursos de entrada pueden tomar una amplia variedad de formas. De esta manera la producción permite adoptar a las materias primas mediante el empleo de actividades, con la finalidad de obtener un beneficio

distinto. La producción no es una actividad que se realice de manera aislada, pues es parte de un todo mucho más amplio que es llamado sistema de producción. Tal como lo comenta Viteri,

“Los sistemas de producción es el conjunto de actividades que le permiten realizar la elaboración de unos bienes y servicios mediante el establecimiento de una cadena de valor entre unos recursos y unos resultados, utilizando para ello un conjunto de decisiones operacionales relacionadas con el proceso, la capacidad, la gestión de inventarios, talento humano y la calidad” (2015).

En otras palabras, los sistemas de producción son resultado de un conjunto de decisiones de distintos enfoques que le permiten a las materias primas convertirse en un producto. De acuerdo a la realidad evidenciada en el problema de la planta concentradora Toma la Mano, se evaluará a la producción desde un enfoque de capacidad.

La capacidad de producción de una empresa activa se mide a partir de la cantidad y calidad de los recursos humanos, las máquinas y equipos, las instalaciones físicas, la distribución de la planta, el sistema de producción y el capital de trabajo disponible (Cajigas Ramirez, & Ramirez, 2019). Es decir, la capacidad dentro de la producción va a estar influenciada por distintos factores siendo los más importantes las maquinarias como los recursos humanos. Esto se debe a que las primeras se encargan de realizar muchas veces la transformación y los segundos están de soporte de los primeros completando el ciclo de producción. Por otra parte, la capacidad instalada surge de considerar el cuello de botella donde el proceso productivo se hace más lento (Fernández, Avella & Fernández, 2006). En este caso debido a que la capacidad de producción se puede ver limitada por los cuellos de botella, para el caso de la minera Toma la Mano es pertinente analizar su cuello de botella el cual es el proceso de filtrado.

El proceso de filtrado, de manera general, es un proceso físico-mecánico en el cual se separan elementos de una mezcla a través de un medio filtrante ubicado dentro de una carcasa (Giraldo, 2015). Es decir el proceso de filtrado se emplea para poder retener ciertas impurezas en el elemento deseado mediante un filtro (elemento principal) el cual está protegido por una carcasa. Debido a que el elemento principal es el filtro, Giraldo (2015) señala que existen variables a tomar en cuenta en la correcta selección de los filtros como: compatibilidad química, diferencia de presión, tamaño de partículas, temperatura, viscosidad. La elección del filtro idóneo va a depender del tipo de material a trabajar y la evaluación en las variables mencionadas anteriormente.

Finalmente, en lo que respecta a la capacidad de producción se evaluó utilizar tres herramientas operativas, la primera es el OEE (Análisis de la Capacidad Total). Esta herramienta es una jerarquía de métricas que se centra en la eficacia con la que se utiliza una operación de fabricación, que se basa en la medición de la disponibilidad, rendimiento y la calidad. Además, evalúa la disponibilidad de acuerdo al tiempo en que la máquina funciona y las horas previstas en las que se va a trabajar (Stamatis, 2010). La segunda es el TEEP (Desempeño Efectivo Total de los Equipos) que es muy parecido al OEE, pues utiliza la disponibilidad, rendimiento y calidad. Sin embargo, el TEEP se diferencia en la disponibilidad, pues utiliza todo el tiempo total disponible; es decir, 24 horas los 365 días del año, mientras que el OEE se basa en el tiempo de producción previsto (Stamatis, 2010). La tercera es el OOE (Efectividad General de las Operaciones) esta también posee los mismos elementos que OEE y TEEP; no obstante, la gran diferencia es que en la disponibilidad toma en cuenta desde que comienza el turno hasta que termina. Es decir, toma en cuenta las paradas de máquina para revisión en el OEE y el TEEP no sucede (Ospina, 2020). Al evaluar estas herramientas se eligió el OEE, pues, esta a diferencia de las otras, analiza los tiempos en que la máquina está trabajando de acuerdo a las horas previstas, lo cual se acomoda más al contexto del sujeto de estudio que es la planta de concentrado de minerales Toma la Mano, en la cual planifican sus operaciones de acuerdo a las horas en las cuales las maquinarias están siendo usadas como pasa en el OEE.

Tabla 2: Cuadro comparativo del OEE, TEEP Y OOE

| | OEE | TEEP | OOE |
|--------------------|---|---|--|
| DIFERENCIAS | Evalúa la disponibilidad de acuerdo al tiempo en que la máquina funciona y la horas previstas en las que se va a trabajar | Evalúa la disponibilidad utilizando todo el tiempo total disponible; es decir, 24 horas los 365 días del año. | Evalúa la disponibilidad desde que comienza el turno hasta que termina, es decir, toma en cuenta las paradas de máquina para revisión. |
| SIMILITUDES | Todas estas herramientas operativas poseen como elementos la disponibilidad, rendimiento y calidad. | | |

El OEE permitirá poder identificar los problemas del proceso de filtrado y las causas de los mismos dentro de los parámetros de la disponibilidad, el rendimiento y la calidad con la finalidad de poder identificar los puntos de mejoras. Dentro de las ventajas del OEE se encuentran el poder incrementar la productividad, disminuir el costo y aumentar la conciencia de la necesidad de productividad de la máquina (Stamatis, 2010) . Estas ventajas permitirían que el trabajo de investigación pueda incrementar la cantidad de producción y también que tenga un impacto en el ámbito financiero.

2. Objetivos de la investigación

2.1. Objetivo general

Determinar los factores que afectan a la capacidad de producción de la planta Toma la Mano en Huaraz.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la situación actual de la capacidad de producción de la planta Toma la Mano
- Evaluar el indicador de eficiencia del proceso de filtrado para mejorar la cantidad de producción
- Evaluar el indicador de disponibilidad del proceso de filtrado para mejorar la cantidad de producción
- Evaluar el indicador de calidad del proceso de filtrado para mejorar la cantidad de producción
- Determinar la propuesta más adecuada que optimice la capacidad de producción

3. Preguntas de la investigación

- ¿Cómo se encuentra actualmente la capacidad de producción de la empresa?
- ¿Cuál es el estado del indicador de rendimiento del proceso de filtrado?
- ¿Cuál es el estado del indicador de disponibilidad del proceso de filtrado?
- ¿Cuál es el estado del indicador de calidad del proceso de filtrado?
- ¿Cuál es la propuesta más adecuada que optimiza la capacidad de producción?

4. Hipótesis / supuestos base

La teoría menciona que en la producción se presentan cuellos de botella, pues tanto las maquinarias como las personas que son parte fundamental de una planta centradora pueden generar este tipo de problemas. Por este motivo, la hipótesis de investigación que se va a plantear es que el proceso de filtrado es un cuello de botella para la producción de la planta

concentradora de la empresa minera Toma La Mano S.A. Esto se va a tratar de demostrar de acuerdo a como las variables que conforman el proceso de filtrado influyen en la variable dependiente que es la capacidad de producción.

5. Justificación

El trabajo de investigación que se está proponiendo genera una ventana de oportunidad a mejorar los procesos productivos de la planta concentradora Toma la Mano, pues al identificar su cuello de botella y al poder identificar las razones por las cuales no le permiten a la planta concentradora desarrollar su máxima capacidad, se puede plantear un plan de acción correctivo a ese problema, y de esta manera mejorar la eficiencia y eficacia de su proceso productivo. Cabe resaltar que los resultados de esta investigación podrían ser tomado como referencia para otras empresas que puedan presentar un problema similar en su proceso de filtrado.

La minería, tal como se pudo apreciar en la problemática, es una actividad productiva la cual tiene mucha injerencia en lo que es el crecimiento tanto del PBI, como el desarrollo de las localidades en las cuales se desarrolla la minería mediante el canon minero. Al momento en el que las plantas concentradoras puedan mejorar su proceso productivo podrían vender con el paso del tiempo más productos lo que generaría un mayor ingreso por Canon minero a las localidades donde se desarrolla la actividad. En el caso de la planta minera Toma la Mano, la localidad beneficiada sería la localidad de Ticapampa en Ancash.

Finalmente, la investigación sobre el proceso de filtrado en una planta concentradora es un tema que académicamente puede ser el inicio de una ventana de oportunidad para examinar el sujeto de estudio, debido a que hasta el momento en el mundo académico no hay muchos estudios basados en dicho sujeto. Por otro lado, el examinar el proceso de filtrado también es un punto a destacar del tema, puesto que no existen muchas investigaciones sobre dicho proceso dentro de una empresa del sector minero.

6. Viabilidad

Para realizar la presente investigación se cuenta con la disposición de la empresa para la entrega de información histórica de la situación del proceso de producción. También se cuenta con la disposición de los empleados a participar brindando información para la presente investigación. Por el lado de fuentes secundarias se cuenta con una amplia gama de investigaciones respecto a los procesos productivos tanto en no mineras como mineras donde se aplica el OEE lo cual permite una mayor comprensión del tema.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

1. Alcance metodológico

La investigación a realizar es multimetódica debido a que posee un enfoque mixto, según Hernández-Sampieri (2014) este tipo de enfoque representa un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación. Además, implica la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta para lograr un mayor entendimiento del fenómeno estudiado. El problema planteado es uno en el que no necesariamente debe ser analizado solamente desde un enfoque cuantitativo, el cual ciertamente podría determinar parte de las fallas del proceso de filtrado. No obstante, no podría identificar todas las razones detrás de esas fallas por esa cuestión el complemento del enfoque cualitativo es vital para poder no solo identificar otras fallas sino también comprenderlas. Todo esto con la finalidad de poder tener la mayor cantidad de datos posibles para que al aplicar la herramienta OEE se pueda identificar la verdadera causa detrás de los problemas de disponibilidad, eficiencia y calidad; y los motivos que la ocasionan.

Una vez propuesto el enfoque y observando nuestros objetivos de estudio es claro decir que el alcance de nuestro trabajo es del tipo correlacional. Hernández-Sampieri (2014) indica que las investigaciones de este tipo permiten la asociación de conceptos o variables, cuantifican las relaciones entre estos y permiten realizar predicciones. En este caso al querer evaluar cómo es que el proceso de filtrado impacta en el proceso de producción ha sido necesario formular una hipótesis y trabajar en base a ella. Debido a esto, el alcance no solo permitirá corroborar el impacto de cada una de las variables del proceso de filtrado en la producción sino también podrá demostrar la veracidad y falsedad de la hipótesis es el alcance correlacional pues tiene un valor explicativo en su esencia.

2. Diseño y secuencia metodológica

Una vez conocidos tanto el método como el alcance de la investigación el diseño metodológico el cual se va a emplear para la investigación es el estudio de caso. Este se podría definir como “estudios que al utilizar los procesos de investigación cuantitativa, cualitativa o mixta analizan profundamente una unidad holística para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar alguna teoría” (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Es de esta manera para poder tener una correcta secuencia metodológica, en base al diseño, se utilizarán herramientas y procesos de distintos tipos de investigaciones. Asimismo, este diseño apoya y enfatiza aún más el hecho de poder comprobar la hipótesis planteada y permite visualizar el problema de manera holística.

Es en este sentido que para la investigación se emplea un tipo de investigación mixta siendo más específicos el diseño de triangulación concurrente (DITRIAC). El modelo escogido permite corroborar información o realizar una validación cruzada entre los datos cuantitativos y los datos cualitativos lo que permite minimizar debilidades (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). En este sentido este diseño de metodología mixta va a permitir el poder aprovechar la riqueza de ambos métodos de investigación y que puedan complementar con el fin de llenar los vacíos individuales que cada uno de los métodos tiene por separado.

3. Secuencia metodológica

Al realizar un estudio de caso y teniendo en cuenta el contexto que se está viviendo actualmente es importante aclarar que dentro de las técnicas de recolección de información lo que no se va a poder hacer es la visita presencial de las instalaciones de la planta concentradora Toma la Mano en Huaraz. Sin embargo, eso no quita del mapa la posibilidad de empleo de otras técnicas de recolección que permitan realizar una recolección de datos equivalente a la que se podría obtener de poder haber visitado presencialmente la planta. Como punto de partida previo se han realizado entrevistas preliminares a altos cargos de la empresa Toma la Mano con la finalidad de poder tener una aproximación a lo que es la realidad de planta concentradora y tener un panorama general de los problemas que puede poseer.

Es así que se reafirma la hipótesis inicial sobre el proceso de filtrado y se comenzó a plantear las primeras acciones para poder definir las variables que puedan influir en la producción. Dentro de las primeras acciones para recopilar la información se realizó entrevistas virtuales a expertos en la materia dentro del sector minero de los cuales el objetivo es poder cimentar aún más las bases de la investigación. Para este tipo de entrevistas y yendo en línea con lo que indica la selección muestral, se realizará una guía de entrevista la cual permitirá obtener los datos necesarios para el desarrollo de esta investigación.

Seguidamente, una vez cimentadas aún más las bases de la investigación, se realizan entrevistas virtuales a los empleados de la planta concentradora, específicamente a los que tienen que ver directamente con el proceso de filtrado. Esto con la finalidad de recolectar información, desde su experiencia, acerca de las posibles causas que pueden ocasionar perjuicios en las distintas variables que influyen en el proceso de filtrado. Acto seguido se procederá a realizar una encuesta anónima a los trabajadores de línea para poder medir la influencia de las variables y sus causas del proceso de filtrado en el proceso de producción. Las encuestas serán formuladas utilizando el método de la escala de Likert a fin de poder medir el grado de impacto que tienen dichas variables en la producción.

Por otro lado, se solicitarán los registros históricos y documentos acerca de los distintos problemas ocurridos en el proceso de filtrado con la finalidad de poder obtener información exacta acerca de los inconvenientes con proceso de filtrado así como la frecuencia de los mismos. Al ser la de naturaleza cuantitativa, es cuestión de ordenarla y poder realizar su correcto tratamiento para que sumado a la información de las entrevistas pueda realizarse una correcta medición del impacto de las variables. Finalmente con los datos obtenidos se procederá a realizar el análisis del tipo correlacional para determinar si la variable dependiente (capacidad de producción) es afectada por las variables independientes (provenientes del proceso de filtrado).

4. Selección muestral

La selección muestral empleada para el trabajo es del tipo no probabilístico. Esto se debe a que según indica Hernandez-Sampieri,

“Este tipo de muestreo desde el punto de vista cuantitativo es útil para determinados diseños de estudio que no requieren una representatividad de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características especificadas previamente en el planteamiento del problema” (2014).

Tal y como lo indica la aplicación la descripción de este tipo de muestra, permite brindarle a los investigadores cierta libertad en la selección de la muestra a seleccionar y esto se debe a que lo que se busca son datos que permitan el desarrollo de la investigación. Para la investigación realizar este tipo de muestreo es conveniente porque ayudará a la recolección de la data cualitativa mediante las técnicas de recolección que se explicarán más adelante.

Sobre las muestras de personas a ponernos en contacto quedaría de la siguiente manera: Se ha partido del concepto de punto de saturación el cual según Morse dice lo siguiente: “En el ámbito de la investigación cualitativa se entiende por saturación el punto en el cual se ha escuchado ya una cierta diversidad de ideas y con cada entrevista u observación adicional no aparecen ya otros elementos” (1995). Para la presente investigación se determinó el punto de saturación a la quinta entrevista realizada puesto que posteriormente los siguientes entrevistados solo repetían la información que se había obtenido.

5. Técnicas de recolección de información

Tabla 3: Matriz de consistencia

| Problema general | Objetivo general | Hipótesis general | Variables | Indicadores |
|--|---|--|--|---|
| ¿Cuáles son los factores del proceso de filtrado que afectan a la capacidad de producción de la planta Toma la Mano en Huaraz? | Determinar cuales son los factores del proceso de filtrado que afectan a la capacidad de producción de la planta Toma la Mano en Huaraz | El determinar los factores del proceso de filtrado que afectan la capacidad de producción ayudan a poder tomar acción sobre ellos y mejorar la capacidad de producción | Variable dependiente: Capacidad de Producción | Productividad % OEE |
| Problema Específicos | Objetivo Específicos | Hipótesis Específicos | | Indicadores |
| ¿De qué manera la situación actual influye en la capacidad de producción? | Determinar la situación actual de la planta | La situación actual influye en la capacidad de producción | | Indicador volumen de producción (TON/H) |
| ¿De qué manera la evaluación del rendimiento influye en la capacidad de producción? | Evaluar si el indicador del rendimiento influye en la capacidad de producción | El indicador del rendimiento sí influye en la capacidad de producción | | % Rendimiento |
| ¿De qué manera la evaluación de la disponibilidad influye en la capacidad de producción? | Evaluar si el indicador de la disponibilidad influye en la capacidad de producción | El indicador de la disponibilidad influye en la capacidad de producción | | % Disponibilidad |
| ¿De qué manera la evaluación de la calidad influye en la capacidad de producción? | Evaluar el indicador de calidad influye en la capacidad de producción | El factor de calidad sí influye en la capacidad de producción | Variable independiente | % Calidad |

| Problema general | Objetivo general | Hipótesis general | Variables independiente | Indicadores |
|--|--|--|--------------------------------|---|
| ¿De qué manera la propuesta optimiza la capacidad de producción? | Determinar la propuesta más adecuada que optimice la capacidad de producción | La propuesta optimiza la capacidad de producción | | VAN, TIR Proyección del volumen de fabricación % OEE proyectado |

La matriz de consistencia indica que se necesita para el primer objetivo identificar el volumen de producción para lo cual es necesario el poder adquirir los reportes de capacidad de producción históricos para poder conseguir los ratios. En el caso del segundo objetivo se pedirán los registros históricos de cuántas toneladas por hora al día ha producido la máquina para determinar el estado actual del rendimiento. Por el lado del objetivo 3 se solicitarán los registros de paradas programadas y no programadas con el objetivo de observar cuánto tiempo ha estado disponible la maquinaria y observar puntos de mejora. En el cuarto punto se observará el porcentaje de elementos no aptos o de baja calidad con relación a los elementos totales para poder determinar el porcentaje de calidad.

Una vez obtenida la información correspondiente se procederá al análisis de los motivos por los cuales los tres aspectos no han llegado a su mejor versión de eficiencia con la finalidad de armar un plan que permita optimizar la capacidad de producción. Finalmente se establecerán indicadores que muestren un panorama de una situación futura con el fin de compararlo con la situación actual y poder determinar cuánto es la mejora que propone el trabajo.

6. Ética en la investigación

Con el fin de realizar una correcta investigación y respetar la propiedad intelectual se emplea para el citado de las fuentes secundarias correspondientes la normativa APA en su sexta edición. Para el caso de las entrevistas, se les hará firmar un consentimiento informado a las personas seleccionadas donde se les especificará que la información tratada es netamente para el uso académico.

CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO

En el presente capítulo se explicará cómo funciona la empresa Toma la Mano, para ello se detallará el mapa de procesos y la cadena de valor de la empresa. También se hará un diagnóstico de la empresa para ello se realizará un DAP y un diagrama de flujo el cual permita entender cómo es el proceso de concentrado de minerales para que así se pueda mostrar la problemática que se presenta en la planta. Luego de ello, se mostrará el OEE de las maquinarias para poder conocer si la planta concentradora está trabajando de manera óptima y finalmente se analizarán los datos obtenidos y se darán soluciones viables para la problemática que se presente.

1. Descripción de la empresa

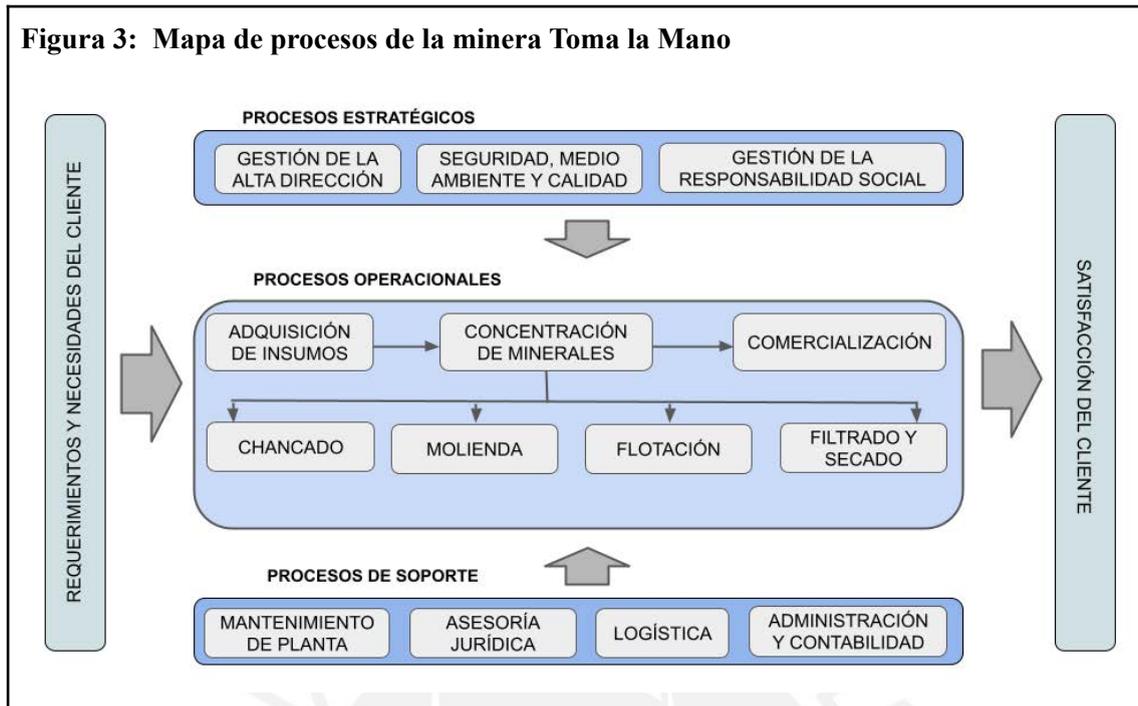
La planta concentradora Toma la Mano se encuentra en el caserío de Buenos Aires en el distrito de Ticapampa provincia de Recuay, la cual comenzó sus operaciones en el año 2008. Actualmente, la planta sigue funcionando y procesando minerales de mineros artesanales y pequeños mineros, los cuales traen los minerales para que sean tratados con la finalidad de obtener el concentrado a fin de ser vendido al exterior. Esta empresa posee muchos años en el mercado, lo cual la ha hecho merecedora de un prestigio dentro de la región de Áncash. Como compañía esta posee objetivos y metas que cumplir, para ello, no solo se encuentra la gerencia general, sino que también está el directorio quién toma las decisiones más importantes de la empresa.

