

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



TESIS

“IMPLEMENTACIÓN DE CONTABILIDAD METALÚRGICA MEDIANTE
EL CÓDIGO AMIRA P754 EN PLANTAS CONCENTRADORAS”

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS
EN INGENIERÍA METALÚRGICA

ELABORADO POR
JOSÉ LUIS GUERRERO GUEVARA

ASESOR
M.Sc. Ing. JOSÉ REMIGIO MANZANEDA CABALA

LIMA – PERÚ
2022

DEDICATORIA

A Dios por iluminarme constantemente y ser motivo de vida, luz y amor.

Con todo mi amor a mis padres Benedicto José y María Aurea por su apoyo incondicional en todas las decisiones que he tomado.

A mi hermano gemelo José Miguel por acompañarme en todas mis aventuras desde siempre.

AGRADECIMIENTOS

Al M.Sc. Ing. José Manzaneda Cabala, por su ardua colaboración y paciencia durante la realización de la investigación; el enfoque de experto brindado por su gran experiencia profesional logró dar el rumbo a esta tesis.

A AMIRA Global, por sus comunicaciones y facilidades para acceder a información del código AMIRA P754 para que se pueda desarrollar esta tesis.

A los Ing. Emilio Uribe e Ing. Iven Bravo por sus aperturas para colaborar desde el inicio en esta tesis tanto en la aplicación de las recomendaciones que resultaron de esta tesis en las operaciones de su Planta Concentradora.

Mi gratitud al MBA. Ing. Dieter Chávez Sierra, Superintendente de La Operación B2 de la Mina San Rafael - Minsur SA, por sus diversas sugerencias, su apoyo en la revisión de los resultados en esta tesis.

A la Dra. Ing. Orfelinda Avalo Cortez, por impulsar la competencia de investigación en Metalurgia que fueron de mucho aporte para la concepción de esta tesis.

Al Dr. Ing. Warren Reátegui Romero, por motivarme a publicar artículos científicos; su visión en la docencia e investigación con aporte auténtico en la sociedad, me ayudaron a definir los objetivos de esta tesis.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento a la Médico Cirujana Dra. Fatima Gonzales Asmat por su importante aporte y participación en la revisión de la redacción de esta tesis dando acertadas sugerencias.

Expreso mis agradecimientos a mis compañeros de trabajo de las diversas operaciones mineras del Perú y México, con quienes he compartido metas que ayudaron a fijar los objetivos de desarrollo de esta tesis.

RESUMEN

La contabilidad metalúrgica constituye una herramienta muy útil para administrar unidades productoras de metales y concentrados de minerales. Un código universal práctico para la industria minera es inevitable y el código AMIRA P754 proporciona una excelente plataforma para las mejores prácticas. El objetivo fue generar una guía para la implementación del código AMIRA P754 que pueda ser aplicado a plantas concentradoras de pequeña, mediana y gran minería. Se utilizó datos de plantas concentradoras participantes para pequeña y mediana minería y de evaluación con expertos para la gran minería, luego se evaluó el nivel de implementación del código AMIRA P754 con la herramienta diseñada en esta tesis. Se obtuvo un nivel de implementación de 61% para la pequeña minería, un valor de 49% para la mediana minería y un nivel de 62% para la gran minería. La herramienta propuesta mide adecuadamente los niveles de implementación para la mejora continua del Sistema de Contabilidad Metalúrgica. Se generó una guía práctica y útil para la implementación de los principios del código AMIRA P754. Se puede señalar que es importante que toda implementación del código AMIRA P754 debe tener el apoyo de la Alta Dirección y éstos deben estar convencidos que la contabilidad metalúrgica contribuirá a mejorar la gestión de sus operaciones mineras.

ABSTRACT

Metallurgical accounting is a very useful tool for managing units producing metals and mineral concentrates. A practical universal code for the mining industry is inevitable and the AMIRA P754 code provides an excellent platform for best practice. The objective was to generate a guide for the implementation of the AMIRA P754 code that can be applied to small, medium and large mining concentrator plants. Data from participating concentrator plants for small and medium mining and evaluation with experts for large mining were used, then the level of implementation of the AMIRA P754 code was evaluated with the tool designed in this thesis. An implementation level of 61% was obtained for small mining, a value of 49% for medium mining and a level of 62% for large mining. The proposed tool adequately measures the levels of implementation for the continuous improvement of the Metallurgical Accounting System. A practical and useful guide was generated for the implementation of the principles of the AMIRA P754 code. It can be pointed out that it is important that any implementation of the AMIRA P754 code must have the support of High Management and they must be convinced that metallurgical accounting will contribute to improving the management of their mining operations.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| RESUMEN | iv |
| ABSTRACT | v |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | viii |
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| CAPÍTULO I GENERALIDADES | 15 |
| 1.1. Antecedentes | 15 |
| 1.2. Descripción del Problema de Investigación | 19 |
| 1.3. Justificación de la investigación | 24 |
| 1.4. Objetivos del Estudio | 26 |
| 1.4.1. Objetivo General | 28 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 28 |
| 1.5. Hipótesis | 29 |
| 1.5.1. Hipótesis General | 29 |
| 1.5.2. Hipótesis Específicas | 29 |
| 1.6. Variables e indicadores | 30 |
| 1.6.1. Variable independiente | 30 |
| 1.6.2. Variable Dependiente | 30 |
| 1.6.3. Indicadores | 30 |