La visión de la empresa es ser reconocida como una de las mejores plantas de concentrado de pequeña minería en el Perú. Respectivamente su misión es ayudar al pequeño productor minero a seguir creciendo a través de un servicio de calidad. Esto demuestra que lo primordial para Toma la Mano es su cliente es por ello que hace mucho énfasis en brindar un servicio óptimo para que así en el futuro el pequeño minero pueda seguir creciendo junto con la empresa.

2. Mapa de procesos

Para analizar más de cerca a la empresa se va a describir el mapa de procesos de Toma la Mano con el objetivo de poder entender cómo es que funciona esta compañía.

Figura 3: Mapa de procesos de la minera Toma la Mano



El mapa de procesos expuesto muestra tres grandes grupos de procesos: de gestión, clave y de apoyo, cada uno de estos se interrelacionan y forman lo que es la empresa Toma la Mano.

2.1. Procesos estratégicos

A partir de lo dicho por Macías, Alvarez, Rojas, Grosso, Martinez, Sánchez & Barcala (2007), los procesos estratégicos son aquellos que establecen la dirección de la empresa para definir el modo en que se realizarán las operaciones”. En el caso de la empresa Toma la Mano los procesos estratégicos son , en primer lugar, la gestión de la alta dirección que es de suma importancia, pues es donde se decide cómo se va a operar la empresa y qué decisiones se deben tomar para que la organización siga creciendo, aquí se encuentran tanto el gerente general como el directorio quienes son los encargados de dirigir y tomar las decisiones más importantes en la empresa.

También está otro proceso estratégico como es la seguridad, medio ambiente y calidad, esta garantiza que los trabajadores de Toma la Mano realicen una buena labor, respetando los parámetros dados por el gobierno y cuidando el medio ambiente, pues dentro de la planta se encuentra un área de relaves , la cual cuenta con todos protocolos para evitar que elementos tóxicos generen problemas de salud a los trabajadores y a los poblados más cercanos a la planta. para evitar problemas las maquinarias que se usan durante el proceso deben de estar óptimas para garantizar que se respete lo señalado por el gobierno y brindar un producto de calidad.

Finalmente se encuentra la gestión de responsabilidad social la cual es de suma relevancia, pues sin esta los pueblos colindantes a la planta no permitirían que se trabaje regularmente, ya que la empresa y los poblados más cercanos tienen un trato en el cual Toma la Mano debe de realizar actividades y prácticas que permitan gestionar los impactos y a la vez colaborar con los pobladores; por ello, siempre hay una comunicación fluida con estas comunidades.

2.2. Procesos claves

Según lo mencionado por Macias et al. (2007), los procesos clave “son aquellos que proporcionan valor añadido captando las necesidades del cliente para prestar el servicio”. Es así que su objetivo es otorgar satisfacción al cliente”. Los procesos clave que hay en esta empresa son; en primer lugar, la adquisición de insumos, los cuales son de la más alta calidad para garantizar que el cliente obtenga un producto bueno, es importante mencionar que sin estos la planta de concentrado de mineral no podría funcionar a su 100%. Por consiguiente, debe de haber una fluida comunicación con los proveedores para evitar paradas en los procesos.

En segundo lugar, el proceso de concentración de minerales, que está conformada por el chancado, la molienda, la flotación, el filtrado y secado, es el proceso más importante que posee la empresa, pues es esta la que le genera beneficios económicos; por ello, sin esta la empresa no podría existir. En tercer lugar, se encuentra la comercialización, este proceso es de importancia, pues para que el concentrado pueda generar beneficios económicos debe de ser vendido a una empresa interesada en el concentrado, para que ello suceda la empresa, mediante redes de contacto, presenta varios postores dispuestos a comprar el concentrado producido por Toma la Mano.

2.3. Procesos de apoyo

A partir de lo citado por Macias et al. (2007), “los procesos de apoyo sirven de soporte a los procesos clave y son de vital importancia para todos los procesos de la organización”. Esto se debe a que sin ellos los demás procesos no podrían entregar el valor requerido por el cliente. Entonces, es necesario que estos procesos se encuentren al servicio de los demás procesos; es más, como principal característica deben compartir la visión y misión organizacional. Los procesos de apoyo que se pueden encontrar en Toma La Mano; por un lado, el mantenimiento de la planta, la cual es de suma relevancia, pues permite que la planta pueda trabajar a su 100%, previniendo desperfectos en las maquinarias de la planta, ya sea por piezas defectuosas o mecanismos que necesitan ser cambiados.

Por otro lado, se encuentra la asesoría jurídica, esta se concentra en ayudar a cerrar contratos con mineras, manejo de propiedades mineras, obligaciones y permisos relacionados

al rubro, es decir, los abogados del sector minero asesoran a la empresa para eludir problemas jurídicos ya sea con clientes o el Estado, pues en este rubro se manejan sumas exorbitantes de dinero y muchas veces la asesoría jurídica te va permitir seguir un camino correcto y evitar posibles multas o penalizaciones. También está el área de Logística, la cual se encarga que la planta sea abastecida correctamente de insumos, maquinarias, repuestos, etc; con el objetivo de que la planta siga trabajando al 100% con productos de calidad. Finalmente, el área de Administración y Contabilidad la cual se encarga de realizar y coordinar el presupuesto de la empresa, además de elaborar informes financieros proponiendo correctivos para mejorar los resultados.

3. Cadena de valor

Otro punto importante para poder entender las actividades que se realizan en Toma la Mano y para de esta manera comprender el proceso de producción es poder identificar los componentes de la cadena de valor.



3.1. Proveedores

Los insumos químicos que se utilizan son los llamados colectores, espumantes, depresores, modificadores y activadores. Todos estos son usados en el momento de la flotación. Los proveedores de estos insumos son empresas especializadas en químicos para minería como

Arrmaz y Royal Chemical del Perú. Los repuestos de las máquinas son de suma importancia para evitar que haya paradas no planeadas que obstaculicen el proceso de producción de la planta. Estas son vendidas por empresas especializadas como Vymasa. Los minerales que son tratados dentro de la planta Toma la Mano son traídos por pequeños mineros, ya que estos muchas veces no poseen una planta concentradora de minerales. Es por ello que adquieren los servicios brindados por la empresa para así poder vender su concentrado y obtener beneficios.

3.2. Preparación del mineral y la planta

En esta etapa se prepara la maquinaria con mantenimientos para que el mineral pueda ser trabajado. Además de ello, los operarios y capataces siguen un plan de capacitación con la finalidad de llevar a cabo el proceso de producción de minerales de la mejor manera posible, buscando entregar un producto final posea la calidad esperada para poder ser vendido.

3.3. Producción del mineral

En esta parte de la cadena de valor, los minerales entregados por los clientes (pequeños mineros) son procesados y tratados con el fin de obtener el concentrado. Este mineral debe de pasar por el chancado, molienda, flotación y filtrado. Todo este proceso es necesario para que el mineral pueda ser vendido. La empresa minera Toma la Mano es quien se encarga de supervisar y realizar todo el proceso, por tanto, es responsable de solucionar cualquier problema que haya durante la obtención del concentrado mineral.

3.4. Acopio y articulación

En el caso de la cadena de valor de la empresa Toma la Mano, el proceso de acopio es llevado por la misma empresa, ya que dentro de la planta poseen lugares específicos que permiten acopiar el mineral. Cuando el mineral es acopiado, los operarios y capataces obtienen muestras para poder ver la calidad del mineral y poder cotejar si el mineral trabajado tiene la calidad esperada. Este muestreo es entregado finalmente a los clientes.

3.5. Comercio

Finalmente, cuando a los clientes se les entrega el concentrado, la empresa brinda también el servicio de apoyo al pequeño minero para poder vender los minerales, a través de una red de contactos que posee la empresa para así poder mostrar el producto del cliente a potenciales compradores de minerales. De este proceso final, se encarga el área comercial de la empresa, la cual contacta y negocia con compradores de minerales.

4. Diagnóstico del proceso de producción

4.1. Proceso de producción

La empresa minera Toma la Mano es una empresa que procesa tanto mineral propio como de terceros. Dentro de sus procesos principales se encuentran el chancado, molienda, flotación, filtrado/secado. Para realizar cada una de estas actividades la organización cuenta con distintas maquinarias las cuales permiten realizar el proceso productivo en el cual se obtiene como producto final el concentrado, el cual es muy cotizado a nivel internacional. Para entender este proceso se ha realizado un DAP el cual va a permitir desglosar y entender cómo es el proceso productivo en una planta concentradora de minerales.

Tabla 4: DAP del proceso de producción

| Descripción | Cantidad | Distancia | Tiempo | Símbolo | | | | | Observaciones |
|--|----------|-----------|--------|---------|---|---|---|---|---|
| | | | | ○ | ⇒ | D | □ | ▽ | |
| El mineral es enviado area de chancado | 1 | - | 1 | | ● | | | | mediante las tolvas |
| El mineral es chancado por las máquinas chancadoras | 1 | - | 12 | ● | | | | | |
| Inspección y muestreo de lo obtenido en el área de chancado | 1 | - | 3 | | | | ● | | |
| El mineral es transportado al área de molino | 1 | - | 1 | | ● | | | | mediante correas transportadoras |
| El mineral es molido | 1 | - | 24 | ● | | | | | mediante el molino de bolas |
| El producto obtenido es clasificado | 1 | - | 3 | ● | | | | | mediante los ciclones |
| Inspeccionar y muestrear lo obtenido en el molino | 1 | - | 3 | | | | ● | | |
| Luego de la inspección, el producto es llevado a al area de flotación | 1 | - | 1 | | ● | | | | lubricar bandejas |
| En el area de flotación, se realiza la separación de minerales en las celdas | 1 | - | 24 | ● | | | | | se utilizan insumos y reactivos químicos. |
| Se inspecciona y se muestrea lo obtenido en la flotación | 1 | - | 3 | | | | ● | | |
| Luego este concentrado obtenido es llevado area de filtrado | 1 | - | 1 | | ● | | | | |
| El concentrado es filtrado mediante espesadores | 1 | - | 24 | ● | | | | | |
| El concentrado ya filtrado es secado | 1 | - | 48 | ● | | | | | mediante paredes secadoras |
| Se inspecciona lo obtenido en el area de filtrado | 1 | - | 3 | | | | ● | | mediante correas transportadoras |
| Se obtiene el producto final se almacena y se entrega al cliente | 1 | - | 4 | | | | | ● | |
| | TOTAL | 14 | - | 155 | | | | | |

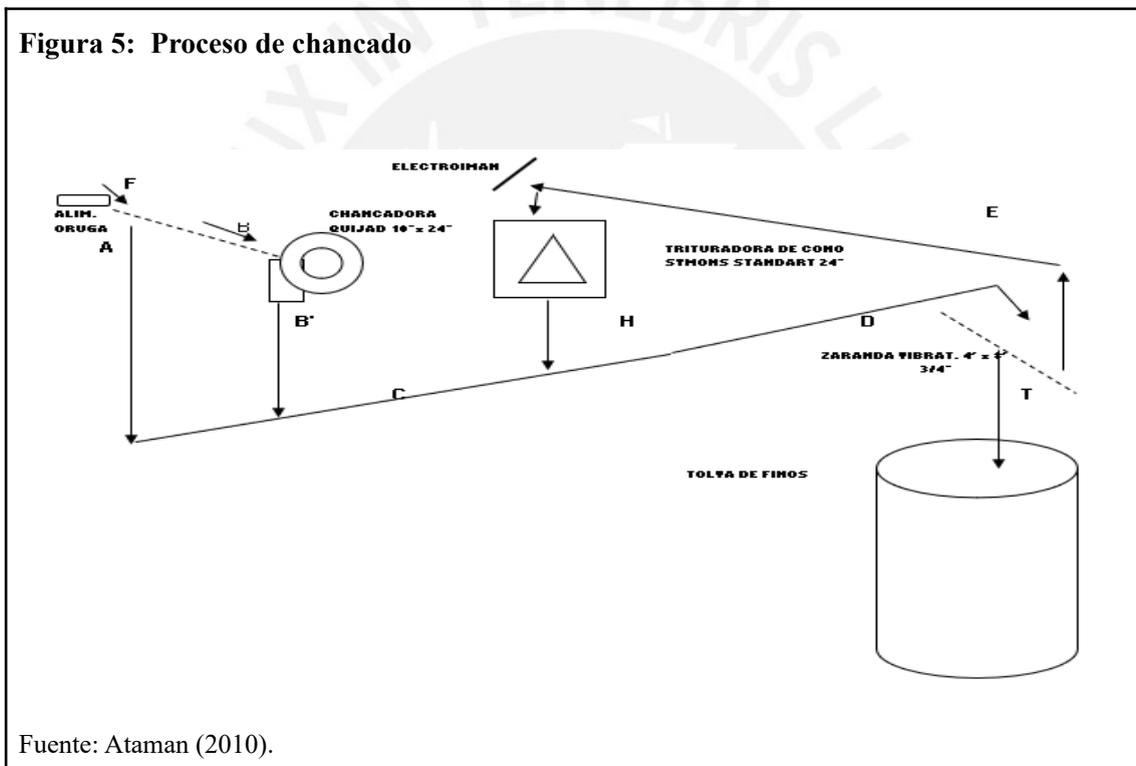
4.1.1. Llegada del mineral

Toma la Mano actualmente tiene una concesión minera que por motivos circunstanciales no está utilizando es por eso que se está recibiendo minerales de terceros. La empresa trabaja normalmente con pequeños mineros y mineros artesanales quienes traen su propio mineral mediante volquetes. Estos poseen tolvas las cuales transportan el mineral, este es recepcionado por los trabajadores de la planta para que se realice la producción del concentrado. Es importante aclarar que la empresa ya viene trabajando muchos años en el rubro, por lo cual muchos de los proveedores ya están fidelizados. factores críticos de la cadena de suministros.

4.1.2. Chancado

El proceso de chancado cuenta actualmente con dos chancadoras una primaria y otra secundaria. Previo a que el mineral entregado por los proveedores entre a la chancadora primaria se evalúa si las rocas están muy grandes. Si tal fuera el caso se procede con combas a reducirles el tamaño para que puedan entrar a la chancadora sin ningún problema. Una vez salida de la chancadora primaria pasa a la secundaria donde se termina de reducir el tamaño a 1.5 pulgadas aproximadamente. El proceso de chancado en todo momento se realiza en seco y cada 250 TM se hace un muestreo, donde se obtiene una muestra representativa que es llevada al laboratorio para hacer los respectivos análisis y tener las leyes respectivas. El proceso de chancado y trituración del mineral sólo opera 12 horas diarias, tiempo suficiente para producir más de 400 TMH de mineral $-3/4''$, que se acumulan en la tolva de finos. El circuito de chancado termina con la respectiva limpieza y mantenimiento respectivo.

Figura 5: Proceso de chancado



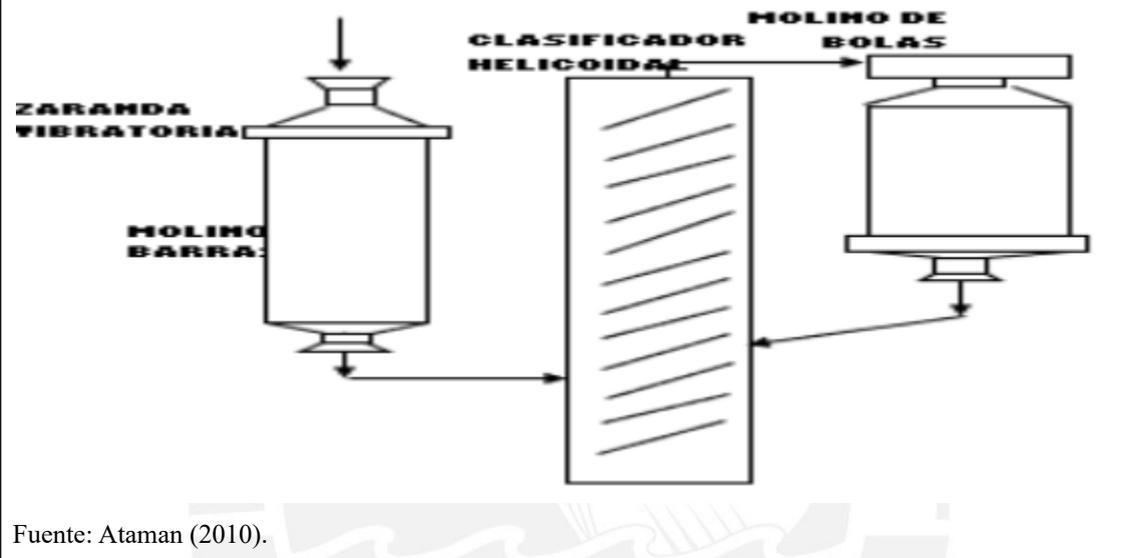
Fuente: Ataman (2010).

4.1.3. Molienda

El proceso de molienda es el segundo subproceso dentro del proceso de producción. Este comienza cuando el mineral que había sido acumulado en la tolva de finos después de pasar por la chancadora secundaria es descargado por la base y va a la faja transportadora la cual alimenta el molino de barras. Se alimenta a un promedio de 16 TMH/h de mineral al molino de barras. El mineral que ingresa al molino de barras se le inyecta agua con el fin de realizar la molienda en húmedo y obtener un barro liviano llamado Pulpa en la descarga. La pulpa

alimentada al clasificador es separada hidráulicamente, realizándose la clasificación de partículas por tamaño, donde se separa el producto grueso (Underflow) del fino (Overflow). Este producto grueso llamado carga circulante va al molino de bolas. El producto descargado del molino de bolas regresa al clasificador para su clasificación. Por otro lado, el producto de partículas finas es arrastrado por la corriente de agua y que ambos salen por el rebose, en el extremo inferior del clasificador.

Figura 6: Proceso de molienda



Fuente: Ataman (2010).

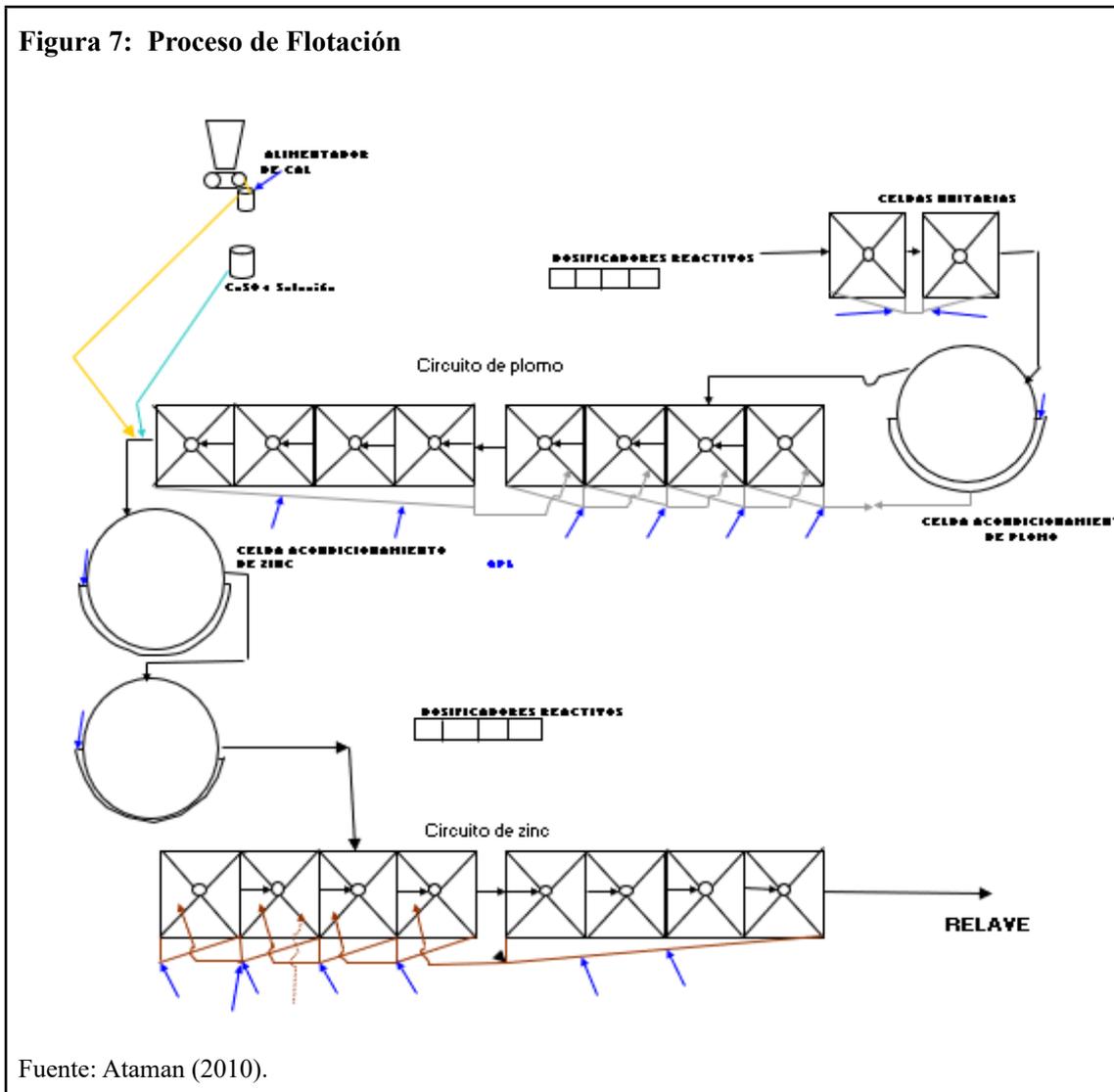
4.1.4. Flotación

La sección flotación es alimentada por la pulpa del Over Flow (rebose) y esta etapa está compuesta de dos circuitos de flotación: circuito de Plomo y circuito de Zinc y la operación de flotación es controlada mediante planteo de muestras de espumas (concentrado) y relave. En el circuito del plomo se le agrega Z11 como colector de plomo, espumante (MIBC) y complejo, para iniciar el proceso de flotación del plomo como concentrado. Esta pulpa ingresa a dos celdas unitarias, donde van flotando en la espuma, las primeras partículas de plomo (galena), y que la espuma (concentrado de plomo) es recogida con paletas giratorias a canaletas que van a línea de concentrado de plomo. La pulpa sigue su curso saliendo del acondicionador para alimentar al banco de celdas del circuito de Plomo. Para posteriormente salir de las celdas del plomo y pasar al circuito del Zinc.

En el circuito del Zinc se adiciona a la pulpa, lechada de Cal para elevar el pH (óptimo es 12), solución de CuSO_4 (Sulfato de cobre) que activa al zinc para que este pueda flotar y Z-6 colector para flotar el zinc. Luego la pulpa ingresa al acondicionador de Zinc N° 1 de donde se

recoge la espuma (concentrado de zinc) por rebalse que va a la línea de concentrado de zinc. La pulpa luego pasa al acondicionador N° 2, de donde también se recoge espuma y se junta a la línea de concentrado de zinc. La pulpa luego sale del acondicionador N° 2 y pasa al banco de celdas del circuito de zinc.

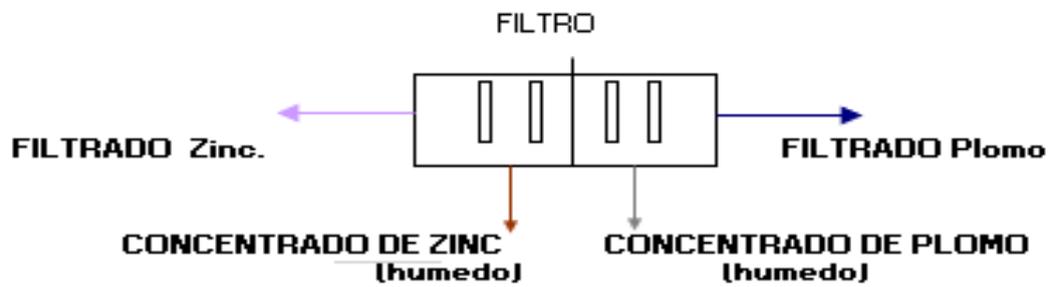
Figura 7: Proceso de Flotación



4.1.5. Filtrado

Después de pasar por las distintas celdas, los concentrados de plomo y zinc son llevados por gravedad al filtro de discos, donde se realiza el filtrado y se obtiene el concentrado con una humedad de aproximadamente 10%, que caen a la cancha de concentrados. Una vez que se encuentran ya los minerales en condiciones finales, estos pasan a separarse para posteriormente llevarlos al puerto del Callao con la finalidad de vender el procesado a un cliente. Es preciso resaltar que el filtrado es descargado cada 15 minutos.

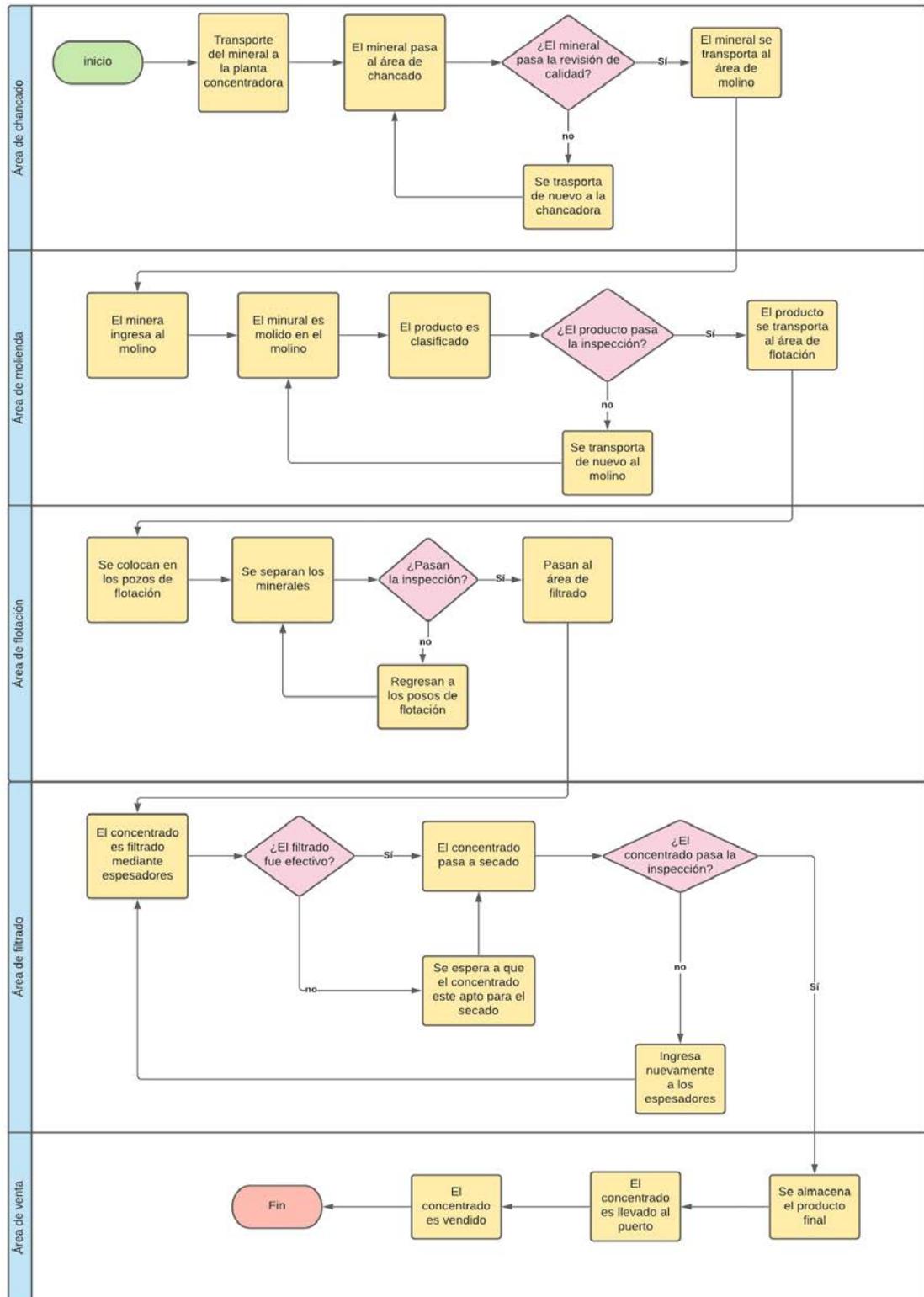
Figura 8: Proceso de Filtrado



Fuente: Ataman (2010).

Se puede observar el diagrama de flujo del proceso de producción el cual muestra cómo es que se produce el concentrado; es decir, se indica desde que los minerales son traídos de mina hasta conseguir el concentrado que es dado a los clientes. Todo ello ha sido explicado anteriormente cuando se detalló el DAP.

Figura 9: Diagrama de flujo del proceso de producción



4.2. Resultados de la encuesta sobre el proceso de producción

Luego de ver cómo funciona cada subproceso en la planta concentradora Toma la Mano, se presentará el análisis de los resultados de una encuesta que se realizó a los trabajadores de la planta en la cual se preguntó sobre los problemas y/o complicaciones que hay en el proceso productivo. Estas preguntas se miden a través de escalas de Likert siendo 1 el menos importante y el número mayor más relevante. Pero antes de ello, se mostrará las características de las personas encuestadas y se analizarán las diversas respuestas que han sido expuestas en las encuestas a través de gráficos y promedios en las preguntas que convengan con el objetivo de poder analizarlo de una mejor forma (ver Anexo A).

4.2.1. Principales características de los encuestados

Como se mencionó anteriormente, se mostrarán las características más importantes de la muestra obtenida. Se detallará el perfil de los encuestados a partir del sexo, antigüedad en la planta y ocupación.

a. Antigüedad en la planta

Con respecto a los años que los trabajadores se encuentran laborando en la planta concentradora de minerales Toma la Mano (ver Anexo B), 7 de ellos tienen entre 0 a 4 años trabajando en el lugar. El otro rango es de 4 a 8 años y cuenta con 6 respuestas por parte de los encuestados. Con respecto al rango de 8 a 12 años, tuvo 18 respuestas. Estos datos nos muestran que en su mayoría las personas que trabajan dentro de esta empresa minera llevan trabajando más de 8 en la planta.

b. Ocupación en la planta

A partir de los resultados obtenidos se pudo obtener 8 categorías (ver Anexo C). Se obtuvo que en los procesos clave como el chancado, molienda, flotación y filtrado se encuentran trabajando 16 personas, en las cuales 4 personas trabajan por cada área. Luego, 3 operarios se encargan del sector de relave, en la parte administrativa podemos encontrar 3 empleados, 4 encargados de la mecánica y almacén; y, por último, 4 personas que supervisan la planta.

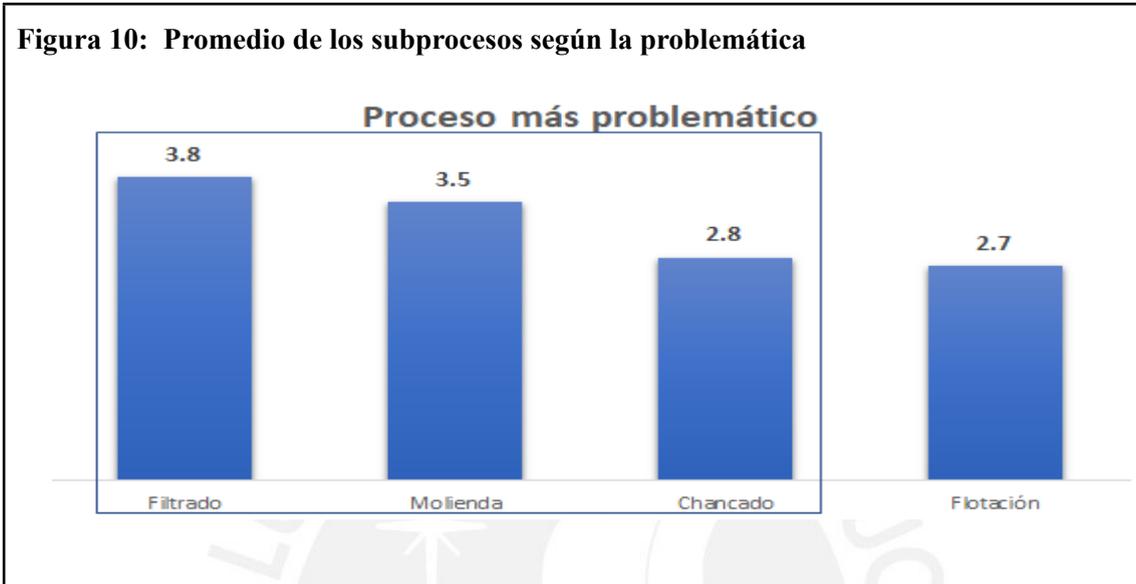
4.2.2. Estadísticas de la encuesta

En esta sección se mostrarán qué subprocesos fueron los que generan más complicaciones, qué factores ocasionaron estas dificultades y qué consecuencias pueden causar los problemas suscitados en la planta.

a. El subproceso más problemático

Se puede observar la media de las respuestas en la cual el subproceso que generó más problemas fue el de filtrado que tuvo un promedio de 3.8, en segundo lugar se encuentra la molienda con 3.5, en tercer lugar el chancado con 2.8, en cuarto lugar en 2.7 (ver Anexo D). Sumado a esto el 80% de los problemas se encuentran entre los 3 primeros procesos.

Figura 10: Promedio de los subprocesos según la problemática



b. Factores que generan problemas en los subprocesos

Como se aprecia, el mayor problema de la planta es la falta de tecnología con 4.9, el segundo factor es la falta de estandarización de procesos con 4.6, en tercer lugar la falta de repuestos en los inventarios con 3.6, en cuarto lugar problemas con el control de inventarios con 2.7, en quinto lugar la falta de insumos para los procesos con 2.6 y, en último lugar, la falta de mantenimientos preventivos con 2.4 (ver Anexo E).

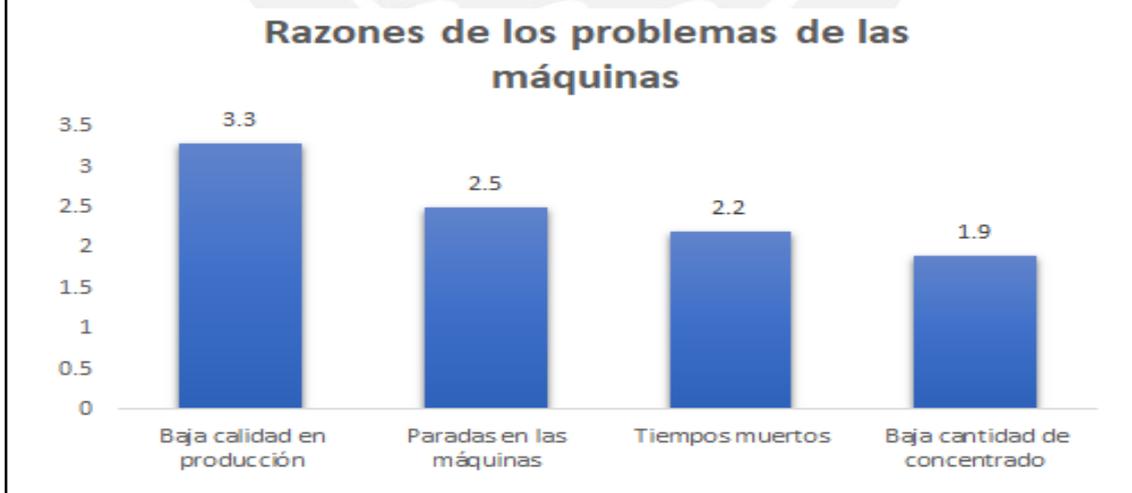
Figura 11: Promedio de los factores que ocasionan problemas en los subprocesos



c. La razón principal de las complicaciones en los subprocesos

En esta nos muestra que la razón principal de las complicaciones es la baja calidad en la producción con 3.3, la segunda consecuencia es la parada de las maquinarias con 2.5, en tercer lugar los tiempos muertos en la planta con 2.2 y, por último, la baja cantidad de concentrado con 1.9 (ver Anexo F).

Figura 12: Principales razones de las complicaciones en los subprocesos



4.3. Resultados de las entrevistas sobre el proceso de producción en toma la Mano

Los resultados presentados a continuación serán solo de las entrevistas realizadas previo a la determinación del punto de saturación. Para el análisis de esta sección se utilizó el software Atlas.ti 9 pues este permite un mejor análisis cualitativo de la información recabada en las entrevistas.

Para el análisis de las encuestas realizadas se decidió emplear 5 códigos principales de los cuales son: problemas de chancado, problemas de molienda, problemas de floración, problemas de filtrado y recomendaciones (ver Anexo G). En base a esto se identificaron las citas en las respectivas entrevistas y se pudo realizar una tabla código-documento donde refleja la frecuencia de mención de cada uno de los códigos.

En la tabla (ver Anexo H) se observa que hay una mayor mención de los problemas de molienda en el global de todas las entrevistas; sin embargo, muchas de esas menciones recaen en lo mismo que son acerca de que los repuesto de la molienda son difíciles de conseguir y que si el molino se detiene, toda la producción tendría que parar. Por el lado del chancado, el cual es segundo problema más mencionado se debe a que como es el inicio del proceso sus problemas también afectan a la producción entera y resaltan las complicaciones por atascos y daños del mobiliario del subproceso. Por el lado del filtrado, si bien en frecuencia está en tercera posición, el problema vital es el filtro de disco y la humedad con la cual termina saliendo el mineral y en un análisis más exhaustivo se pudo observar algunas de sus causas. Finalmente, en el proceso de flotación fue pocas veces mencionado a comparación de sus pares y se deben principalmente a problemas en los tanques y otros problemas comunes entre los demás subprocesos.

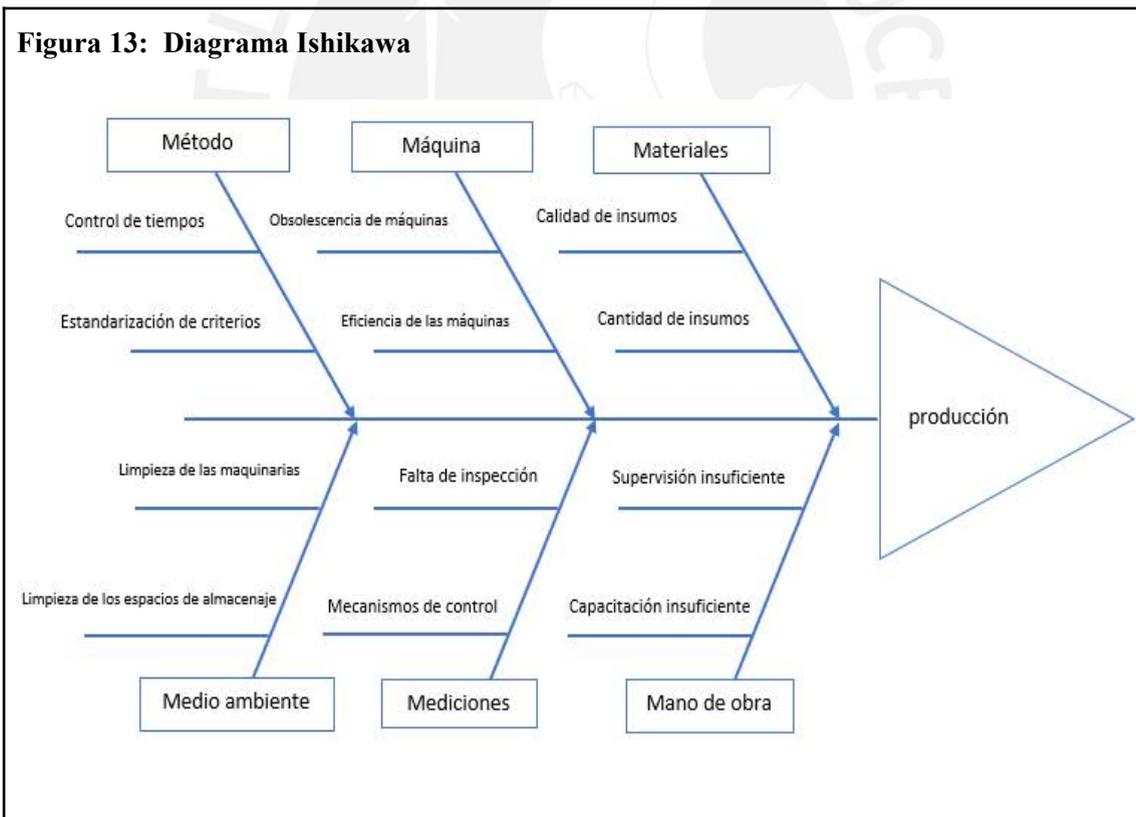
Por consiguiente, después de tener ese primer análisis de las entrevistas se realizó la creación de una red de los problemas de producción en el cual con las mismas citas obtenidas se pudo observar la relación entre las mismas sobre los problemas de cada sub proceso. En este análisis salieron relaciones dentro de dos subprocesos interesantes para poder conocer las causas de sus problemas y cuales son las consecuencias de dichas causas, en el caso de los otros dos subprocesos ayudó a determinar que no terminan siendo una emergencia a tratar inmediatamente y que con mantenimientos y realizando una correcta previsión podrían seguir operando.