| | | |
|---------------------|--|-----------|
| CAPÍTULO II | MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL | 31 |
| 2.1. | Marco Teórico | 31 |
| 2.1.1. | AMIRA Global | 31 |
| 2.1.2. | Código AMIRA P754 | 31 |
| 2.1.3. | Estructura del Código AMIRA P754 | 32 |
| 2.1.4. | Los diez principios del Código AMIRA P754 | 34 |
| 2.1.5. | Selección y utilización de una Persona Competente | 35 |
| 2.1.6. | Humedad límite transportable (TML) | 37 |
| 2.1.7. | Tamaño de la planta concentradora | 37 |
| 2.1.8. | Producto final de una planta concentradora | 38 |
| 2.2. | Marco Conceptual | 40 |
| CAPÍTULO III | METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 43 |
| 3.1. | Diseño de estrategia metodológica | 43 |
| 3.1.1. | Tipo de investigación | 43 |
| 3.1.2. | Nivel de la investigación | 44 |
| 3.1.3. | Diseño de la investigación | 44 |
| 3.1.4. | Técnicas e Instrumentos de recolección de datos | 44 |
| 3.2. | Desarrollo de la Tesis | 45 |
| 3.2.1. | Etapas de implementación | 45 |
| 3.2.2. | Lista de verificación de implementación | 52 |
| 3.2.3. | Valoración según escala de Likert | 58 |
| 3.2.4. | Check-lists de apoyo para la evaluación de la Tabla 3.1. Lista de verificación AMIRA P754 | 58 |