En el caso del proceso de chancado se pudo determinar que uno de sus principales problemas son el atascamiento de minerales (los minerales eran muy grandes) en las máquinas y

que eso causa fallas en las chancadoras y no solo eso sino que afecta también a las fajas transportadoras generando un problema en esas secciones del subproceso (ver Anexo I).

En el caso del filtrado acorde a los entrevistados la calidad de la humedad con la que sale el producto es un problema debido a que no cumple con el hecho de que de la máquina de los filtros de zinc salga con un porcentaje menor al 10% debido a que los filtros no escurren bien el agua problema causado por taponamientos de los filtros (ver Anexo I).

Finalmente, después de toda la información recabada se ha reflejado esta en un diagrama de Ishikawa con la metodología de las 6 M la cual es un método de análisis que se centra en la aplicación de hasta 6 criterios de clasificación de causas mediante los que se busca identificar la causa raíz de un problema. Estos permiten clasificar las posibles causas de un problema sobre la base de su vinculación con las siguientes categorías: máquina, medición, método, mano de obra, medio ambiente y materia prima, las cuales “suelen ser generalmente un punto de referencia que abarca casi todas las principales causas de un problema, por lo que constituyen los brazos principales del diagrama causa-efecto (Arnoletto, 2007).



4.4. OEE de los subprocesos de producción

En esta sección se evaluará cada uno de los subprocesos del proceso de producción con la finalidad de determinar el cuello de botella y observar qué es lo que lo está ocasionando, para

lograr ello se analizará el OEE de cada subprocesso. En cada tabla se mostrarán los datos diarios del mes de enero 2020 a enero 2021, estos fueron necesarios para poder obtener la disponibilidad, la calidad y rendimiento, los cuales son parte fundamental para poder obtener el OEE.

4.4.1. Chancado

En el subprocesso de chancado se puede ver que la disponibilidad total de la chancadora primaria y secundaria es de 12 horas al día, debido a que tiene paradas programadas de 12 horas, 6 horas después de cada turno. En el periodo de evaluación se presentaron días de paradas, esto debido a que Toma la mano trabajar por campañas de minerales de terceros no siempre se llega a un tonelaje que permita funcionar todo el mes de forma constante

a. Disponibilidad

Dentro de los parámetros de disponibilidad se realizaron distintas paradas innecesarias en las distintas máquinas que componen el proceso de chancado; sin embargo, estas eran atendidas lo más pronto posible para que se pueda continuar el proceso. Dentro de las principales causas de las paradas no programadas están el atasco de rocas y fallos de corridas en la faja transportadora. El porcentaje obtenido en esta sección es de 91% (ver Anexo J).

b. Eficiencia

Como se mencionó, para el periodo en evaluación hubo una gran entrada de minerales lo que generaba que las máquinas trabajen a tope y en muchos de estos casos por la bajada de rendimiento de las máquinas se quedaba cierta cantidad de mineral para el día siguiente. Esto generaba que la eficiencia de las máquinas se mermara. El porcentaje obtenido en esta sección es de 94% (ver Anexo J).

c. Calidad

Respecto a la calidad del producto, al culminar el proceso de chancado se descubrió que muchas veces la máquina de chancado no entregaba el producto con el tamaño ideal. Por lo que en muchas ocasiones se tenía que volver a pasar por la chancadora a fin que se pueda conseguir el tamaño ideal para continuar el proceso. El porcentaje obtenido para esta sección es de 95% (ver Anexo J).

d. Resultado

El OEE obtenido es del 80%. Al momento de multiplicar el OEE de cada máquina con su capacidad de diseño tenemos que el cuello de botella de este proceso se encuentra en la chancadora de quijada (ver Anexo J).

4.4.2. Molienda

En el subproceso de molienda en la planta Toma la Mano tiene una capacidad máxima de 400 TM de mineral por día, esta área no presenta paradas programadas. Es por ello que trabaja las 24 horas del día sin parar hasta que la campaña acabe. En el caso de la molienda no se presentaron muchas paradas no programadas, ya que debido a la importancia del molino para el proceso de producción se realizaron constantes mantenimientos, reparaciones, cambios de repuestos, etc en las distintas máquinas de dicho subproceso.

a. Disponibilidad

Dentro de los parámetros de disponibilidad durante todo el proceso se realizaron algunas paradas innecesarias debido al alto funcionamiento de las maquinarias en el proceso de molienda. Debido a esto hay un gran componente de paradas en el molino de bolas y en los hidrociclones. El porcentaje obtenido en esta sección es de 92% (ver Anexo J).

b. Eficiencia

Al tener muy pocas paradas programadas en las máquinas, se generó cierta pérdida de eficiencia en las máquinas principalmente en los hidrociclones, máquinas las cuales cuentan con una antigüedad considerable. El porcentaje obtenido en esta sección es de 94% (ver Anexo J).

c. Calidad

Respecto a la calidad del producto al final del proceso de molienda tenemos que muchas veces el tamaño no sale del molino de bolas con el tamaño ideal. Esto genera que muchas veces tengan que volver a pasar por el molino para que puedan conseguir el tamaño ideal para continuar el proceso. El porcentaje obtenido para esta sección es de 94% (ver Anexo J).

d. Resultado

El OEE obtenido es de 82%. Al momento de multiplicar el OEE por la capacidad de diseño de las máquinas se obtiene como cuello de botella al molino de bolas (ver Anexo J).

4.4.3. Flotación

En el subproceso de flotación se puede ver que la disponibilidad de las celdas tanto de zinc como de plomo es de 24 horas, pues el mineral al pasar por el área de chancado y de molienda , finalmente, se transforma en un polvillo el cual es introducido a las celdas de flotación para ser tratado. Esta área de flotación trabaja las 24 horas incluyendo paradas programadas para su mantenimiento.

a. Disponibilidad

Dentro de los parámetros de disponibilidad durante todo el proceso las celdas de plomo y zinc estuvieron muy copadas debido al alto incremento de minerales en los meses, lo que muchas veces generaba un retraso por paradas al momento de preparar los insumos para la siguiente flotación. El porcentaje obtenido en esta sección es de 92% (ver Anexo J).

b. Eficiencia

La acumulación de minerales listos para este proceso se debe a que las máquinas no llegaban a su límite diario de capacidad por lo que muchas cosas del día pasaban al día siguiente. El porcentaje obtenido en esta sección es de 94% (ver Anexo J).

c. Calidad

Respecto a la calidad del producto al final del proceso de flotación tenemos que muchos relaves extraídos necesitan un doble paso tanto por las celdas de plomo como de zinc por lo que generan un doble trabajo . El porcentaje obtenido para esta sección es de 94% (ver Anexo J).

d. Resultado

El OEE obtenido es de 81%. Este subproceso si bien es cierto tiene sus limitantes al momento de hallar la capacidad real se puede ver que no hay un factor muy crítico al momento de compararlo con todos los subprocesos de producción (ver Anexo J).

4.4.4. Filtrado

En este subproceso se observa que la disponibilidad de los discos de filtrado es de 24 horas, pues lo obtenido en la flotación es como un “barro” que posee mucha humedad. Es por ello, que se realiza la filtración con el objetivo de obtener una humedad menor al 10%, este proceso trabaja 24 horas al día.

a. Disponibilidad

Los relaves al generar acumulaciones y estar muy húmedo han generado atascos en los filtros de discos por lo que se han realizado algunas paradas para poder desatascar el filtro y que se pueda continuar con el proceso . El porcentaje obtenido en esta sección es de 89% (ver Anexo J)

b. Eficiencia

Al haber mucha cantidad de relaves por el incremento de materia prima durante el mes generan que la acumulación de los mismos provoquen una pérdida de eficiencia en los filtros de disco y de esta manera el proceso se haga mucho más lento. El porcentaje obtenido en esta sección es de 93% (ver Anexo J).

c. Calidad

Respecto a la calidad del producto al final del proceso de filtrado tenemos que para este proceso se necesita que el relave termine con un porcentaje de humedad menor al 10%; sin embargo, muchas veces este mineral termina teniendo un porcentaje mayor a ese mínimo por lo que se tiene que esperar un tiempo más almacenados para llegar a ese porcentaje. El porcentaje obtenido para esta sección es de 93% (ver Anexo J).

d. Resultado

El OEE obtenido es de 76.71%. Al momento de revisar la capacidad real de dichas maquinarias es concluyente de que el cuello de botella de este subproceso y que termina siendo también uno de los cuellos de botellas principales del proceso de producción en general es la máquina de filtros de discos Zinc (ver Anexo J).

4.5. Cuellos de botella

4.5.1. Proceso de chancado: Chancadora de quijada

El porcentaje de disponibilidad sobre las paradas de esta máquina se deben a que durante el proceso de producción muchas veces ocurren pequeñas averías o se necesitan hacer procesos manuales previo al ingreso del mineral, esto debido a que muchas veces las rocas tienen que ser aplastadas manualmente para que recién tengan un tamaño adecuado para pasar por la chancadora de quijada.

Dentro de los problemas que explican los diversos factores del problema de eficiencia en esta máquina es que es una máquina en un estado regular y que no tiene una

capacidad de diseño muy elevada por lo que cuando hay reducción de la eficiencia de la máquina limita mucho la corrida del proceso. A esto hay que agregar que es una máquina que trabaja 12 horas por lo que muchas veces llega la máquina a necesitar más tiempo del necesario para poder chancar correctamente el mineral.

Por el lado del factor de calidad, es una consecuencia del problema de eficiencia muchas veces al demorarse más queda un porcentaje muy pequeño de las rocas las cuales no están bien chancadas y tienen que volver a pasarla por la máquina hasta que cumpla con los estándares para seguir con el proceso.

4.5.2. *Proceso de chancado: Chancadora de quijada*

El porcentaje de disponibilidad sobre las paradas de esta máquina se debe a que durante el proceso de producción se tuvieron que realizar paradas no programadas para realizar el cambio de piezas por repuestos y otras paradas para observar si es que la máquina funcionaba bien con el nuevo repuesto.

Dentro de los problemas que explican los diversos factores del problema de eficiencia en esta máquina es que es una máquina si bien es una máquina relativamente nueva el problema es que no tiene una capacidad de diseño muy elevada. A esto hay que agregar que es una máquina que trabaja 24 horas por lo que muchas veces llega la máquina a necesitar más tiempo del necesario para poder moler correctamente el mineral.

Por el lado del factor de calidad, a diferencia de las otras máquinas este no es un problema neto de dicha máquina pues tiene un porcentaje de error de 3% el cual se debió al momento en el que se empezó a averiar la parte explicada anteriormente.

4.5.3. *Proceso de filtrado: Filtros de Zinc (menor capacidad real)*

El porcentaje de disponibilidad sobre las paradas de esta máquina se debe a que durante el proceso de producción se tuvieron que realizar paradas no programadas para realizar el desatoramiento de barro del mineral dentro de la máquina los cuales generaban que el proceso se detuviera.

Dentro de los problemas que explican los diversos factores del problema de eficiencia en esta máquina es que es una máquina usada que no tiene una capacidad de diseño muy elevada. A esto hay que agregar que es una máquina que trabaja 24 horas por lo que muchas veces llega la máquina a necesitar más tiempo del necesario para poder filtrar el mineral.

Por el lado del factor de calidad, lo que se busca es que el mineral salga del proceso con una humedad menor al 10%; sin embargo, en muchos casos no es así por lo que se tienen que acumular en una sección de la planta concentradora hasta que se llegue a la humedad deseada y recién pase a su respectivo guardado.

4.6. Análisis de los resultados en conjunto

Acorde a las herramientas empleadas durante la etapa de diagnóstico se ha decidido agrupar los hallazgos a fin de poder determinar cual es el principal cuello de botella de la planta concentradora y las razones que se deben a que esta lo sea.

Debido a la encuesta realizada los trabajadores tienen la percepción de que la molienda es un subproceso muy problemático; sin embargo, después de las conversaciones en las entrevistas lo que refleja el proceso de molienda es parte de un miedo generalizado a que se pare toda la producción de la planta concentradora, puesto que cualquier problema que suceda con el molino generaría un alto en toda la producción. Esta afirmación se valida con el análisis del OEE pues en este en primer lugar indica que el molino de bolas es una máquina nueva pero con una capacidad de diseño menor a las demás máquinas de la planta concentradora.

Por otro lado, el proceso de chancado se presenta como un proceso no tan problemático a comparación de la molienda y el filtrado en el caso de la encuesta. Sin embargo, esa percepción también es probable a que dicha máquina a diferencia del resto no trabaja las 24 horas y se tienen paradas programadas de aproximadamente 12 horas al día. En las entrevistas se pudo observar una relación entre los problemas de dicho subproceso y en conjunto con los resultados del OEE se puede decir lo siguiente, la chancadora de quijada para iniciar operaciones en algunos casos necesita que manualmente los operarios chanquen las piedras hasta obtener la cantidad adecuada, adicionalmente se debe tener en cuenta que no es una máquina nueva y tiene un estado regular por lo que muchas veces también presenta problemas de eficiencia especialmente cuando son rocas muy grandes.

Al igual que el molino de bolas la capacidad de diseño de la chancadora de quijada su capacidad de diseño es limitada. Finalmente, se puede decir que si bien presenta problemas este proceso no son de los más críticos al momento de una priorización.

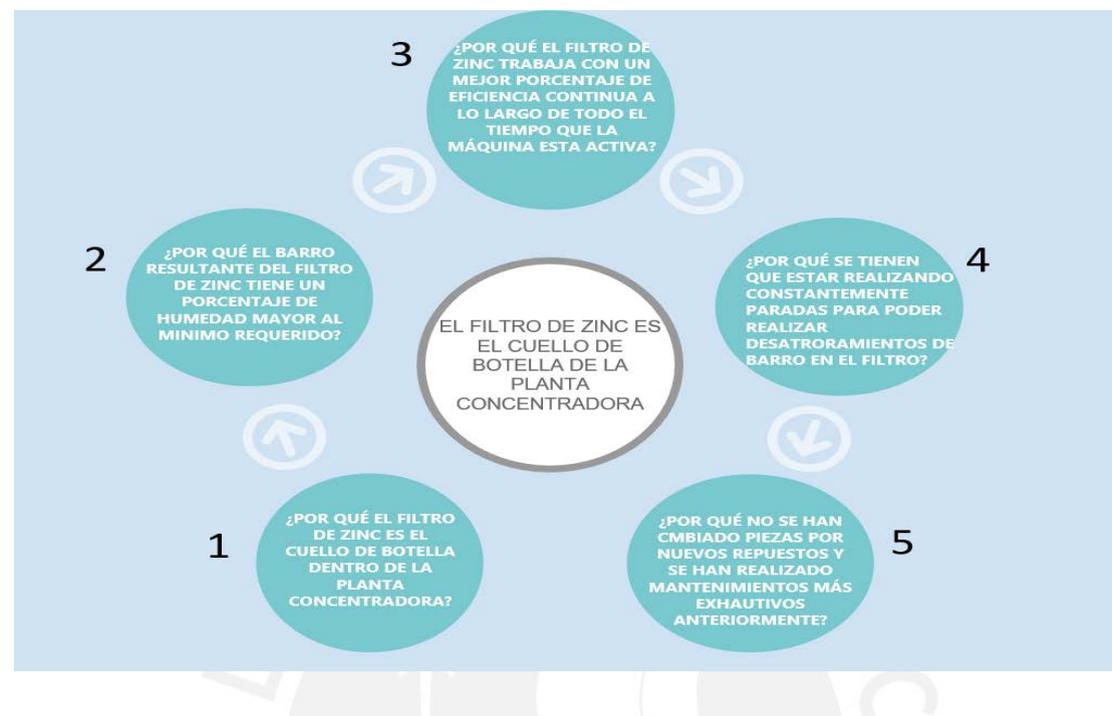
El proceso de flotación, a diferencia de los demás procesos, es un proceso el cual sus máquinas en general tienen una mejor capacidad de diseño. Si bien es cierto que algunas están en estado regular y presentan problemas, según los datos del OEE aún no representan materialidad como para tener que realizar un cambio drástico. Todo ello es debido a que hay

otros factores en los otros subprocesos que generan un cuello de botella para la planta Toma la Mano.

En el proceso de filtrado, según las encuestas realizadas es el segundo proceso más problemático y acompañado de las entrevistas realizadas se observa que operativamente es el proceso en el cual los operarios tienen que estar frecuentemente preocupados. Según, el OEE y la capacidad real reflejan que el filtro de discos de Zinc es la máquina que más retrasa este subproceso con una capacidad real de 367 toneladas. Este filtro es una máquina en estado usado y adicionalmente su capacidad de diseño es muy limitada lo que ha generado que con pérdidas de eficiencia por su estado, las paradas para poder desatorar el filtro y el porcentaje de humedad con el que termina el proceso sea el cuello de botella. Esto no es solo de dicho subproceso sino también de todo el proceso de producción de la planta concentradora Toma la Mano.

Este es el problema principal a tomar en cuenta dentro de la planta concentradora porque el hecho de mejorar este elemento ayudará a poder mejorar la eficiencia y calidad del proceso de producción. Por este motivo antes de pasar a brindar las soluciones se busca identificar las verdaderas causas del problema de la maquinaria para lo cual con la información obtenida se desarrollará un diagrama de los 5 porqués. El cual es una técnica que consiste básicamente en “preguntar ¿por qué? o preguntas similares cómo ¿qué?, ¿dónde?, ¿cuándo?, ¿quién?, al menos 5 veces para probar las causas más probables del problema” (Mora, 2017, p. 224).

Figura 14: Diagrama 5 porqués



Con la ayuda de la herramienta de los 5 porqués, se ha podido tener como respuesta que dentro de las principales causas están el empleo de nuevas piezas y un mayor mantenimiento a dicha máquina. Asimismo salta a la vista el concepto de mantenimiento predictivo el cual fue mencionado en primera instancia es la comunicación personal con Segundo Hernández (2019) como método de prevención de fallas relacionadas al funcionamiento. Complementando a la comunicación personal, el mantenimiento predictivo es un mantenimiento en el que se realiza un seguimiento de cada una de las variables relacionadas con el funcionamiento de las máquinas para poder predecir posibles fallas y tomar las acciones correctivas más apropiadas en el momento oportuno (Botero, M; Cañón, B & Olarte, W., 2010).

CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

Después de todo lo expuesto anteriormente en el trabajo esta sección servirá a modo de presentación de una propuesta de mejora teniendo en cuenta principalmente 3 factores. En primer lugar, el costo, Toma la Mano no cuenta con una gran cantidad de recursos disponibles para una inversión considerable. En segundo lugar, una solución integral, la propuesta de mejora tiene que involucrar no solo a aspectos específicos del proceso productivos si no también busca una participación de todos los recursos que posee Toma la Mano. Esto con la finalidad de poder sacarles el máximo provecho posible.

Por último, una fácil implementación, la herramienta a emplear tiene que poder ser implementada de tal manera que todos en la organización puedan comprender qué es lo que se está haciendo y cómo es que eso verdaderamente ayuda a la mejora del proceso productivo. Todo lo planteado en este capítulo consolida la parte final de los objetivos, específicamente el último de estos ya que a partir del análisis se determinará una propuesta de gestión que optimice la capacidad de producción de la planta concentradora.

1. Propuesta

1.1. Metodología y herramienta a implementar

A partir del análisis realizado sobre la problemática y las causas que generan que el OEE no sea el esperado, se ha procedido a hacer un análisis de las principales metodologías a trabajar dentro de las cuales se encuentran: ISO, Lean manufacturing y 6 sigma.

Respecto a la metodología ISO, sus principales directrices radican en el compromiso de la alta dirección con una mirada hacia el largo plazo, utilizar tanto lo que se tiene como el apoyo de recursos externos como software, consultores y bibliografía (Rincón, 2002). La implementación de la metodología ISO podría darle un nuevo estándar a la compañía Toma la mano; sin embargo, uno de los principales problemas radican en la capacidad económica con la que actualmente cuenta esta empresa minera pues en los últimos años no han obtenidos resultados esperados por lo que pensar en la implementación y certificación de esta metodología actualmente es inviable.