| | |
|--|------------|
| 3.2.5. Instrumento de evaluación de la implementación AMIRA P754 | 63 |
| 3.3. Metodología de implementación | 68 |
| 3.3.1. Metodología desarrollada para pequeña minería | 72 |
| 3.3.2. Metodología desarrollada para mediana minería | 83 |
| 3.3.3. Metodología desarrollada para Gran Minería | 99 |
| CAPÍTULO IV RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN | 114 |
| 4.1. Análisis y discusión de resultados | 114 |
| 4.1.1. Resultados para Pequeña Minería | 114 |
| 4.1.2. Resultados para Mediana Minería | 118 |
| 4.1.3. Resultados para Gran Minería | 123 |
| 4.2. Contrastación de la hipótesis | 128 |
| CONCLUSIONES | 130 |
| RECOMENDACIONES | 135 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 138 |
| ANEXOS | 143 |
| Anexo 1. Matriz de consistencia | 143 |
| Anexo 2. Lista de siglas y acrónimos | 145 |
| Anexo 3. Otros | 146 |
| Anexo 4. Curriculum Vitae | 147 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 2.1. Estratificación de la Minería en el Perú | 38 |
| Tabla 3.1. Lista de verificación AMIRA P754 | 53 |
| Tabla 3.2. Valoración según la escala de Likert | 58 |
| Tabla 3.3. Check-list para Mediciones de masa | 59 |
| Tabla 3.4. Check-list para Muestreo | 60 |
| Tabla 3.5. Check-list para Ensayo Químico | 61 |
| Tabla 3.6. Check-list para Reportes | 62 |
| Tabla 3.7. Ponderación de cada etapa al nivel de implementación final | 63 |
| Tabla 3.8. Tamaños de las plantas concentradoras evaluadas | 71 |
| Tabla 3.9. Lista de verificación para Pequeña Minería | 75 |
| Tabla 3.10. Check-list desarrollado para Mediciones de masa en Mediana Minería | 86 |
| Tabla 3.11. Check-list desarrollado para Muestreo en Mediana Minería | 87 |
| Tabla 3.12. Check-list desarrollado para Ensayo Químico en Mediana Minería | 88 |
| Tabla 3.13. Check-list desarrollado para los Reportes en Mediana Minería | 89 |
| Tabla 3.14. Lista de verificación AMIRA P754 para Mediana Minería | 91 |
| Tabla 3.15. Check-list desarrollado para Mediciones de masa en Gran Minería | 100 |
| Tabla 3.16. Check-list desarrollado para Muestreo en Gran Minería | 101 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 3.17. Check-list desarrollado para Ensayo Químico en Gran Minería | 103 |
| Tabla 3.18. Check-list desarrollado para los Reportes en Gran Minería | 104 |
| Tabla 3.19. Lista de verificación AMIRA P754 para Gran Minería | 106 |
| Tabla 4.1. Nivel de implementación de cada etapa en Pequeña Minería | 115 |
| Tabla 4.2. Tabla de Aporte de cada etapa para el nivel de implementación en Pequeña Minería | 117 |
| Tabla 4.3. Nivel de Implementación del código AMIRA P754 en Pequeña Minería | 118 |
| Tabla 4.4. Nivel de implementación de cada etapa en Mediana Minería | 119 |
| Tabla 4.5. Tabla de Aporte para el nivel de implementación en Mediana Minería | 121 |
| Tabla 4.6. Nivel de Implementación del código AMIRA P754 en Mediana Minería | 122 |
| Tabla 4.7. Nivel de implementación de cada etapa en Gran Minería | 124 |
| Tabla 4.8. Tabla de Aporte de cada etapa para el nivel de implementación en Gran Minería | 126 |
| Tabla 4.9. Nivel de Implementación del código AMIRA P754 en Gran Minería | 127 |
| Tabla 4.10. Niveles de implementación obtenido en cada estrato | 128 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1. Recursos generados por el sector minero en Perú | 25 |
| Figura 1.2. Cartera por mineral | 26 |
| Figura 1.3. Detalle de los proyectos mineros a corto plazo. | 26 |
| Figura 2.1. Estructura del código AMIRA P754 | 33 |
| Figura 2.2. Estructura del sistema de contabilidad metalúrgica | 33 |
| Figura 2.3. Características y funciones de la persona competente | 36 |
| Figura 2.4. Ubicación del producto final de concentrado | 39 |
| Figura 3.1. Mapa de procesos para etapa 2 | 46 |
| Figura 3.2. Mapa de procesos de la etapa 3 | 47 |
| Figura 3.3. Modelo de Política de Contabilidad Metalúrgica | 48 |
| Figura 3.4. Ponderación de cada etapa al nivel de implementación final | 64 |
| Figura 3.5. Tabla de nivel de implementación de cada etapa | 65 |
| Figura 3.6. Visualizador del nivel de implementación de cada etapa | 65 |
| Figura 3.7. Tabla de aporte de cada etapa para el nivel de implementación | 66 |
| Figura 3.8. TreeMap de cada etapa para el nivel de implementación | 67 |
| Figura 3.9. Tabla de nivel de Implementación del código AMIRA P754 | 67 |
| Figura 3.10. Visualizador del nivel de Implementación del Código | 68 |
| Figura 3.11. Mapa de procesos para implementar las quince (15) etapas | 69 |
| Figura 3.12. Mapa de procesos Etapa 7 a detalle parte 1 de 3 | 70 |
| Figura 3.13. Mapa de procesos Etapa 7 a detalle parte 2 de 3 | 70 |
| Figura 3.14. Mapa de procesos Etapa 7 a detalle parte 3 de 3 | 71 |

| | |
|--|-----|
| Figura 3.15. FlowSheet Planta concentradora Pequeña Minería | 72 |
| Figura 3.16. Definición del sistema CI/CO para Pequeña minería | 73 |
| Figura 3.17. FlowSheet Planta concentradora Mediana Minería | 84 |
| Figura 3.18. Definición del sistema CI/CO para Mediana minería | 85 |
| Figura 4.1. Nivel de implementación de cada etapa en Pequeña Minería | 116 |
| Figura 4.2. Aporte para implementación en Pequeña Minería | 117 |
| Figura 4.3. Nivel de Implementación del código en Pequeña Minería | 118 |
| Figura 4.4. Nivel de implementación de cada etapa en Mediana Minería | 120 |
| Figura 4.5. Aporte para implementación en Mediana Minería | 122 |
| Figura 4.6. Nivel de Implementación del código en Mediana Minería | 123 |
| Figura 4.7. Nivel de implementación de cada etapa en Gran Minería | 125 |
| Figura 4.8. Aporte para implementación en Gran Minería | 127 |
| Figura 4.9. Nivel de Implementación del código en Gran Minería | 127 |
| Figura 4.10. Implementación entre pequeña, mediana y gran minería | 129 |

INTRODUCCIÓN

La presente tesis trata sobre la contabilidad metalúrgica que es un componente de la contabilidad general de la unidad minera. La contabilidad metalúrgica constituye una herramienta muy útil para administrar unidades productoras de metales y concentrados de minerales en sus diversas etapas: mina y molienda, concentradora, fundición o planta hidrometalúrgica, refinería o una combinación de estas etapas (Amira Internacional, 2007).

La problemática es que muchas plantas del Perú no cuentan con un sistema de contabilidad metalúrgica debidamente sustentado en normas internacionales. Para analizar esta problemática fue necesario estudiar y conocer el problema en cada planta concentradora, la investigación se realizó considerando las características de las plantas y se propone el Código AMIRA P754 como una forma ágil de poder llevar la contabilidad metalúrgica. La Tesis propone una guía y una metodología para que las plantas concentradoras puedan implementar el Código AMIRA P754 de un modo ágil y además proporciona herramientas para la correcta medición del nivel de implementación.

La herramienta generada en esta tesis consistió en tablas, procesos BPM y registros para la medición y se probó en tres plantas concentradoras de la

minería peruana: una de pequeña, mediana y otra de la gran minería típica del corredor minero del sur peruano.

En el Capítulo I se muestra y se detalla los antecedentes y se explica el problema y se sustenta la justificación de la investigación. También se muestra los objetivos y las hipótesis de la investigación.

En el Capítulo II se muestra el marco teórico y el marco conceptual donde se explica como está conformado el Código AMIRA P754 y las consideraciones teóricas sobre la Teoría de Muestreo (TOS) y de las normas ISO pertinentes.

En el capítulo III se explica la metodología de este estudio cuantitativo, también se muestra el desarrollo de la tesis que consiste en la generación y uso de las herramientas en las plantas concentradoras y se plantea los diagramas de flujo para la correcta implementación de la tesis. También se usa la herramienta de gestión para lograr la implementación en las plantas concentradoras del estudio.

En el capítulo IV se explica los resultados que se encontraron al aplicar la herramienta creada para medir el nivel de implementación en las plantas concentradoras y se plantea propuestas de mejoras para lograr una implementación completa del Código AMIRA P754.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

AMIRA International es una asociación independiente de compañías mineras creada para desarrollar proyectos de investigación colaborativos (Gaylard et al., 2009). Después de un simposio titulado "Retos en la contabilidad metalúrgica y la gestión de la información" celebrado en Ciudad del Cabo en 2001, se propuso un llamado "P754: Contabilidad y reconciliación de metales" (Gaylard et al., 2009).

Gaylard, Morrison, Randolph, Wortley y Beck (2009) extienden el uso del código AMIRA P754, la importancia de la definición de la persona competente, asimismo mencionan la importancia del reporte de excepciones para una buena implementación (Gaylard et al., 2009).

Wortley (2009) menciona que es muy importante conocer la masa seca del concentrado producido, sin embargo, este valor debe ser libre de sesgo o en su defecto al menos ese sesgo debe ser cuantificado. También menciona que es común ver en plantas tener equipos de muestreo que no fueron concebidos en la etapa de diseño de la planta (Wortley, 2009).

Power (2010) proporciona los antecedentes para el desarrollo y una idea del mecanismo para el debate para la implementación de este código. Se explican los elementos clave del código y cómo aplicarlo a la industria del carbón. Concluye la importancia de continuar con la implementación del código AMIRA P754 a pesar de no ser obligatorio su uso (Power, 2010).

Brochot (2011) menciona la aplicación de la teoría de muestreo (TOS) y su impacto en la contabilidad metalúrgica y propone una metodología mediante un software llamado Inventeo. También menciona la importancia del error de medición que suele ser considerado aceptable por muchas plantas; también considera muy importante el tener un diagnóstico inicial del sistema de muestreo y los sistemas de pesado de concentrado (Brochot, 2011).

Brochot y Durance (2012) indicaron que la contabilidad metalúrgica tiene dos puntos de vista, uno técnico que indica que el balance es producto de una aproximación estadística y el otro punto de vista es el financiero que indica

que el balance se refiere a una valuación económica coherente y exacta en el sistema de contabilidad (Brochot & Durance, 2012).

Lachance, Leroux, Gariépy y Flament (2013) comentan la experiencia de inventariar cobre de las operaciones de lixiviación en pilas de cobre, debido al gran tamaño de las pilas, mencionan también que es muy complicado si no se siguen los lineamientos del código AMIRA P754. En su propuesta resaltan que tales desafíos pueden afrontarse cuando se consideran las mejores prácticas desde la fase de diseño de almacenamiento dinámico y se mantienen durante todo el ciclo de vida operativo (Lachance et al., 2013).

Bartlett y Liebenberg (2014) lograron implementar el primer principio del código AMIRA P754 en una mina de platino del grupo Impala, concluyeron la importancia de determinar los errores de muestreo cuando se tienen alimentos de diferentes fuentes hacia la planta (Bartlett & Liebenberg, 2014).

Lachance, Leroux, Gariépy y Flament (2014) creen que los diversos errores en la contabilidad metalúrgica el muestreo es uno de los más importantes por la diversidad de personas involucradas en el muestreo, requieren una solución globalmente integrada en lugar de una solución puntual (Lachance et al., 2014).