En relación a la metodología 6 sigma, para la aplicación de esta metodología se debe utilizar ciertos parámetros como control de calidad total, procedimientos ISO, cero defectos, control estadístico de procesos y técnicas estadísticas (López, 2001). La metodología six sigma es sin duda una metodología muy completa; sin embargo, para poder aplicarla efectivamente se

necesita que el personal esté completamente capacitado para poder realizar tanto los análisis como la mejora de los procesos para lo cual se necesita si no es una gran capacitación es la nueva contratación de personal especializado para poder desarrollar todas las técnicas posibles con la finalidad de aplicar correctamente la metodología.

Finalmente, la última metodología a describir es Lean. Según Araujo, esta permite la optimización de flujos dentro de la cadena de suministros tanto como flujo de materiales, personas, información y capital. Es así que elimina desperdicios de producción, transporte, procesamiento, stock y movimiento (citado en Carreño y Mesa, 2020). Esta metodología permite la optimización de los flujos de los procesos y muchas de las herramientas a emplear no requieren una inversión muy alta y es posible generar una capacitación a los empleados a bajo costo por lo que se ha decidido emplear esta metodología.

1.2. Herramientas en el Lean Manufacturing

1.2.1. Metodología 5s

Las 5s posee 5 pasos estos buscan que haya una buena cultura en la empresa, que los recursos se retribuyan correctamente y consideraciones en el trabajador; es decir, en el aspecto humano. Esta se resume en 5 momentos, Seiri (Clasificar), Seiton (Organizar), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarizar), Shitsuke (Disciplina) (Rajadell & Sanchez, 2012). La importancia de esta metodología es que busca mantener un buen ambiente de trabajo, bajar costos y entregas rápidas. Esto también tiene que ir acompañado de un cambio de mentalidad de los trabajadores para poder crear una cultura de autodisciplina, orden y economía (Villaseñor & Galindo 2007).

1.2.2. SMED

Esta es una técnica desarrollada por Shigeo Shingo, la cual tiene como objetivo poder minimizar los tiempos de cambio y preparación de las máquinas teniendo como meta menos de 10 minutos. Al lograr que haya un menor tiempo de cambio, esto permitirá que los trabajadores incrementen su moral y puedan realizar trabajos similares en otras áreas de la planta, lo que significa una gran ventaja (Rajadell & Sanchez, 2012).

1.2.3. TPM

Según Rajadell & Sánchez (2012) y Hernández y Vizán (2013), el TPM es un grupo de técnicas que buscan la eliminación de averías en las distintas máquinas que forman parte de la producción, con la meta de tenerlas listas para cuando sean requeridas. Las tres metas del

TPM son desarrollar un sistema de mantenimiento teniendo en cuenta el ciclo de vida útil de la maquinaria, maximizar la eficacia e implicar a todos los departamentos en el diseño, planificación, mantenimiento y uso de los equipos.

1.2.4. Heijunka

De acuerdo a Hernández y Vizán (2013), este término japonés que tiene como significado automatización con un toque humano, busca identificar autónomamente productos en proceso que no posean los requerimientos de calidad necesarios, lo que haría que el proceso se detenga automáticamente o manual. Esto ayudaría a poder reducir a cero los defectos de las piezas durante el proceso. Para tener éxito debe de haber inspecciones durante la producción, por lo cual el operario también sería un inspector de calidad.

Tabla 5: Comparación de herramientas

| | 5s | SMED | TPM | HEIJUNKA |
|-------------|--|---|---|---|
| DIFERENCIAS | La metodología 5s involucra la clasificación y eliminación de desperdicios, organización de cada objeto y/o herramienta en el sitio adecuado, la limpieza e inspección, estandarización de la metodología y la construcción de una autodisciplina y orden de los trabajadores para con forma de trabajo. | El SMED solo busca una reducción de los tiempos para que las máquinas puedan ser usadas rápidamente, esta preparación tiene que ser en menos de 10 minutos. | El TPM se centra en la eliminación de averías en las maquinarias y/o equipos, ya que busca que estas estén prestas para ser utilizadas en cualquier momento para la producción. | El Heijunka busca automatizar procesos para que no haya fallas en la calidad de los productos, esto permitiría que no hayan errores en las piezas y que el proceso productivo se realice de forma correcta. |

Las distintas herramientas podrían brindar un apoyo considerable a la empresa Toma la mano; sin embargo, se tiene que tomar en cuenta 3 factores los cuales fueron comentados al inicio del capítulo los cuales son costo, solución integral e implementación gradual. La herramienta 5S es una de las herramientas más económicas y de las cuales se necesita el involucramiento de los distintos actores de la empresa, al centrarse en la labor de las personas permitiría una correcta optimización del recurso humano de Toma la mano y, por último es posible implementar gradualmente de forma que no dificulte el trabajo actual y sea de fácil comprensión. Asimismo, un caso aplicación de las 5S lo presentan Rojas y Salazar (2019), en la

cual mencionan que al implementar esta metodología aumentaron los porcentajes de ventas, el indicador de espacio o área útil mejoró y que los errores de producción mejoraron notablemente, lo cual muestra la eficacia de las 5s.

Por esta razón, sobre las herramientas de la metodología Lean se ha decidido implementar la herramienta 5s con la finalidad que la planta logre mejorar estos ratios y que el OEE sea el más óptimo. Para ello, esta tentativa de solución si bien buscará centrarse en el cuello de botella de la planta que son los filtros de zinc (proceso de filtrado), este procedimiento de gestión permitirá mejorar estas deficiencias para que la planta en general sea más eficiente. Es decir, la metodología 5s logrará reducir los tiempos e incrementar la productividad.

1.3. Descripción de la herramienta a utilizar: Herramienta 5s

Esta herramienta permitirá poder solucionar los problemas descritos en el diagnóstico, la cual busca ser un sistema de mejora continua que posee como principales actores a los trabajadores (Alvarez y Paucar, s/f). Debido a que la herramienta propuesta busca organizarlos y ordenarlos en las distintas áreas de trabajo va a generar una mayor productividad y eficiencia. En adición, se ha decidido implementar las 5s en la organización puesto que el costo de hacerlo representa un gasto menor el cual Toma la mano puede permitirse. Asimismo, una de las acciones que se quiere mejorar es la participación de todos los trabajadores esto ayudará a que exista una comunicación más fluida y rápida en los procesos. Justamente las 5s exigen un compromiso total por parte del personal operativo y en especial de la dirección a fin de inducir un cambio en la actitud y comportamiento de la organización, motivando a su personal para garantizar el éxito de los procesos. Es por ese motivo que los trabajadores no tendrían ningún problema en implementar esta herramienta ya que es muy comprensible y te brinda una nueva manera de hacer las tareas en una organización.

1.4. Etapas para la implementación de la herramienta 5s

Para que esta herramienta tenga éxito se debe de planificar la implementación de esta metodología, para que ello se mostrará una secuencia de actividades que se tendrían que realizar (Alvarez & Paucar, s/f).

1.4.1. Primera etapa

En esta etapa se debe de crear un equipo dentro de la planta Toma la Mano , la cual tiene como función implementar y difundir cómo funciona la herramienta 5s y que beneficios generará está en la planta concentradora. Para ello, la Alta Gerencia, que está conformada por el gerente general y los directores, deben de entender la importancia de implementar esta

herramienta, para ello estos deben de estar comprometidos con poner en marcha dicha metodología., ya que son estos quienes financiarán los recursos y motivará al personal a lograr las metas trazadas. Además de ello, se designará a un grupo de trabajo siendo los elegidos quienes serán los primeros en ser capacitados con esta nueva metodología, cuyo equipo tendrá como nombre el comité de 5s.

1.4.2. Segunda etapa

En esta etapa se tiene que realizar una evaluación inicial en el lugar donde se implementará la herramienta, en este caso en la planta concentradora de minerales Toma la mano, esto ayudará a poder conocer en qué situación se encuentra, para luego definir qué acciones y estrategias se deben de implementar para poder mejorar.

1.4.3. Tercera etapa

En esta etapa se comienza con las acciones de difusión de la herramienta 5s dentro de la planta, para ello la Alta gerencia debe difundir las decisiones con respecto a la herramienta y, también, los objetivos que debe cumplir la empresa. Además de ello, se debe difundir qué es y cómo funciona la metodología 5s a través publicidad , posters, etc.; todo ello ayudará a que los trabajadores puedan familiarizarse con esta nueva herramienta.

1.4.4. Cuarta etapa

En esta etapa se realizará la capacitación a toda la empresa, en primer lugar se capacitará al comité de 5s por medio de un experto en esta herramienta, luego de ello, este comité es quien se encargará de capacitar a todo el personal. En este momento el objetivo es poder concientizar a los empleados de la importancia y que beneficios traería a la empresa para que esta mejore, para ello se debe de mantener informados a los trabajadores de todo los pormenores del proceso que se está llevando a cabo y mostrar los resultados que se están consiguiendo.

1.4.5. Quinta etapa

En esta etapa se buscará implementar esta herramienta en todo la planta, poniendo énfasis en el cuello de botella que se ha encontrado en el filtrado.

1.4.6. Sexta etapa

En la última etapa se buscará realizar inspecciones en toda la planta, pues estas permitirán conocer cuál es la situación en la que se está luego de implementar la metodología 5s, ya que se busca garantizar que esta herramienta se realice de forma correcta.

1.5. Comité de la herramienta 5s

Para comenzar con la implementación de la metodología 5s se debe de crear un equipo especializado llamado comité de 5s. El cual deberá estar conformado por trabajadores de diversas áreas de la planta, estos son quienes brindarán el apoyo necesario para la implementación. Asimismo, tiene como obligación de difundir qué es, cómo funciona y qué beneficios genera esta herramienta en la empresa. El comité se encuentra conformado por el líder, asesores, equipos 5s y facilitadores cuyas funciones se detallarán a continuación. (Alvarez & Paucar, s/f.).

- Líder 5s: Este es quién se encarga de gestionar la implementación de la metodología 5s sin contratiempos, ya que busca ratificar que los objetivos se hayan planteado se cumplan.
- Facilitadores 5s: Estos son elegidos por el líder 5s cuya tarea principal es apoyar al líder a que se ejecute de forma correcta la metodología 5s, también se encarga de realizar un seguimiento de todas las actividades que han sido programadas.
- Equipos 5s: Estos equipos serán elegidos por los facilitadores en comunicación con el líder 5s, cuyo propósito es el de propagar todos los principios de 5s a los trabajadores, también forma parte de las inspecciones 5s programadas.
- Asesores 5s: Estos son quienes estarán apoyando continuamente al líder 5s, pues su propósito es el de asesorar al líder 5s en toda la implementación de la metodología 5s.

1.6. Componentes de la herramienta 5s

1.6.1. Seiri (clasificación)

Durante esta etapa lo más importante es poder reflexionar y concientizar a todos los empleados sobre lo relevante que es mantener un área de trabajo con los elementos que serán útiles al momento de realizar las actividades en la planta (Celeste, 2020). Lo que se busca es que cada empleado pueda determinar e identificar qué elementos son imprescindibles y prescindibles dentro de su puesto de trabajo, esto permitirá que los trabajadores tengan solo lo necesario en su ambiente de trabajo y lo que les es inútil o fallado lo envíen a otras áreas donde puedan repararlos y/o utilizarlo de forma provechosa o en el peor de los casos deshacerse de dichos elementos inútiles.

a. Registro de la situación actual de la planta

Cuando se implemente seiri; es decir la 1s, la primera acción que debe realizar el comité 5s es el de observar y evaluar las instalaciones de la planta Toma la Mano, específicamente el área de filtrado que es donde se presenta el cuello de botella. Luego se debe de identificar los diferentes problemas que se puedan detectar, para ello tiene que haber un registro fotográfico del momento actual de la planta. Todo eso permitirá tener evidencias de los diversos problemas que existen en la planta, lo que ayudará a poder buscar una solución a la problemática actual de la empresa. Debido a que el objetivo es identificar los elementos que no aportan nada a las distintas áreas de trabajo, ya que desperdician un espacio y acortan la disponibilidad en la planta.

b. Delimitación del área de aplicación

En este caso se busca comenzar el uso de esta herramienta en el área de filtrado donde se encuentra el cuello de botella para luego expandirlo hacia toda la planta de concentrado de minerales Toma la Mano. Según, Alvarez & Paucar (s/f) los criterios para poder clasificar y evaluar los elementos son

- Mantener lo necesario en las áreas de mejora
- Identificar la situación real de los elementos que están presentes en un área
- Relevancia y conveniencia de objetos
- Periodicidad de uso
- Cantidad

Por medio de este diagrama de flujo (ver Anexo K) se va a poder realizar una correcta clasificación de los objetos útiles que necesitan ser utilizados por los trabajadores de forma ordenada y también los objetos que necesitan ser reparados, vendidos o desechados según corresponda. Esto permitirá que haya mejor control de los inventarios, la eliminación de los sobrecostos, habría mayor espacio en la planta y se reduciría sustancialmente los accidentes.

c. Elaboración de la tarjeta roja o notificaciones de desecho

La tarjeta roja es un instrumento de la herramienta 5s, la cual sirve para clasificar elementos que no tienen utilidad, por ello es que se crea una tarjeta roja, la cual sugiere que se debe tomar una acción (Alvarez & Paucar, s/f). Este instrumento ayudará mucho a los trabajadores de la planta a poder identificar rápidamente los objetos innecesarios; es más, puede ser completada por cualquier trabajador (ver Anexo L). Al implementar la tarjeta roja se va a

poder identificar los elementos innecesarios, estos deben ser informados al líder 5s para documentarlo y publicarlo.

Es importante mencionar que todo debe ser documentado; por ello, cada área debe de elaborar un registro de todos los elementos innecesarios (ver Anexo M). Esta tentativa de informe se deriva de la tarjeta roja antes, lo que se le adiciona es la decisión final. Esta debe de ser llenada por los altos mandos ya sea el Gerente General, el Directorio, inclusive, el Comité de 5s (Alvarez & Paucar, s/f). Este informe puede ser realizado por cualquier empleado para luego ser presentado a la Gerencia y el Comité de 5s.

d. Traslado de elementos inútiles a un sitio provisional

Luego de clasificar y evaluar los diversos objetos de la planta, los elementos sin utilidad deben de ser trasladados a un sitio provisional el cual es llamado “Bodega de Seiri”. En este lugar se retiene todo los elementos inservibles hasta que los altos mandos tomen una decisión sobre qué hacer con estos. Ese proceso no solo tiene como objetivo almacenar sino que también busca que no se borre ningún elemento útil que pueda haber dentro de este sitio provisional (Alvarez & Paucar, s/f). En caso se encuentre un objeto de utilidad, se debe de hablar con la persona encargada del área de trabajo para evaluar la situación y decidir si procede la solicitud o no, en caso proceda se retira el elemento valioso al lugar donde será usado y si no procede, dicho objeto se quedará en la bodega. Cabe recalcar que en el caso de maquinarias y equipos grandes y/o pesados, lo ideal sería mantenerlos en su mismo lugar o en todo caso el comité de 5s o los altos mandos tomen una decisión al respecto.

d. Evaluación de las propuestas de acción de las tarjetas rojas

Los encargados de evaluar las acciones recomendadas en el informe de las tarjetas rojas son los altos mandos o las personas asignadas por el comité 5s. Estos deben tomar una decisión que tenga como fundamento la información que puedan brindar las personas encargadas del área. Es decir, las decisiones que se deben tomar son eliminar, reubicar, donar, vender o reutilizar.

Luego de tomar esta decisión, el comité de 5s tiene que realizar un plan para poder efectuar la depuración de los objetos inútiles en la bodega, para ello se debe de especificar las personas que se harán cargo de ello, los elementos a eliminar y en qué momento se realizará dicho plan (Alvarez & Paucar, s/f). Para que todo se realice correctamente debe de haber una coordinación fluida con los altos mandos para el retiro y traslado de los objetos sin utilidad. Luego de terminar con la 1s, es de importancia que el responsable de cada área de trabajo presente al Comité de 5s un informe con su diagnóstico, avances, dificultades y metas logradas,

Cabe recalcar que es el Comité de 5s, quién entrega el informe final a los altos mando y difunde los objetivos cumplidos a los trabajadores para que puedan ver los resultados.

1.6.2. *Seiton (organización)*

Al haber clasificado los componentes que son necesarios de los innecesarios, se prosigue con la etapa Seiton, la cual tiene como objetivo que los trabajadores puedan organizar de forma eficiente los puestos de trabajo, asignando espacios para cada herramienta que se está utilizando (Celeste, 2020). Debido a que esta etapa, busca que el área de trabajo de los empleados estén debidamente señalizadas, ubicadas y organizadas para que estos puedan utilizar los elementos que requieran de forma rápida y eficiente. Todo ello va a permitir reducir tiempos muertos, evitar problemas que afecten la calidad del producto final y que los puestos de los trabajadores sean más seguros.

a. Examinación y definición de la ubicación

Como se ha dicho antes, luego de la 1s existe un mayor espacio desocupado, un mejor tránsito de los trabajadores en la planta, y se pueden encontrar con mayor facilidad a los elementos y objetos. Con todo esto la decisión de colocar o ubicar un objeto de forma correcta es de suma importancia, pues de lo contrario generaría contratiempos en la planta o en las áreas de trabajo. Por esta razón para poder organizar de forma adecuada se debe de situar los objetos siguiendo criterios de eficiencia y seguridad. Además, tratar de colocar los elementos de acuerdo al nivel de utilidad o por procesos parecidos; poner nombres, códigos y figuras en cada elemento según corresponda para poder diferenciarlos; y evitar deficiencias utilizando un método de inventarios eficiente para la planta.

b. Demarcación

Luego de examinar y definir la ubicación se debe de demarcar los espacios por objeto y área de trabajo cerciorándose que todos los elementos posean un lugar predeterminado (Alvarez & Paucar, s/f). Para lograr ello; en primer lugar, se debe de demarcar todas las áreas de trabajo de la planta, señalar los corredores con líneas diagonales de color amarillo o negro indicando zonas peligrosas y diseñar un *layout* de la planta. Luego de ello, se debe trazar el perímetro, ya que se busca que cada elemento tenga un lugar predeterminado; por eso, se debe señalar el lugar donde irá cada objeto, ya que ayudará a saber si estas herramientas están siendo utilizadas o no. Hay que tener en cuenta que en caso los elementos no sean devueltos a su lugar, se debe realizar una indagación si el objeto está siendo usado o se ha perdido; para ello, debe de haber un control sobre los elementos que se tienen en la planta.

1.6.3. Seiso (limpieza)

En esta tercera etapa lo que se busca es que los puestos donde los empleados desempeñan sus actividades, poseen sus herramientas y otros elementos útiles deben encontrarse limpios y en óptimas condiciones para poder ser utilizados durante la jornada laboral. Esto, permitirá poder identificar de forma más sencilla los espacios desaseados y desordenados, para que así los trabajadores puedan tener un área de trabajo prolija y en correctas condiciones. Al ejecutar esta etapa se va a poder conservar de mejor manera los equipos y/o maquinarias, tener mejores condiciones laborales para los empleados y reducir en gran medida las fallas por suciedad en las maquinarias.

a. Planificación de actividades Seiso en herramientas de trabajo, maquinarias y equipos

Como se ha dicho anteriormente, lo que busca Seiso es que el aspecto de las áreas de trabajo denote limpieza, ya que se centra en evitar accidentes y pérdidas que tienen como causa la suciedad. Y no solo los que entorpecen los ambientes de la planta, sino que genera un mal aspecto hacia los visitantes, para ello debe de realizarse una campaña de limpieza.

b. Campaña de limpieza

En esta lo que se busca es poder eliminar la suciedad en las paredes, ventanas, pisos, alrededores, herramientas, maquinarias, equipos, entre otras más. Es decir, espacios y objetos que son utilizados de forma continua, ya que estos muchas veces pueden ser afectados por el aceite, el polvo, diferentes desperdicios. Todos estos pueden mermar la productividad y eficiencia de la planta de concentrado de minerales, pues si no se toman medidas preventivas y rápidas esta suciedad puede deteriorar las maquinarias, objetos, entre otras. Por ello, una campaña de limpieza impulsada por la Comisión de 5s puede ser el primer paso para grandes cambios dentro de la planta.

c. Identificación de fallas y problemas

A través de un formato de orden y limpieza se va a poder conocer qué problemas y/o fallas se pueden encontrar en 3s (ver Anexo N). Este cuestionario debe ser usado en todos los ambientes de la planta para poder conocer la situación en la que se encuentran estos. Al poder identificar los problemas de limpieza y orden en la planta, se tiene que asignar personas que se encarguen de mantener limpias las áreas de trabajo. Normalmente cada empleado se encarga de mantener impecable su propio espacio de trabajo, puesto que estos son los que utilizan las herramientas, maquinarias y otros objetos regularmente.