Lachance, Leroux y Gariépy (2015) advierten el hecho de que los balances metalúrgicos se hayan reconciliado estadísticamente puede dar la impresión

equivocada de que los errores de medición se han eliminado favoreciendo la veracidad de los informes de producción. Indican cómo los errores de medición, lejos de desaparecer en las profundidades del procesamiento de datos, se transmutan en riesgos comerciales(Lachance et al., 2015).

Cappai, González, Brochot y Vix (2016) mencionan que la aplicación del código AMIRA P754 no solo está relacionada con el uso de software, sino que también debe considerarse la implementación de un sistema preciso de contabilidad de metales, primero se basa en la participación de toda la empresa, incluida la alta dirección, la división financiera, el equipo de control de calidad y los equipos de producción y laboratorio.

Otros autores mencionan que es de suma importancia que los resultados contables deben estar disponibles a tiempo, para satisfacer las necesidades y para facilitar la acción correctiva o la investigación (Cappai et al., 2016).

Se tiene un enfoque de Carneiro (2018) donde indica que un sistema de contabilidad metalúrgica es una herramienta muy poderosa que ayuda a optimizar los procesos, menciona también que existen laboratorios mal diseñados con personal que no ha sido capacitado que también representa un problema para realizar análisis químicos y emitir informes precisos y en tiempo oportuno de los análisis de muestras metalúrgicas (Carneiro, 2018).

Quispe (2014) realizó una planificación de las operaciones mineras a largo plazo en la Unidad Minera Pallancata de la empresa Hochschild Mining donde menciona que es un factor determinante para su evaluación la correcta determinación del balance metalúrgico de la planta concentradora para toda su planificación de las metas físicas (Quispe, 2014).

Uno de los puntos importantes de la implementación del método es definir adecuadamente el protocolo de muestreo el cual debe cumplir con normas trazables internacionalmente como, por ejemplo, las diversas normas ISO de muestreo de minerales como: ISO 12743:2018 (International Organization for Standardization, 2018a) para muestreo de concentrados; ISO 11794:2017 (International Organization for Standardization, 2017a) que es para muestreo de pulpas. Toda norma que se use debe cumplir la Teoría de Muestreo (TOS) por sus siglas en inglés (Theory of Sampling) (Pitard, 2009, 2014).

Magalhães, Chierigati, Assis, Peixoto y Pereira (2018) mencionan que en la planta de Corrego do Sitio ubicada en Brasil tenían problemas de muestreo, indican también que lograron mejorar los balances metalúrgicos aplicando la teoría de muestreo (TOS) mediante tres herramientas como el variograma, prueba de heterogeneidad y una comparación entre cambio de métodos de ensayo químico, concluyen que es importante tener bien definido el método de ensayo para la realidad de cada material (Magalhães et al., 2018).

En el Perú y en muchas partes del mundo, es una práctica común de muchas plantas concentradoras el ajustar o afinar su balance metalúrgico con los resultados del concentrado despachado a destino final, el cual puede ser hacia almacenes comerciales de puertos del país; en ese sentido Arellano (2011) presenta los procedimientos del proceso de muestreo manuales en un almacén de concentrados donde realizan el servicio de blending para la comercialización de concentrados hacia el exterior del Perú, concluye que el muestreo de concentrado de minerales no ferrosos forma parte de los procesos para la comercialización de estos productos, y es vital entender la importancia del muestreo y su impacto en la cadena de valor en la actividad comercial (Arellano Anticona, 2011).

Entre los diversos factores, se aprecia que el muestreo es sumamente importante, por ejemplo, para solucionar o reducir las incertidumbres altas provocadas en los muestreos, Ramírez (2018) presenta una solución robótica para la homogenización de concentrados de distintos minerales. El objetivo de esta celda robótica es la de mejorar el proceso de muestreo de minerales al eliminar el factor humano como sesgo en el proceso, reducir la exposición del material a las condiciones ambientales que pueden alterar la muestra, reducir la variabilidad del proceso al realizar la tarea de forma consistente y aumentar la seguridad dentro de las plantas al alejar a los operarios de los concentrados de minerales que presentan altos niveles de toxicidad (Ramírez, 2018).

Para reducir la manipulación de la muestra, por otro lado, Landeo (2018) menciona la implementación de estos robots en un almacén de concentrados ubicado en el Callao-Perú, donde concluye que el muestreo robotizado resulta ser representativo y de mucha utilidad por disminuir diversos riesgos como la manipulación de la muestra y riesgos a la salud (Landeo, 2018).