Para que este se realice correctamente debe de haber un plan de limpieza ya sea semanal o mensual en la cual se tenga conocimiento que persona será la encargada, que elementos serán limpiados, el área de trabajo en la que realizará dicha limpieza y en qué momento se hará esta función (Alvarez & Paucar, s/f). También es importante conocer las causas de la suciedad dentro de los espacios de trabajo a fin de poder implementar un plan que permitiría solucionar esta problemática. Es por ello, que al proponer un programa de limpieza se deben de tener varios aspectos a considerar (ver Anexo Ñ). Con estas acciones que forman parte de la 3s, se va a poder implementar de forma más eficiente el plan de limpieza. Por ello, es de importancia que el encargado de velar por la limpieza se cerciore que todo el personal cumpla con las medidas que se necesitan.

1.6.4. Seiketsu (estandarización)

En esta cuarta etapa lo que se requiere es la estandarización del Seiri, Seiton y Seiso, para ello se debe de garantizar que se estén cumpliendo. Para poder lograr ello, se tienen que establecer estándares a seguir e instructivos que permitan que los trabajadores los vean como referencia para poder garantizar el cumplimiento del Seiri, Seiton y Seiso (Celeste, 2020).

a. Desarrollo del seiri, seiton y seiso

En esta etapa, 4s, lo que se busca es poder continuar y mantener lo que se ha estado haciendo anteriormente con Seiri, Seiton y Seiso (Alvarez & Paucar, s/f). En el caso de la 1s se intentará seguir con la eliminación de elementos innecesarios en la planta, aunque estas no estén en las tarjetas rojas. En el caso de 2s, se buscará mantener organizado cada objeto; es decir, que cada elemento se encuentre en su lugar y codificado para que pueda ser identificado fácilmente. En el caso de la 3s, se intentará seguir con el plan de limpieza de la planta; es decir, seguir limpiando en los puntos de mayor suciedad y contaminación, para así poder garantizar una correcta implementación de la limpieza.

Para verificar si se está poniendo en marcha de forma óptima las 3s, se tiene que realizar chequeos periódicos a fin de evaluar cómo se están realizando las cosas (ver Anexo O). En ese cuadro se va a poder evaluar los procesos de Seiri, Seiton y Seiso a través de una escala de 1 a 3, siendo 1 deficiente y 3 excelente. A través de este cuestionario se va a poder evaluar si el orden, la organización y la limpieza se están implementando bien; también, ayudará a poder identificar problemas para poder solucionarlas

b. Mejora de condiciones de trabajo

Dentro del proceso de las 4s, también se encuentra el bienestar del personal, ya que Seiketsu se preocupa de las condiciones en las que los empleados están trabajando (Alvarez & Paucar, s/f). Por ejemplo, el equipo de protección personal, realizar charlas de seguridad para los empleados, buscar que los empleados tengan lo necesario en su área de trabajo, chequeos médicos para estos, entre otras más. Todos los beneficios que se han mostrado ayudarán a que los empleados tengan una mejor salud y puedan trabajar de manera óptima sin enfermedades o lesiones que merman su rendimiento.

1.6.5. *Shitsuke (disciplina)*

En esta última y quinta etapa, lo que se busca es poder convencer y concientizar a los empleados de la planta sobre la importancia de la metodología implementada, esto es lo más complicado pues no se puede medir ni observar ello (Celeste, 2020). Por ello, es muy importante convencer a los trabajadores que si la metodología tiene éxito la empresa va a mejorar significativamente, pero sin su compromiso y sin la motivación de seguir lo estipulado, esta metodología fracasaría. De esta forma, debe de haber una iniciativa por parte de estos para seguir los procedimientos y poder obtener resultados positivos con esta herramienta.

Para fomentar que los trabajadores se involucren más con la metodología se debe de realizar actividades que promuevan la participación de los empleados como capacitaciones constantes, fortalecimiento de la comunicación para alcanzar ello, se debe fomentar discusiones abiertas para tomar decisiones, una coordinación más cercana con el Comité de 5s. También se debe de establecer normas como el uso correcto de los implementos de seguridad, la puntualidad, dejar todos las herramientas que se utilizan en su lugar predeterminado, normas de limpieza y orden en el espacio de trabajo al finalizar el día. Durante todo el proceso se deben realizar inspecciones para poder conocer si se está llevando a cabo de manera correcta la metodología 5s, para así realizar medidas correctivas si es que se amerite, de lo contrario se proseguirá con el procedimiento

1.7. Impacto en el proceso productivo y el OEE

Una vez que se tenga implementada la estrategia de las 5S se realizó una simulación de cómo hubiera afectado al OEE en el periodo establecido si se hubiera aplicado las presentes mejoras.

1.7.1. *Disponibilidad*

En lo que respecta a este primer factor, al ver repetidas paradas innecesarias se determinó que dentro de las principales posibilidades estaba realizar paradas de mantenimiento

si es que la campaña que toma lugar en el mes excede las 3000 toneladas. Esto con la finalidad de poder evitar determinados atoramientos en la máquina que retrasen el trabajo en conjunto. De esta manera, de haber implementado las recomendaciones expuestas anteriormente, se podría haber elevado el porcentaje de disponibilidad hasta un 94.16%

Tabla 6: Disponibilidad futura

| Mes | TONS | tiempo total | Tiempo disponible | paradas no programadas | Mantenimiento propuesto | Nuevo tiempo disponible | Nuevo % disponibilidad |
|------------|----------|--------------|-------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| Enero | 10848.16 | 30.6 | 25.49 | 5.11 | 3.61 | 29.1 | 95% |
| Febrero | 9920.62 | 27.983637 | 23.31055255 | 4.673084486 | 3.3 | 26.61055255 | 95% |
| Marzo | 3486.62 | 9.8349003 | 8.192536227 | 1.642364069 | 1.16 | 9.352536227 | 95% |
| Julio | 4298.38 | 12.1246763 | 10.09993457 | 2.024741689 | 1.4 | 11.49993457 | 95% |
| Agosto | 5197.48 | 14.6608169 | 12.21255634 | 2.448260608 | 1.7 | 13.91255634 | 95% |
| Septiembre | 605.7 | 1.70853122 | 1.42321767 | 0.285313546 | 0 | 1.42321767 | 83% |
| Octubre | 1181.96 | 3.33401941 | 2.777259959 | 0.55675945 | 0 | 2.777259959 | 83% |
| Noviembre | 1235.93 | 3.48625555 | 2.904073659 | 0.582181891 | 0 | 2.904073659 | 83% |
| Diciembre | 3598.48 | 10.1504299 | 8.455374478 | 1.695055456 | 1.2 | 9.655374478 | 95% |
| Total | 40373.33 | 113.883267 | 94.86550546 | 19.0177612 | 12.37 | 107.2355055 | 94% |

1.7.2. Eficiencia

En lo que respecta a este segundo factor, los mantenimientos propuestos generan un impacto por efecto cadena en la eficiencia. Esto con la finalidad de poder ahorrar costos de producción tales como la luz. Según una comunicación personal con Roberto campos (2020), después de una correcta implementación de la propuesta, se podría haber elevado el porcentaje de eficiencia en un 2% es decir hasta un 93.6%

1.7.3. Calidad

En lo que respecta a este tercer factor, según el índice cpk actual del proceso en el corto plazo se encuentra en 0.83 (ver Anexo P). Según Guitierrez y De la Vera (2013), nos indica que un Cp para ser considerado como adecuado pero con un estricto control debe estar entre 1 y 1.33. Por esta razón, el primer objetivo sería el poder llevar a 1 el índice Cp para lo cual se tendría que tener una variabilidad máxima de 1.8% entre los porcentajes de humedad. Lo que podría llevar a elevar el porcentaje de calidad en primera instancia a un 92.5%.

1.7.4. Nuevo OEE del proceso de filtro de zinc

El nuevo OEE del proceso de los filtros de Zinc sería de 81.52% y generaría que la nueva capacidad real de dicho proceso sea 408 ton/día. Este es un cambio considerable puesto que actualmente está en 367 unidades ton/día. Este cambio permitiría equiparar la capacidad real con los otros procesos y de esta manera ser más eficientes en la producción.

1.8. Costos y ahorros de la propuesta

1.8.1. Costos de la metodología 5S

Luego explicar cómo se implementará las 5s dentro de la planta de concentrado de minerales Toma la Mano, se va mostrar un presupuesto de lo que se tendría que invertir para poder poner en práctica dicha herramienta. Para la aplicación de esta herramienta se tomará en cuenta a la persona que venga a capacitar a los empleados, las horas que los empleados estarán en capacitación puesto que son horas de trabajo las cuales ellos van a estar siendo capacitados y otros gastos administrativos donde se incluyen algunos gastos extras necesarios. En este caso específico se está tomando las horas hombre para poder realizar una correcta evaluación económica para ello se presentarán cuadros que muestren dichos costos y , también, se está considerando un año para poder ejecutar la herramienta 5S. El costo total de la implementación ascendería a S/. 12,800.82 (ver Anexo Q).

1.8.2. Ahorros por la aplicación de la herramienta

Los principales ahorros se encuentran en primer lugar en las horas de trabajo de las personas debido a que al hacer la herramienta 5S más eficiente el proceso de producción y permitir el ahorro de tiempos, las horas extras de los trabajadores serían recortadas en caso de tener un tonelaje de campaña parecido al del año 2020, se estima que se podrían reducir 5 horas extras por campaña para cada trabajador dentro de la planta concentradora según las mejoras de disponibilidad de los equipos los cuales los trabajadores tienen que estar pendientes lo que inicialmente generaría un ahorro de S/. 11,489.00 anuales manteniendo un promedio de una campaña por mes que consta de 15 días y de 10000 toneladas aproximadamente según la comunicación personal con el ingeniero Roberto Campos (2020). Por otro lado, otro de los principales ahorros sería el servicio de energía que las máquinas consumen puesto que al volverse el proceso más eficiente y terminar con anticipación el trabajo se generaría un ahorro de recursos hasta comenzar la siguiente campaña o lo que también permitiría trabajar una mayor cantidad de tonelaje en el mismo tiempo que tomaría una campaña actual; se estima que se podrían ahorrar hasta 8 horas de energía específicamente en las máquinas del proceso de filtrado por el concepto antes mencionado y por los mantenimientos recibidos. Finalmente, la aplicación de esta herramienta inicialmente generaría ahorros totales de S/39,769.00 aproximadamente los cuales pueden incrementarse según el tonelaje de las campañas (ver Anexo R). Tomando en cuenta el primer año como punto de partida, se tiene un periodo de recuperación de 0.33 años, es decir que antes de llegar a los primeros 6 meses es posible una recuperación de inversión total en las capacitaciones. Finalmente, contando solamente el primer año los ingresos representan

310.68% de los ingresos, cifras suficientes para tener una convicción razonable de que la implementación es segura



CONCLUSIONES

Después de haber observado el proceso de producción el cual está compuesto principalmente por el chancado, molienda, flotación y filtrado se determinó que el proceso que presenta más complicaciones es el proceso de filtrado. Esto se deriva de los resultados del OEE y el análisis de la capacidad real de cada una de las máquinas del proceso de producción de Toma la Mano, para ello se mostrarán los resultados de cada elemento del OEE.

Por medio de la OEE se pudo evaluar el rendimiento de cada maquinaria y área dentro de la planta, lo cual permitió obtener que en el chancado tiene un rendimiento de 94% por las grandes rocas que son introducidas en las maquinarias. En el caso de la molienda se logró obtener un rendimiento de 94%, esto es debido a que las hidrocluciones por su antigüedad no rinden igual. La flotación muestra tener un rendimiento de 94%, ya que los equipos no son utilizados a su mayor capacidad, lo que genera que el rendimiento disminuya. En el filtrado se obtuvo 93% de rendimiento, esto ocasionado por la acumulación en los filtros de discos que provocan una menor eficiencia. Analizando estos datos se concluye que la que muestra menor rendimiento es el área de filtrado que afecta la capacidad de la planta

Al momento de evaluar la disponibilidad de cada equipo y área de la planta con el OEE se obtuvo que el chancado tiene 91% de disponibilidad, debido a las paradas innecesarias por los atascos de rocas y las fallas en la faja transportadora. En el caso de la molienda la disponibilidad es de 92%, esto es ocasionado por las paradas innecesarias que se realizan por alto nivel de funcionamiento de los equipos como el molino de bolas y los hidroclones. En la flotación el porcentaje de disponibilidad es de 92%, esto se da porque el alto funcionamiento que se da en las celdas de flotación de zinc y plomo genera paradas y retrasos al momento de poner los insumos químicos. En la flotación se observó una disponibilidad de 89%, esto se dio por los atascos en el filtro de discos por la humedad del barro, lo que generó paradas para desatascar el filtro. Con los datos obtenidos se concluye que la disponibilidad del área de filtrado es la menor y es la que influye en la capacidad de la planta.

Con respecto a la calidad de las maquinarias y sectores de la planta, se obtuvieron datos por medio del OEE, estos mostraron que la calidad del área de chancado es de 95%, esto debido a que la máquina de chancado no entregaba las rocas en el tamaño correcto, por lo que se tenía que realizar el proceso de nuevo. En la molienda la calidad es de 94%, pues el molino muchas veces no lograba que el producto tenga el tamaño deseado, lo que genera que se repita este proceso. En el caso de la flotación el porcentaje de calidad es de 94%, ya que la pulpa necesita ser procesada dos veces por las celdas de plomo y zinc lo que ocasiona ese nivel de calidad. En el filtrado la calidad es de 93%, ya que algunas veces no se logra que la humedad

sea menor a 10%, lo que hace que el concentrado tenga que secar más tiempo. Con los datos obtenidos se puede observar que la calidad del área de filtrado es la menor, lo que genera mermas en la calidad del producto y la capacidad.

A través de las distintas herramientas como el mapa de procesos, cadena de valor, DAP, diagramas de flujo, Ishikawa, análisis de los 5 porqués, encuestas y el OEE se pudo conocer la situación actual de la empresa, la cual muestra tres cuellos de botella que se presentan dentro de la planta de concentrado de minerales Toma la Mano los cuales fueron la chancadora de quijada, molino de bolas y filtro de discos de zinc. La primera en mención presenta dificultades en algunos casos cuando se necesita que los trabajadores chanquen las piedras manualmente para que puedan ser introducidas dentro de la chancadora de quijada y evitar deterioros en la maquinaria por el tamaño de las rocas. La segunda es el molino de bolas, la cual según percepción de los trabajadores es problemático porque si se malogra este equipo toda la planta para, por lo cual esta trabaja con una capacidad de diseño menor a las demás maquinarias de la planta, lo que se ve reflejado en el OEE. En último y tercer lugar se muestra el filtro de discos de zinc el cual muestra ser el cuello de botella más problemático, ya que es la maquinaria que genera más retrasos por la falta de eficiencia del filtro. Lo cual hace que se atore y ocasione un nivel de concentrado con % de humedad alto y pérdidas en el proceso de filtrado, esto se ve reflejado en la capacidad real y el OEE. De estos tres cuellos de botella el más urgente de solucionar es el del filtro de discos zinc, siendo el problema principal de la planta concentradora de minerales Toma la Mano.

A partir del análisis de OEE se pudo determinar que el proceso del filtrado específicamente el filtro de discos de zinc es el cuello de botella, ya que presenta un porcentaje de disponibilidad de 87%, eficiencia de 92% y de calidad de 90%. Por tanto el primer factor que merma la capacidad de la planta a través del filtrado es la pérdida de disponibilidad que se debe a que en reiteradas ocasiones se tiene que distraer filtro de discos de zinc por el barro acumulado en los discos. En segundo lugar es la falta de eficiencia por la poca constancia y ritmo en la que el filtro de discos de zinc trabaja. Finalmente, la pérdida de calidad se debe a que el barro resultante del filtrado sale con una humedad mayor a la requerida, cuestión que termina retrasando el proceso de producción porque se necesita volver nuevamente al filtro. Estos muestran los factores del proceso de filtrado que afectan la capacidad de producción de la planta Toma la Mano en Huaraz.

En ese sentido, después de las averiguaciones y con un análisis de los 5 porqués se pudo determinar que los limitantes del componente de calidad de la máquina eran consecuencia a la falta de eficiencia y estos eran factores deficientes del componente de disponibilidad. Esto

se originó debido a que la maquinaria es antigua, sin buenas mantenimiento y como consecuencia tenía una baja capacidad de diseño.



RECOMENDACIONES

Teniendo en conocimiento que el problema principal afecta al proceso productivo y que el comportamiento de la demanda no sobrepasa la capacidad de producción del chancado y de la molienda, se vio necesario tomar ciertas acciones. Es así que buscó mejorar el proceso de filtrado siendo más específicos incrementar significativamente el OEE de los discos de Zinc lo que conlleva a aumentar su capacidad real.

Como se mencionó los ratios más bajos de disponibilidad, rendimiento y calidad están en el proceso de filtrado específicamente en el filtro de discos de zinc. Para ello se recomienda la adquisición de partes que permitan mejorar la eficiencia del elemento mencionado y por ende alcanzar un porcentaje de humedad adecuado que asegure la calidad del producto. Adicionalmente, es necesario realizar mantenimientos predictivos ya que ayudarán a identificar cómo se encuentran los estándares de eficiencias y no solo de este proceso sino a nivel general. Esto permitirá una mejor evaluación de los ratios de eficiencia dentro del análisis del proceso productivo lo cual ayudaría en una mejora del objetivo número 2 de la presente investigación.

Para lograr que haya una mejora sustancial en el proceso productivo se recomienda seguir un plan de gestión el cual va a tener como base a la herramienta 5S. Es por dicho motivo, que se realizarán capacitaciones respectivas al personal, aunque para lograr con dicha acción se necesita contar con el respaldo de las jefaturas respectivas para poder implementar la herramienta lo más rápido y efectivamente posible. Solo si se implementa la herramienta de acuerdo a lo planificado y estructurado, la organización podrá percibir los beneficios de la implementación de la herramienta.

Debido a que la capacidad productiva está compuesta por eficiencia, disponibilidad y calidad. Es necesario que se identifique que aspectos deben mejorarse y para lograr ello se utiliza la herramienta OEE, esta al ser exhaustiva va a permitir mejorar ciertos aspectos que impiden la continuidad de los factores. Es en ese momento, que se debe proseguir con la herramienta 5s, puesto que esta brinda soluciones y a anticipar ciertos errores que impiden la continuidad productiva.

Finalmente, no todo es costo en esta propuesta ya que al implementar la metodología recomendada se podrá hacer un uso más eficiente de la maquinaria generando un ahorro en los insumos como luz y horas hombre. Por otro lado, la mejora de eficiencia generará un aumento en su capacidad real lo que aumentará la capacidad de producción de la planta concentradora y producirá una mayor cantidad de ingresos a medida que la demanda se vaya incrementando.

REFERENCIAS

- Alvarez, M. & Paucar, P. (s/f). *Manual de implementación 5'S*. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/337910/Manual+5S.pdf?sequence=2>
- Arnoletto, E. J. (2007). *Administración de la producción como ventaja competitiva*. Recuperado de http://www.adizesca.com/site/assets/g-administracion_de_la_produccion_como_ventaja_competitiva-ea.pdf
- Ataman, A. (2010). Metodología para la evaluación de planta concentradora de minerales Mesapata (UNASAM) Corporación Minera Toma La Mano S.A. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/12792/Ataman_Aguirre_Armando_Audie_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bedoya, W., Flores, L., Oviedo, J. & Torres, R. (2017). Diagnóstico Operativo Empresarial de la compañía Ares: Unidad Selená (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Botero, M., Cañón, B. & Olarte, W. (2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. *Scientia et Technica*. ISSN 0122-1701, Vol. 2, N° 45, pp. 223-226. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4546591>
- Buffa, S. (1983). *Modern Production/Operations Management*. (7a ed.). New York: Editorial Wiley
- Carreño, D. & Mesa, J. (2020). Metodología para aplicar Lean en la gestión de la cadena de suministro. Vol. 41. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a20v41n15/a20v41n15p30.pdf>
- Cajigas, M., Ramirez, D. & Ramirez, E. (2019). Capacidad de producción y sostenibilidad en empresas nuevas. *Revista Espacio*. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a19v40n43/a19v40n43p15.pdf7>
- Celeste, E. (2020). Propuesta de mejora en el sistema de costeo de producción de una empresa metalmecánica basado en la aplicación de herramientas y técnicas de ingeniería industrial que permita medir y controlar los costos de producción (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17387>
- EY (2017). *Los 10 principales riesgos de la industria minera 2017-2018*. Perú.
- Fernández, E., Avella, L & Fernández, M. (2006). *Estrategia de Producción*. Madrid: MC Graw Hill. 2ª edición.
- Giraldo, J. (2015). *Filtración de procesos*. Indisa S.A. Recuperado de <http://www.indisa.com/indisaonline/antiores/IndisaOnLine137-Filtraci%C3%B3ndePr ocesos1.pdf>
- Gutierrez, H., & De la Vera, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. México: The McGraw-Hill, 3º edición. Recuperado de file:///E:/Biblioteca

10/Downloads/12022015 control-estadístico-de
file:///E:/Biblioteca10/Downloads/12022015control-estadístico-de-la-calidad-y-seis-sigma-3ed-gutierrez-160213183031.pdf

Hernández, A. (2019). Implementación de las Herramientas Lean Manufacturing en el Área de Producción de Plásticos Mype de la Corporación Bolsipol S.A.C. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú. Recuperado. Recuperado de http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/3254/1/Antony%20Hernandez_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf

Hernandez, J. & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, Técnicas e implementación*. Madrid.

Hernández-Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación.*, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education.

Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education.

Herrera, B. (2020). Propuesta de un sistema de indicadores de eficiencia general de equipos (OEE) para mejorar la productividad en el área de tejeduría de una empresa textil (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/12671/Herrera_cb.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). *Minería e Hidrocarburos*. Compendio Estadístico 2017. Perú

Instituto Peruano de Economía (2018). *Minería en Ancash*. Recuperado el 13 de abril, 2020 de: <https://www.ipe.org.pe/portal/mineria-en-ancash/>

Instituto Peruano de Economía (2019). *Minería en Ancash*. Recuperado el 15 de junio de 2020

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020a). Cuadro N*1 Extracción de petróleo, gas, minerales y servicios conexos: Valor Agregado Bruto: según departamentos. Perú

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020b). Producto Bruto Interno según actividad económica 1950-2019. Perú

López, G. (s/f). *Metodología Six Sigma: Calidad Industrial*. Recuperado de <https://n9.cl/m47c>

Macías, M., Alvarez, J., Rojas, C., Grosso, S., Martínez, M., Sánchez, M. & Barcala, E.(2007) *Guía para la identificación y análisis de procesos*. pp. 2-36. Cádiz: Universidad de Cádiz. Recuperado de https://personal.uca.es/wp-content/uploads/2018/03/1237151097_652011132928.pdf

Mora, P (2017). "Monitorización y resolución de incidencias en la interconexión de redes privadas con redes públicas". Recuperado de https://www.verticebooks.com//media/iverve/uploadpdf/1526022144_UF1348_demo.pdf

Morse, J. (1995). *The significance of saturation*. Qual Health Res 1995;5(2):147-149.

- Osinermin (s/f). *Actividad minera* [Página de Osinermin]. Osinermin. Recuperado de https://www.osinermin.gob.pe/mineria/actividad_minera/clasificacion-minera-peru
- Osinermin (2017). *La industria de la minería en el Perú*. Lima: Perú. Recuperado de https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/La-Industria-Mineria-Peru.pdf
- Osinermin (2019). *Reporte semestral de monitoreo del mercado de productos mineros*. Recuperado de [https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios Economicos/Reportes_de_Mercado/Osinermin-RSMMM-II-2018.pdf](https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Reportes_de_Mercado/Osinermin-RSMMM-II-2018.pdf)
- Ospina Avendano, D. (2020). *Overall Operations Effectiveness (OOE)*. Recuperado de <https://www.toolshero.com/quality-management/overall-operations-effectiveness>.
- Rajadell, M., & Sanchez, J. (2012). *Lean Manufacturing: La Evidencia de una necesidad*. Madrid: Diaz de Santos.
- Revista Negocios Globales (2008). *Logística en la Minería*. Chile: EMB. Recuperado de <http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=1084yni=logistica-en-la-mineria>
- Rincón, R. (2002). Modelo para la implementación de un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001. *Universidad EAFIT*. Recuperado de <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/17263/document%20-%20202020-08-24T093102.805.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Rojas, C. & Salazar, S. (2019). Aplicación de la metodología 5s para la optimización en la gestión del almacén en una empresa importadora de equipos de laboratorio (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Recuperado de https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2749/IND-T030_72084597_T%20%20%20SALAZAR%20VALDIVIA%20SANTIAGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Stamatis, D. (2010). *The OEE primer : understanding overall equipment effectiveness, reliability, and maintainability*. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/The%20OEE%20Primer.pdf>
- Vargas, F. (2014). Propuesta de mejora en las áreas administrativa y de producción de la empresa corporación electromecánica S.A.C de la ciudad de Arequipa año 2013 (Tesis de pregrado). Universidad Católica Santa María, Arequipa, Perú. Recuperado de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/2203/44.0353.II.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villaseñor, A., y Galindo, E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing*. Guía Básica. México: Limusa.
- Viteri, J. (2015). *Gestión de la producción con enfoque sistémico*. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15153>

ANEXO A: Guía de encuesta

Factores que influyen a la capacidad de producción

I. Presentación

Hola, somos alumnos de la facultad de Gestión y Alta Dirección con mención en Gestión Empresarial en la PUCP. Nos encontramos realizando nuestra tesis para obtener el grado de licenciatura; por ello, es necesario el llenado de esta encuesta que tienen como finalidad conocer tu opinión sobre los factores que afectan a la capacidad de producción de una planta. Toda la información recolectada servirá únicamente para fines académicos.

Agradeceremos ratificar su consentimiento en el uso de la información que usted brinde en el presente cuestionario, resaltado que los datos serán utilizados para fines netamente académicos y de manera confidencial.

¿Usted ratifica su consentimiento en el uso de la información que brindará únicamente para fines académicos y de manera confidencial?

SÍ

NO

II. Datos del encuestado

1. Nombres y Apellidos
2. ¿En qué puesto se desempeña?
3. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la planta concentradora? (meses)

III. Factores que influyen a la capacidad de producción

4. ¿Cuál es el proceso que presenta más complicaciones?

(Siendo 5 con más complicaciones y 1 con menos complicaciones)

- a) Chancado
- b) Molienda
- c) Flotación
- d) Filtrado

5. ¿Cuál es el factor que más influye en los problemas del proceso que eligió como el que genera más complicaciones?

- a) Tecnología

- b) Repuestos
- c) Procesos
- d) Mantenimiento
- e) Insumos
- f) Inventarios

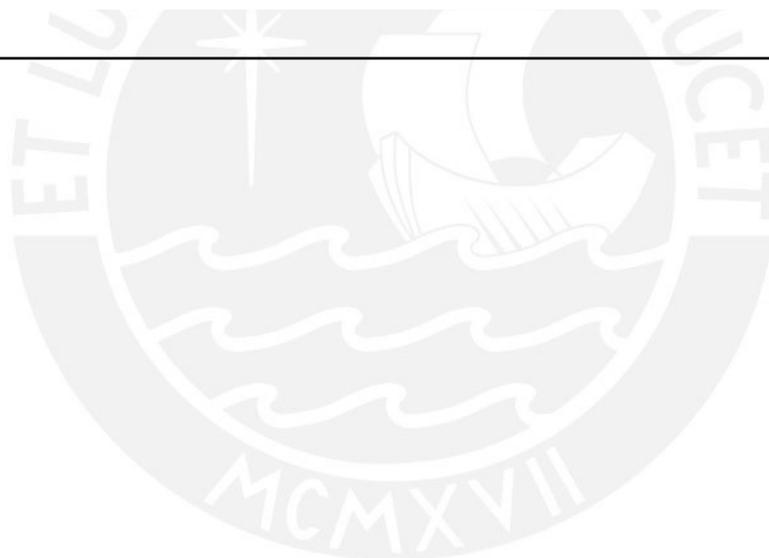
6. ¿Cuál es la consecuencia principal de las complicaciones en los procesos mencionados anteriormente?

- a) Paradas de la máquina 1
- b) Tiempos muertos 2
- c) Baja calidad en la producción 3
- d) Baja cantidad de concentrado 4



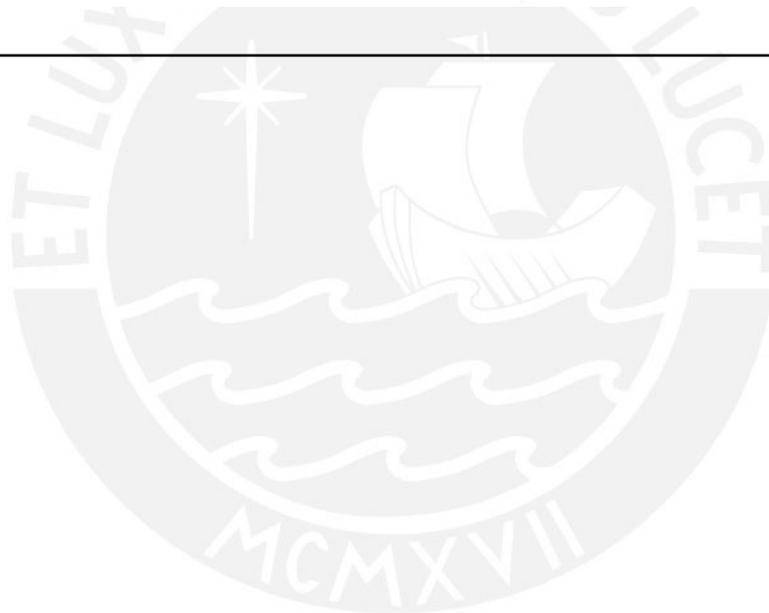
ANEXO B: Antigüedad de los encuestados

Figura B1: Antigüedad de los encuestados



ANEXO C: Ocupación en la planta de los encuestados

Figura C1: Ocupación en la planta de los encuestados



ANEXO D: Subprocesos según problemática

Tabla D1: Subprocesos según problemática

| Proceso | Media |
|-----------|-------|
| Filtrado | 3.8 |
| Molienda | 3.5 |
| Chancado | 2.8 |
| Flotación | 2.7 |



ANEXO E: Factores que ocasionan problemas en los subprocesos

Tabla E1: Factores que ocasionan problemas en los subprocesos

| Problema | Media |
|---------------|-------|
| Tecnología | 4.9 |
| Procesos | 4.6 |
| Repuestos | 3.6 |
| Inventarios | 2.7 |
| Insumos | 2.6 |
| Mantenimiento | 2.4 |



ANEXO F: Razones de las complicaciones en los subprocesos

Tabla F1: Razones de las complicaciones en los subprocesos

| Razones | MEDIA |
|-------------------------------|-------|
| Baja calidad en producción | 3.3 |
| Paradas en máquinas | 2.5 |
| Tiempos muertos | 2.2 |
| Baja cantidad en concentrados | 1.9 |



ANEXO G: Ocupación en la planta de los encuestados

Hola, somos alumnos de la facultad de Gestión y Alta Dirección con mención en Gestión Empresarial en la PUCP. Nos encontramos realizando nuestra tesis sobre los factores críticos que afectan a la capacidad de producción de la planta Toma la Mano en Huaraz para obtener el grado de licenciatura; por ello, es necesario la realización de esta entrevista como finalidad para conocer su opinión sobre las distintas causas que puedan afectar la producción de la planta. Toda la información recolectada servirá únicamente para fines académicos.

1. ¿Cómo es que funciona una planta concentradora? ¿Cuáles son los procesos que la componen? ¿Cuáles cree que son los procesos clave de producción?
2. ¿Cuáles son los otros aspectos principales que debe tener una buena planta concentradora?
3. Desde su experiencia ¿Cuáles son los principales problemas que pueden ocurrir en una planta concentradora? ¿Cuáles son los riesgos de estos problemas?
4. En una escala del 1-3 ¿Cuáles son los procesos que generalmente pueden presentar mayores complicaciones? ¿Cuál sería la más importante? y ¿Por qué en cada una?

Si el proceso de filtrado es el número 1 preguntar solo por esta, sino preguntar por cada una de las mencionadas, si es que no sale en qué posición estaría el proceso de filtrado

5. ¿Cuál sería el indicador principal para medir la capacidad de producción? ¿Cómo saber si la capacidad de producción es la adecuada o no?
6. Podría describir el proceso de filtrado ¿Y dentro del proceso que problemas se pueden presentar, Cuáles podrían ser los principales y posibles problemas?
7. ¿Cómo mide la capacidad del proceso de filtrado de manera específica y por qué? ¿Qué indicadores emplean para medir la capacidad del proceso de filtrado y Por que esos indicadores y no otros? introducir los umbrales o intervalos de calificación, cuando los considera bueno o malo
8. ¿Cómo miden los factores del proceso de filtrado en la capacidad de producción?
9. ¿Qué factores del proceso de filtrado pueden ocasionar un impacto en la capacidad de producción? ¿Enlistar las variables de mayor impacto a menor impacto y el porqué?
10. ¿Qué medidas se pueden considerar buenas prácticas para poder mitigar las complicaciones mencionadas anteriormente y por que?
11. ¿Cuál sería un ratio que compruebe que las buenas prácticas están siendo efectivas y por qué?

ANEXO H: Tabla código - documento

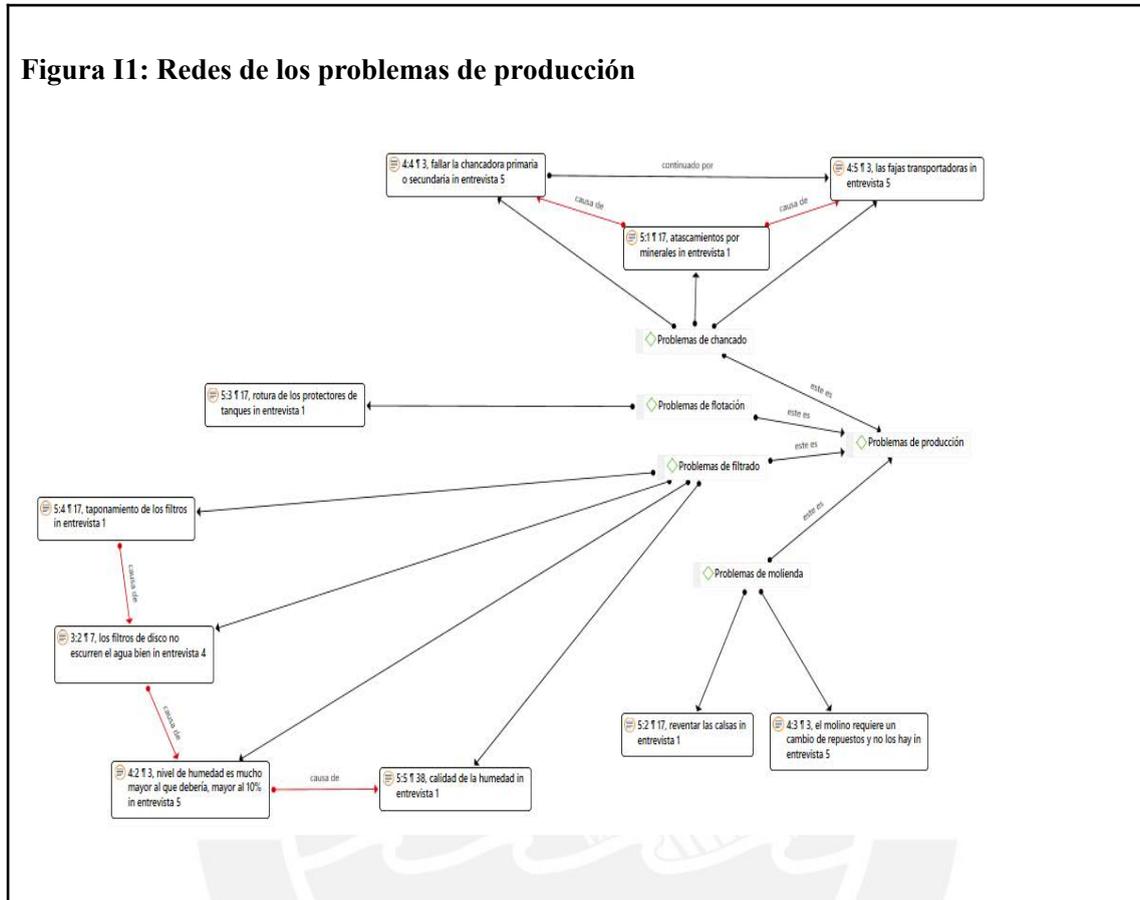
Figura H1: Tabla código - documento

| | 1: Entrevista 2 19 | 2: entrevista 3 19 | 3: entrevista 4 10 | 4: entrevista 1 22 | 5: entrevista 5 8 | Totales |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------|
| ◇ Problemas chancado 13 | 1 | 1 | 3 | 5 | 3 | 13 |
| ◇ Problemas filtrado 12 | | 2 | 4 | 4 | 2 | 12 |
| ◇ Problemas flotación 8 | | | 3 | 3 | 2 | 8 |
| ◇ Problemas molienda 15 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 15 |
| Totales | 3 | 5 | 14 | 16 | 10 | 48 |