1.2. Descripción del Problema de Investigación

En las plantas concentradoras existen diversas formas de realizar el balance metalúrgico y, por lo tanto, de calcular la contabilidad metalúrgica. Por otro lado, se evidencia que cada planta concentradora define el punto de muestreo de cabeza y concentrados con diferentes criterios. Como consecuencia se observa que es una práctica aceptada el realizar diversos ajustes matemáticos de leyes químicas y se justifica asumiendo que estos son errores aleatorios o sistemáticos en los sistemas de medición y que serían provenientes de las balanzas, sistemas de muestreo o las leyes químicas del laboratorio (Gaylard et al., 2009).

Otra práctica en los balances es el ajuste mensual mediante uso de topografía de los concentrados, estimaciones en mineraductos, pozas de recuperación o holding tanks; sobre todo en las plantas concentradoras que acumulan concentrado y no despachan con una frecuencia establecida, por ejemplo, de modo diario (Wortley, 2009). El problema con estas formas de medir el concentrado producido es que no conserva la misma densidad, siendo más

denso en la parte baja en comparación con la parte alta de la ruma de concentrados, lo que ocasiona un gran sesgo en la determinación de concentrado que es estimado por topografía.

La medición del concentrado en los holdings tanks no es exacta debido a la falta de homogeneidad en dicho tanque y los problemas técnicos en el muestreo, la cual se acostumbra a hacerla de modo manual sin cumplir la teoría de muestreo (Pitard, 2009), como consecuencia se puede tener una muestra con un valor sesgado de ley química, sobre todo en relaves de la gran minería o en flujos con leyes bajas.

Otras plantas utilizan un valor de ley química de mineral de cabeza calculado para realizar su contabilidad metalúrgica (Magalhães et al., 2018), ello debido a la simplicidad de la medición de mineral en el relave y concentrado, ya que existe una gran complejidad al tomar una muestra de cabeza representativa, esto representa un problema; debido a que se asume que no existe acumulación en el proceso metalúrgico. Muchas plantas concentradoras consideran que un mes es un buen periodo para realizar la contabilidad de metales (Amira Internacional, 2007; Bartlett & Liebenberg, 2014; Brochot & Durance, 2012).

También se evidencia que falta fortalecer el puente lingüístico entre área de procesos y el área financiera y comercial. Se tiene que calcular los errores en

todas las etapas de las mediciones, sobre todo en la etapa de muestreo y medición de masas, es mandatorio tener estos valores tabulados. La contribución de la varianza indica que los componentes principales son las fluctuaciones periódicas de calidad, que pueden reducirse mediante la implementación de una estrategia de selección estratificada y del error analítico (Brochot, 2011).

Entre las diferentes causas analizadas, se encontró que no existe un estándar de Contabilidad Metalúrgica de uso extendido en Perú o es muy complicada su implementación. Por ejemplo, un error en la medición de la ley de cabeza tendrá diferente impacto en pequeña minería en comparación a la gran minería (Pitard, 2014), ello ocasiona diversos paradigmas para la medición, como restricciones para una correcta medición de leyes y masa en los flujos de cabeza y concentrado; usos y costumbres de la gestión; aumento de tonelaje en las plantas concentradoras sin considerar el cambio en los muestreadores o el efecto en las balanzas dinámicas. Se podría considerar que una de las causas que provoca que las plantas concentradoras realicen la contabilidad metalúrgica de diversas formas, inclusive cuando pertenecen a una misma empresa, es que en la minería del Perú no existe un estándar nacional o internacional de uso extendido o debidamente difundido que defina la forma estandarizada de realizar los balances metalúrgicos (Arellano Anticona, 2011; Quispe, 2014; Walter et al., 2021).

Otra causa es que se ha evidenciado que muchas plantas concentradoras no definen las características de su producto final o concentrado de mineral (Congreso de la República del Perú, 2002); es decir, definir las condiciones que debe cumplir el concentrado para que sea considerado producto final.

Todo lo expuesto ocasiona mediciones inexactas que ocasionan distorsiones en los balances metalúrgicos, inexactitudes en las predicciones del forecast de la planta concentradora, problemas con diversas áreas incluida el área financiera. Ocasiona que no se detecte el problema raíz y se invierta energía y recursos financieros sin eficiencia (Arellano Anticona, 2011; Quispe, 2014).

1.3. Justificación de la investigación

La minería en el Perú es ancestral, en el siglo XXI se ha evidenciado un incremento de inversiones en el sector minero peruano. El presidente del Banco Central de Reserva del Perú, Julio Velarde, indicó que la minería ha sido fundamental en la economía en los últimos 20 años (Ramirez, 2021).

En el primer semestre de 2021, las exportaciones mineras del Perú llegaron a los US\$ 18,232 millones, alcanzando crecimiento de 71.9% respecto al mismo período del año anterior, en el que se reportaron US\$ 10,605 millones (El Comercio, 2021). Por esa razón, la construcción y puesta en operación de grandes plantas concentradoras en el sector minero ha ocasionado que se

requiera un mayor control de calidad en el proceso del balance metalúrgico y por lo tanto también un control de la contabilidad metalúrgica.

Como se puede apreciar en la Figura 1.1 tomado del libro *“Minería en Perú 2021-2030: ¿Qué rol juega en la reactivación económica y el desarrollo territorial?: estudio y recomendaciones sectoriales”* del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), los recursos del sector minero han crecido de modo sostenido desde el 2005 (Walter et al., 2021).



Figura 1.1. Recursos generados por el sector minero en Perú
Fuente: Tomado de Martín Walter, BID (Walter et al., 2021)

En la Figura 1.2 se aprecia que el cobre y el oro serán quienes tendrán un importante desarrollo en los próximos 10 años, por ese motivo para la tesis se consideró casos de minas de cobre y oro. En la Figura 1.3 se aprecia que, a

corto plazo, los minerales de cobre y oro son los que representan la mayor cantidad de crecimiento en el Perú ya que se encuentran muchos proyectos ya en la etapa de construcción.

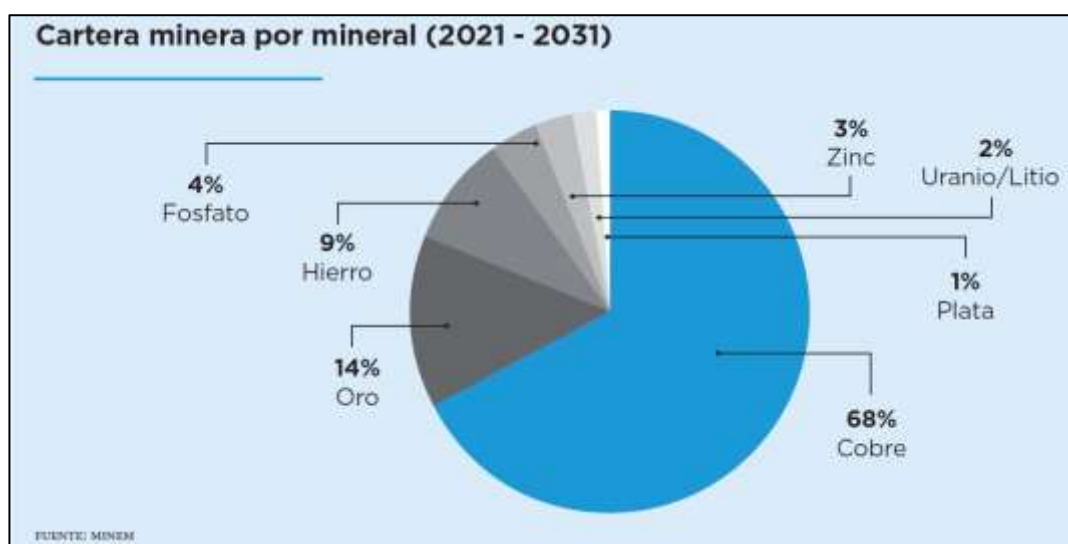


Figura 1.2. Cartera por mineral

Fuente: Tomado de Martín Walter, BID (Walter et al., 2021)

| Inicio de operaciones | Avance | Mineral | Inversión US\$ (Millones) |
|-----------------------|--------------------------|---------|---------------------------|
| 2021 | 1. Construcción | Cobre | 1,600 |
| 2022 | 1. Construcción | Cobre | 1,355 |
| 2022 | 3. Factibilidad | Cobre | 130 |
| 2022 | 3. Factibilidad | Oro | 136 |
| 2022 | 1. Construcción | Cobre | 5,300 |
| 2022 | 3. Factibilidad | Cobre | 70 |
| 2022 | 2. Ingeniería de detalle | Hierro | 140 |
| 2023 | 1. Construcción | Oro | 121 |
| 2023 | 3. Factibilidad | Oro | 422 |
| | | | 9,274 |

Figura 1.3. Detalle de los proyectos mineros a corto plazo.

Fuente: Tomado de Martín Walter, BID (Walter et al., 2021)

Es por ello, en la presente investigación se presenta una herramienta para la implementación de los diez principios del código AMIRA P754 en las plantas concentradoras para obtener la Contabilidad Metalúrgica con la finalidad de tener un lineamiento único y ordenado que pueda ser aplicado por las Gerencias o Responsables de las plantas concentradoras, sin importar el tamaño de éstas (capacidad de procesamiento). Asimismo, esta implementación puede convertirse en el “puente lingüístico” entre las diversas áreas de la operación minera y comercial.