ANEXO I: Redes de los problemas de producción

Figura I1: Redes de los problemas de producción



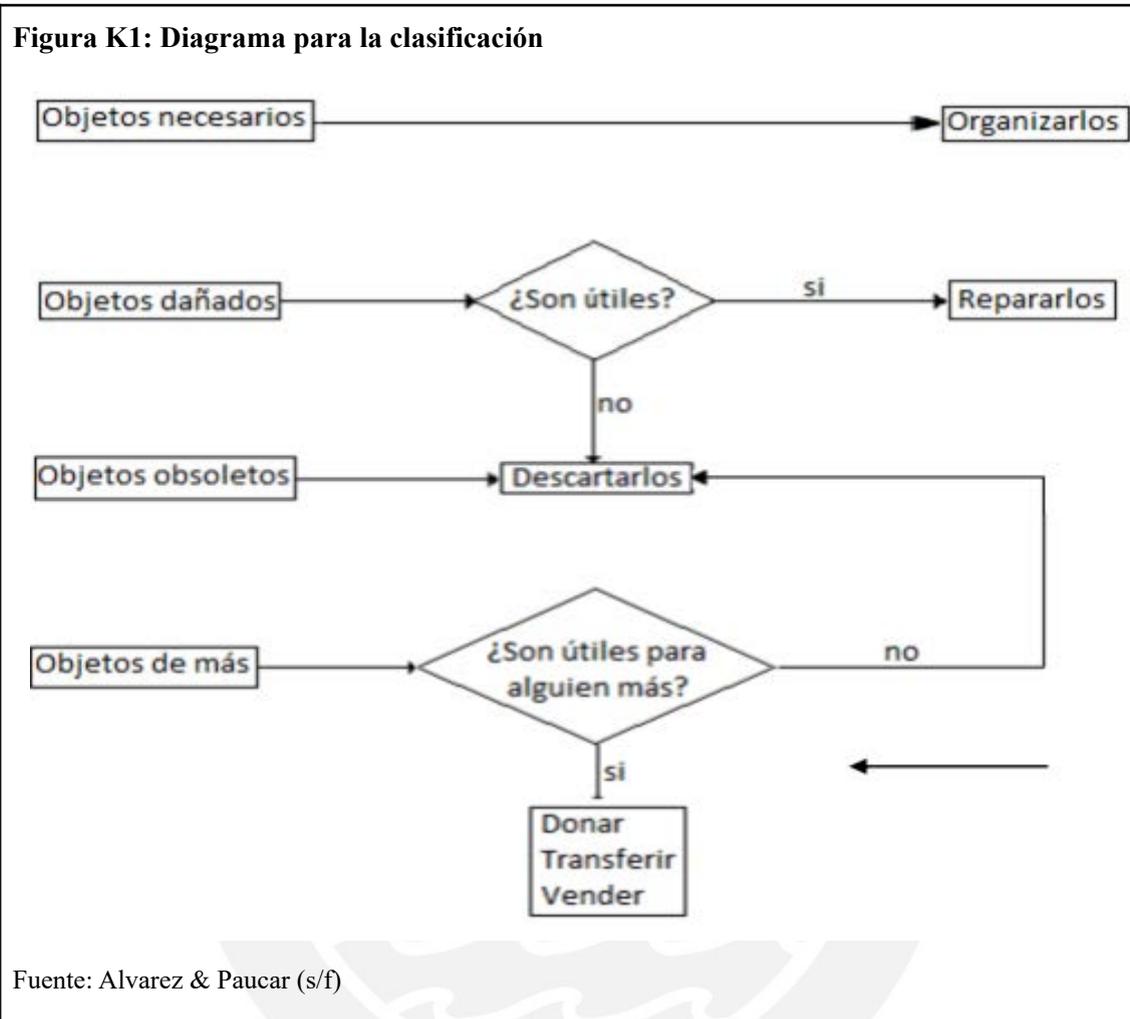
ANEXO J: OEE

Tabla J1: OEE

| Proceso | Maquinaria | Descripción | Estado | Disponibilidad | Eficiencia | Calidad | OEE | Capacidad de diseño | Capacidad real |
|-----------------|------------|---|------------|----------------|------------|---------|-----|---------------------|----------------|
| Chancado | 1 | ALIMENTADOR RECIPROCANTE | REGULAR | 90% | 94% | 95% | 80% | 750 | 603 |
| | 2 | GRIZZLY ESTACIONARIO | REGULAR | 92% | 95% | 96% | 84% | 750 | 629 |
| | 3 | CHANCADORA DE QUIMADA | REGULAR | 90% | 93% | 95% | 80% | 500 | 400 |
| | 4 | FAJA TRANSPORTADORA N°01 | REGULAR | 90% | 94% | 96% | 81% | 750 | 609 |
| | 5 | CEDAZO VIBRATORIO SD | DESGASTADO | 87% | 92% | 92% | 73% | 750 | 550 |
| | 7 | FAJA TRANSPORTADORA N°02 | REGULAR | 90% | 94% | 95% | 80% | 750 | 603 |
| | 8 | CHANCADORA CÓNICA SHORT HEAD | REGULAR | 90% | 94% | 94% | 80% | 750 | 597 |
| | 1 | FAJA TRANSPORTADORA N° 03 | REGULAR | 90% | 93% | 93% | 78% | 750 | 585 |
| molienda | 2 | MOLINO DE BOLAS | NUEVO | 96% | 96% | 97% | 90% | 450 | 403 |
| | 3 | BOMBAS HORIZONTALES CENTRIFUGAS N1 Y 2 | NUEVO | 94% | 95% | 95% | 85% | 750 | 636 |
| | 4 | BOMBA HORIZONTAL CENTRIFUGA N° 3 | USADO | 87% | 92% | 92% | 73% | 750 | 550 |
| | 5 | BOMBA HORIZONTAL CENTRIFUGA N° 4 | NUEVO | 94% | 95% | 95% | 85% | 750 | 636 |
| | 1 | CELDA SK - 240 TIPO SKIM | NUEVO | 94% | 95% | 96% | 85% | 750 | 641 |
| Flotación plomo | 2 | CELDA SERRANA WS-180 R3 N1 | NUEVO | 94% | 95% | 95% | 84% | 750 | 633 |
| | 3 | CELDA SERRANA WS-180 R3 N2 | NUEVO | 94% | 95% | 96% | 86% | 750 | 642 |
| | 4 | BANCO DE 2 CELDAS ROUGHER Modelo DR-30 | REGULAR | 90% | 93% | 93% | 78% | 750 | 588 |
| | 5 | BANCO DE 3 CELDAS SCAVENGER Modelo DR-30 | REGULAR | 90% | 93% | 94% | 79% | 750 | 594 |
| | 6 | CELDA CLEANER I y II Modelo SUB A-24 | USADO | 88% | 92% | 92% | 75% | 750 | 563 |
| | 7 | CELDA UNITARIA TIPO DENVER | REGULAR | 90% | 93% | 94% | 79% | 750 | 592 |
| | 1 | ACONDICIONADOR | USADO | 87% | 92% | 93% | 74% | 750 | 556 |
| Flotación zinc | 2 | CELDA TC ROUGHER I ZINC Modelo WS-180 | NUEVO | 95% | 96% | 95% | 86% | 750 | 645 |
| | 3 | CELDA TC ROUGHER II ZINC Modelo WS-180 | REGULAR | 92% | 94% | 95% | 82% | 750 | 617 |
| | 4 | CELDA ROUGHER II ZINC Modelo DR-30 | REGULAR | 90% | 93% | 96% | 81% | 750 | 608 |
| | 5 | CELDA SCAVENGER ZINC Modelo DR-30 | REGULAR | 90% | 94% | 95% | 80% | 750 | 603 |
| | 6 | -CELDA CLEANER I ZINC Modelo SUB A-24 (*) | NUEVO | 94% | 95% | 95% | 85% | 750 | 639 |
| | 7 | CELDA CLEANER II Modelo SUB A-24 (*) | NUEVO | 95% | 96% | 94% | 85% | 750 | 637 |
| | 1 | FILTRO DE DISCOS ZINC | USADO | 87% | 92% | 91% | 72% | 500 | 361 |
| Filtrado | 2 | ESPESADOR CONCENTRADO PLOMO | REGULAR | 90% | 93% | 94% | 78% | 750 | 588 |
| | 3 | BOMBA HORIZONTAL CENTRIFUGA PLOMO | REGULAR | 89% | 93% | 94% | 78% | 750 | 586 |
| | 4 | FILTRO DE DISCOS PLOMO | REGULAR | 89% | 93% | 92% | 77% | 750 | 574 |
| | 5 | ESPESADOR CONCENTRADO DE ZINC | REGULAR | 90% | 93% | 93% | 78% | 750 | 583 |
| | 6 | BOMBA HORIZONTAL CENTRIFUGA ZINC | REGULAR | 90% | 93% | 93% | 77% | 750 | 581 |

ANEXO K: Diagrama para la clasificación

Figura K1: Diagrama para la clasificación



Fuente: Alvarez & Paucar (s/f)

ANEXO L: Tarjeta roja

Figura L1: Tarjeta roja

| TARJETA ROJA | |
|------------------------------------|----------------------------|
| NOMBRE DEL ELEMENTO : | CANTIDAD: |
| CATEGORIA | MATERIA PRIMA |
| | PRODUCTOS EN PROCESO |
| | PRODUCTOS TERMINADOS |
| | MÁQUINAS Y EQUIPOS |
| | HERRAMIENTAS Y SUMINISTROS |
| | UTILES Y PLANTILLAS |
| | MOBILIARIA |
| | PRODUCTOS QUÍMICOS |
| | EQUIPOS DE SEGURIDAD |
| | OTRO (ESPECIFIQUE) |
| ESTADO Y/O MOTIVO DE RETIRO | MATERIAL SOBRANTE |
| | DEFECTUOSO O DETERIORADO |
| | CONTAMINANTE O PELIGROSO |
| | OBSOLETO O VENCIDO |
| | REDUCE ESPACIO |
| | OTRO (ESPECIFIQUE) |
| EVALUADOR: | |
| ÁREA IDENTIFICADA: | |
| FECHA DE NOTIFICACIÓN: | |
| PROPUESTA SUGERIDA: | |
| SUPERVISOR: | |
| DISPOSICION FINAL: | |
| OBSERVACIONES: | |

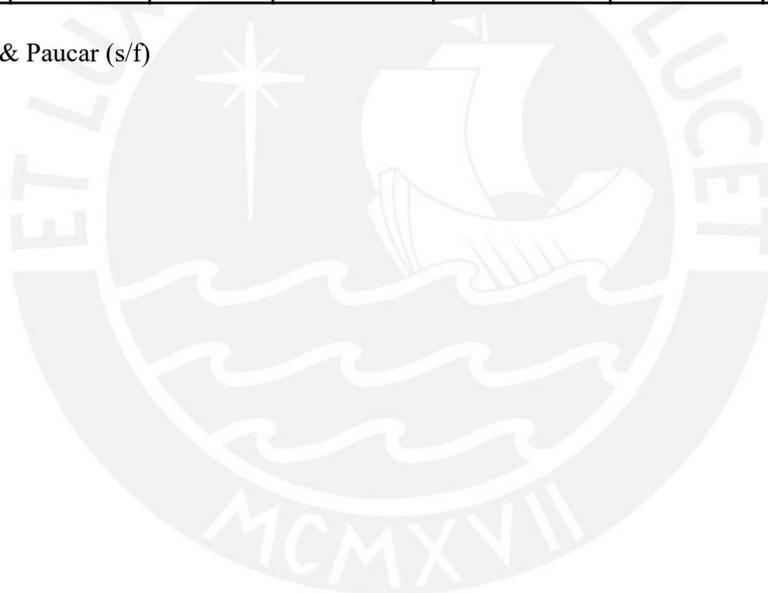
Fuente: Alvarez & Paucar (s/f)

ANEXO M: Informe de la tarjeta roja

Tabla M1: Informe de la tarjeta roja

| Área o departamento | | | | | Fecha | |
|---------------------|----------|--------|-----------|-------------------|-----------------|----------------|
| Responsable | | | | | | |
| Nombre de elemento | Cantidad | Estado | Ubicación | Motivo del retiro | Acción sugerida | Decisión final |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: Alvarez & Paucar (s/f)



ANEXO N: Cuestionario de orden y limpieza

Tabla N1: Cuestionario de orden y limpieza

| EJEMPLO DE CUESTIONARIOS DE CHEQUEO SOBRE ORDEN Y LIMPIEZA | | | |
|--|-------|----------|----|
| EVALUADOR | FECHA | | |
| LOCALES | SI | A MEDIAS | NO |
| Las escaleras y paredes están limpias, en buen estado y libres de obstáculos | | | |
| Las señales de seguridad están visibles | | | |
| SUELOS Y PASILLOS | | | |
| Los suelos están limpios, secos sin desperdicios ni material innecesario | | | |
| Los pasillos y zonas de tránsito están libre de obstáculos | | | |
| ALMACENAJE | | | |
| Las áreas de almacenamiento y disposición de materiales están señalizadas | | | |
| Los materiales almacenados se encuentran correctamente identificadas | | | |
| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | |
| Se encuentran libres de filtraciones de aceites y grasas | | | |
| Se encuentran limpias y libres en su entorno de todo material innecesario | | | |
| HERRAMIENTAS | | | |
| Se guardan limpias de aceites o grasas | | | |
| No se encuentran ni defectuosas u oxidadas | | | |
| EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y ROPA DE TRABAJO | | | |
| Se guardan en los lugares específicos asignados | | | |
| Se encuentra marcados para poder identificarlos por su usuario | | | |
| RESIDUOS | | | |
| Los contenedores están colocados próximos y accesibles a los lugares | | | |
| Existen los medios de limpieza a disposición del personal | | | |
| OBSERVACIONES | | | |
| | | | |

Adaptado de Vargas (2014)

ANEXO Ñ: Acciones de limpieza

Tabla Ñ1: Acciones de limpieza

| ACCIÓN | RESPONSABLE | FRECUENCIA |
|---|---|---------------------------|
| Nombrar una persona que sea la encargada de las acciones de limpieza | Coordinador del programa de las 5 S's | Una sola vez |
| Realizar una charla, para explicar las ventajas que otorga mantener el ambiente de trabajo ordenado y limpio, e iniciar el programa de limpieza | Encargado de limpieza | Una sola vez |
| Limpieza programada de puesto de trabajo | Todo el personal del taller y almacenes | Dos veces al día (*) |
| Limpieza programada de taller y almacenes | Personal del taller(una persona diferente cada día) | Una vez al día (**) |
| Limpieza por incidentes (derrame, acumulación de desperdicios, etc.) | Encargado de la limpieza programada | Siempre que sea necesario |
| Limpieza programada profunda (limpiar ventanas, máquinas, herramientas, etc.) | Todo el personal del taller y almacenes | Semanalmente (sábados) |
| * Se realizará antes del refrigerio y al terminar la jornada laboral ** Se realizará al terminar la jornada laboral | | |

Fuente: Vargas (2014)

ANEXO O: Cuestionario de la evaluación de Seiri, Seiton y Seiso

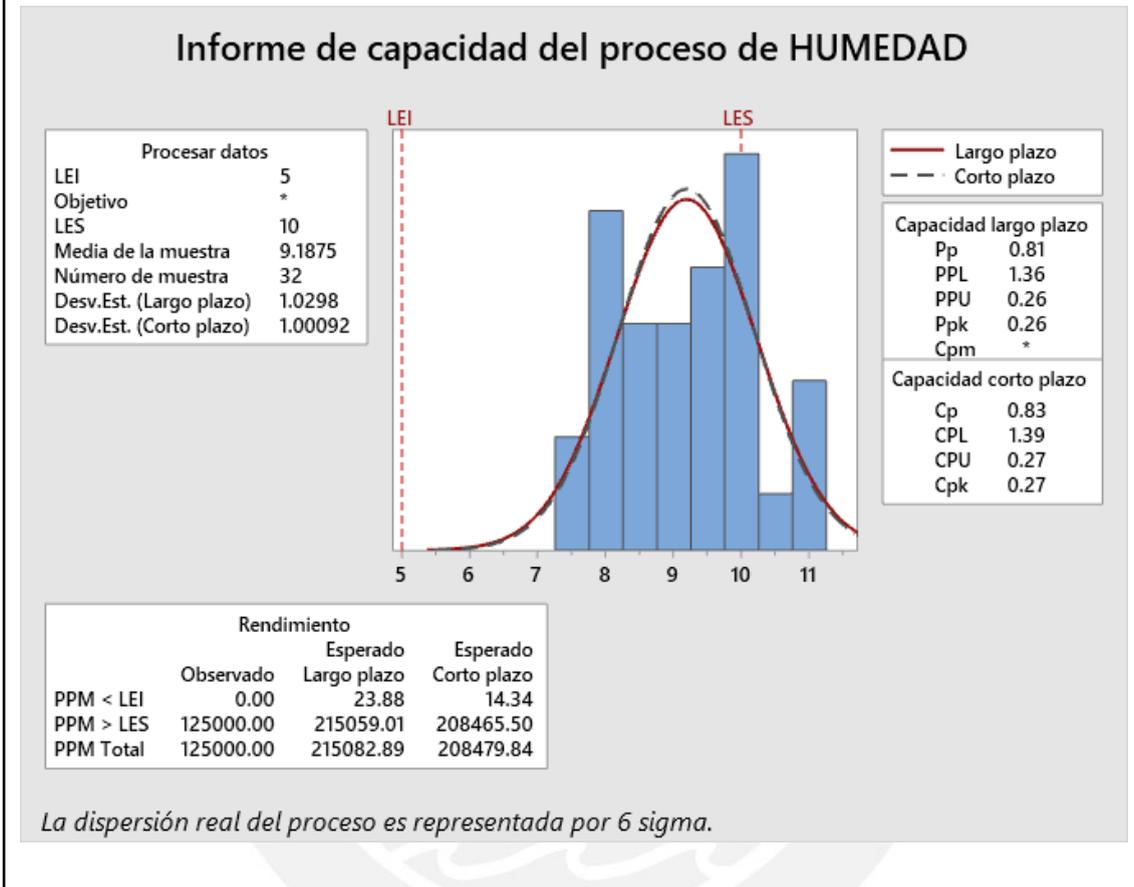
Tabla O1: Cuestionario de la evaluación de Seiri, Seiton y Seiso

| Evaluación | Criterio | Calificación (0 - 3) |
|---|--|----------------------|
| Seiri | ¿Existen objetos innecesarios en el área y centros de trabajo? | |
| Seiton | ¿El área de trabajo está organizada y ordenada? | |
| Seiso | ¿El área de trabajo, elementos, maquinarias, etc. se encuentran limpias? | |
| Puntaje Total | | |
| Clasificación Puntaje total obtenido | | |
| 0 - 2 | Deficiente | |
| 3 - 5 | Regular | |
| 6 - 7 | Bueno | |
| 8 - 9 | Excelente | |

Fuente: Alvarez & Paucar (s/f)

ANEXO P: Informe de capacidad del proceso de Humedad

Figura P1: Informe de capacidad del proceso de Humedad



ANEXO Q: Costos de implementación

Tabla Q1: Costos de implementación

| COSTO DE IMPLEMENTACIONES | | | | |
|---|-----------------------------------|----------|---------------------|-------------|
| Detalles | Rol | Cantidad | Soles x hora hombre | Costo Total |
| Reunión introductoria de capacitación (2.5 horas) | Lider (Jefe de planta) | 1 | 14,9 | S/ 37,19 |
| | Facilitador 1 (Ingeniero Químico) | 1 | 11,7 | S/ 29,25 |
| | Facilitador 2 (Almacenero) | 1 | 11,7 | S/ 29,25 |
| | Equipos 5s 1 (Filtrero) | 1 | 5,2 | S/ 12,88 |
| | Equipos 5s 2 (Chancado) | 1 | 5,2 | S/ 12,88 |
| | Asesor 1 (Jefe de Laboratorio) | 1 | 14,9 | S/ 37,19 |
| | Costo Filtreros | 3 | 5,2 | S/ 38,63 |
| | Costo Chancadores | 3 | 5,2 | S/ 38,63 |
| | Costo Molineros | 4 | 5,2 | S/ 51,50 |
| | Costo Administrativos | 3 | 4,7 | S/ 35,16 |
| | Costo Relaveros | 3 | 5,2 | S/ 38,63 |
| | Costo Mecánicos | 2 | 8,1 | S/ 40,31 |
| | Costo Muestreros | 2 | 5,2 | S/ 25,75 |
| | Costo Flotadores | 4 | 5,2 | S/ 51,50 |
| Reunión de capacitación para el comité 5S y líderes de las áreas involucradas (6 horas) | Lider (Jefe de planta) | 1 | 14,9 | S/ 89,25 |
| | Facilitador 1 (Ingeniero Químico) | 1 | 11,7 | S/ 70,20 |
| | Facilitador 2 (Almacenero) | 1 | 11,7 | S/ 70,20 |
| | Equipos 5s 1 (Filtrero) | 1 | 5,2 | S/ 30,90 |
| | Equipos 5s 2 (Chancado) | 1 | 5,2 | S/ 30,90 |
| | Asesor 1 (Jefe de Laboratorio) | 1 | 14,9 | S/ 89,25 |
| | Costo Molinero | 1 | 5,2 | S/ 30,90 |
| | Costo Flotador | 1 | 5,2 | S/ 30,90 |
| | Costo Mecánico | 1 | 8,1 | S/ 48,38 |

| COSTO DE IMPLEMENTACIONES | | | | |
|--|---|-------------------------|---------------------|-------------|
| Detalles | Rol | Cantidad | Soles x hora hombre | Costo Total |
| Reunión de implementación de las 3S (10 horas operarios y 5 horas comité 5S y líderes de las áreas involucradas) | Lider (Jefe de planta) | 1 | 14,9 | S/ 74,38 |
| | Facilitador 1 (Ingeniero Químico) | 1 | 11,7 | S/ 58,50 |
| | Facilitador 2 (Almacenero) | 1 | 11,7 | S/ 58,50 |
| | Equipos 5s 1 (Filtrero) | 1 | 5,2 | S/ 25,75 |
| | Equipos 5s 2 (Chancado) | 1 | 5,2 | S/ 25,75 |
| | Asesor 1 (Jefe de Laboratorio) | 1 | 14,9 | S/ 74,38 |
| | Costo Filtreros | 3 | 5,2 | S/ 154,50 |
| | Costo Chancadores | 3 | 5,2 | S/ 154,50 |
| | Costo Molineros | 4 | 5,2 | S/ 206,00 |
| | Costo Administrativos | 3 | 4,7 | S/ 140,63 |
| | Costo Relaveros | 3 | 5,2 | S/ 154,50 |
| | Costo Mecánicos | 2 | 8,1 | S/ 161,25 |
| | Costo Muestreros | 2 | 5,2 | S/ 103,00 |
| | Costo Flotadores | 4 | 5,2 | S/ 206,00 |
| | Implementación de las 3 primeras S (55 horas) | Equipos 5s 1 (Filtrero) | 1 | 5,2 |
| Equipos 5s 2 (Chancado) | | 1 | 5,2 | S/ 283,25 |
| Costo Filtreros | | 4 | 5,2 | S/ 1.133,00 |
| Costo Chancadores | | 4 | 5,2 | S/ 1.133,00 |
| Costo Molineros | | 4 | 5,2 | S/ 1.133,00 |
| Costo Administrativos | | 3 | 4,7 | S/ 773,44 |
| Costo Relaveros | | 3 | 5,2 | S/ 849,75 |
| Costo Mecánicos | | 2 | 8,1 | S/ 886,88 |
| Costo Muestreros | | 2 | 5,2 | S/ 566,50 |
| Costo Flotadores | | 4 | 5,2 | S/ 1.133,00 |

| COSTO DE IMPLEMENTACIONES | | | | |
|--|-----------------------------------|----------|---------------------|--------------|
| Detalles | Rol | Cantidad | Soles x hora hombre | Costo Total |
| | Facilitador 1 (Ingeniero Químico) | 1 | 5,2 | S/ 128,75 |
| | Facilitador 2 (Almacenero) | 1 | 5,2 | S/ 128,75 |
| | Equipos 5s 1 (Filtrero) | 1 | 8,1 | S/ 201,56 |
| | Equipos 5s 2 (Chancado) | 1 | 5,2 | S/ 128,75 |
| | Asesor 1 (Jefe de Laboratorio) | 1 | 5,2 | S/ 128,75 |
| Monitoreo y revisión general (6 horas) | Lider (Jefe de planta) | 1 | 5,2 | S/ 30,90 |
| | Facilitador 1 (Ingeniero Químico) | 1 | 5,2 | S/ 30,90 |
| | Facilitador 2 (Almacenero) | 1 | 5,2 | S/ 30,90 |
| | Equipos 5s 1 (Filtrero) | 1 | 4,7 | S/ 28,13 |
| | Equipos 5s 2 (Chancado) | 1 | 5,2 | S/ 30,90 |
| | Asesor 1 (Jefe de Laboratorio) | 1 | 8,1 | S/ 48,38 |
| Otros costos | Señalización | 1 | 300 | S/ 300,00 |
| | Utiles de limpieza | 1 | 150 | S/ 150,00 |
| | Equipamiento de seguridad | 1 | 200 | S/ 200,00 |
| | Estantes | 2 | 100 | S/ 200,00 |
| Capacitador | Capacitador | 1 | - | S/ 1.500,00 |
| Total | | | | S/ 14.380,82 |

ANEXO R: Ahorros de implementación

Tabla R1: Ahorros de implementación

| Ahorro | Horas ahorradas por campaña | Precio por hora | Precio total por año |
|-----------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|
| Horas hombre | 5 | S/ 191.48 | S/ 11,489.00 |
| Servicio de luz | 8 | S/ 294.58 | S/ 28,280.00 |
| Total | | | S/ 39.769,00 |