El beneficio de la tesis es que las gerencias de las plantas concentradoras podrán contar con una guía amigable de implementación del código y tener así un lineamiento único para la contabilidad metalúrgica y financiera para poder enfrentar con éxito cualquier auditoría sea de tipo financiera o técnica. El código AMIRA P754 considera las características de cada planta concentradora, convirtiéndolo de esta manera en una guía que considera las particularidades de cada planta en la realización de una buena contabilidad metalúrgica (Amira Internacional, 2007).

Se aplicará la herramienta de implementación a tres plantas concentradoras, una de pequeña minería, una de mediana minería y una de gran minería para comparar y analizar los retos y oportunidades en la realidad de cada planta concentradora.

1.4. Objetivos del Estudio

1.4.1. Objetivo General

Generar una guía para la implementación de los principios del código AMIRA P754 para la contabilidad metalúrgica que pueda ser aplicada a plantas concentradoras de la pequeña, mediana y gran minería.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Diseñar un sistema de implementación del código AMIRA P754 que sea utilizable para pequeña, mediana y gran minería.
- b. Lograr una metodología para diseñar un sistema de control de los niveles de la implementación del código AMIRA P754.
- c. Medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 para la contabilidad metalúrgica en comparación con el método actual de la planta concentradora de pequeña minería.
- d. Medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 para la contabilidad metalúrgica en comparación con el método actual de la planta concentradora de mediana minería.
- e. Medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 para la contabilidad metalúrgica en comparación con el método actual de la planta concentradora de gran minería.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

¿Se podrá implementar los principios del código AMIRA P754 para la contabilidad metalúrgica que pueda ser aplicada en plantas concentradoras de la pequeña, mediana y gran minería?

1.5.2. Hipótesis Específicas

- a. ¿Se podrá diseñar un sistema de implementación del código AMIRA P754 que sea utilizable para pequeña, mediana y gran minería?
- b. ¿Se podrá implementar una metodología para diseñar un sistema de control de los niveles de la implementación del código AMIRA P754?
- c. ¿Se podrá medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 en comparación de la metodología actual de la planta concentradora de pequeña minería?
- d. ¿Se podrá medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 en comparación de la metodología actual de la planta concentradora de mediana minería?
- e. ¿Se podrá medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 en comparación de la metodología actual de la planta concentradora de gran minería?

1.6. Variables e indicadores

1.6.1. Variable independiente

X1: Implementación de los principios del código AMIRA P754.

X2: Tamaño de las plantas concentradoras.

1.6.2. Variable Dependiente

Y1: Contabilidad metalúrgica según código AMIRA P754.

1.6.3. Indicadores

Y1: Calidad de la contabilidad metalúrgica según código AMIRA P754.

X1: Nivel de implementación de los principios del código.

X2: Efecto del tamaño de la planta concentradora en el nivel de la implementación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL

2.1. Marco Teórico

2.1.1. AMIRA Global

AMIRA son las siglas en inglés de Australian Mineral Industries Research Association, ahora se conoce como AMIRA Global, es una organización mundial independiente sin fines de lucro que representa a miembros de la industria de recursos que buscan mejorar, sostener y entregar investigación y desarrollo transformadores, innovación e implementación en beneficio de la sociedad (AMIRA, 2020).

2.1.2. Código AMIRA P754

En el año 2001 varias compañías mineras designaron a AMIRA la generación de una guía o código para la contabilidad metalúrgica, el proyecto se llamó

“P754 Contabilidad y Reconciliación de Metales”. En el año 2007 se publicó la tercera versión titulada “P754 Metal Accounting Code of Practice and Guidelines: Release 3”, más conocido como Código AMIRA P754, que es el código que en la actualidad se utiliza para llevar a cabo la contabilidad metalúrgica por parte de las empresas mineras más prestigiosas del mundo (Gaylard et al., 2009). A pesar de que el código AMIRA P754 no es obligatorio ni se prescribe de ninguna forma, proporciona una excelente plataforma para las mejores prácticas (Gaylard et al., 2009; Power, 2010).

2.1.3. Estructura del Código AMIRA P754

El código AMIRA P754 se basa en un conjunto de diez (10) principios básicos. La filosofía del código es que prescribe estándares y mejores prácticas para la medición de masa, muestreo, preparación de las muestras, análisis químico, la gestión de datos y el balance de metal para cumplir los principios básicos del código (Gaylard et al., 2009). En la Figura 2.1 se conceptualiza la estructura del código AMIRA P754. Es importante que las directrices deben dar soporte a los 10 principios del código AMIRA P754, a la gestión de la Data (involucra los procesos de medición de masa, muestreo y análisis químico), al reporte de excepciones y a la persona competente. En la Figura 2.2 se muestra la estructura del sistema de contabilidad metalúrgica propuesto en el código AMIRA P754 (Gaylard et al., 2009). Se destaca la importancia del uso del criterio de la persona competente para aprobar el reporte de excepciones.

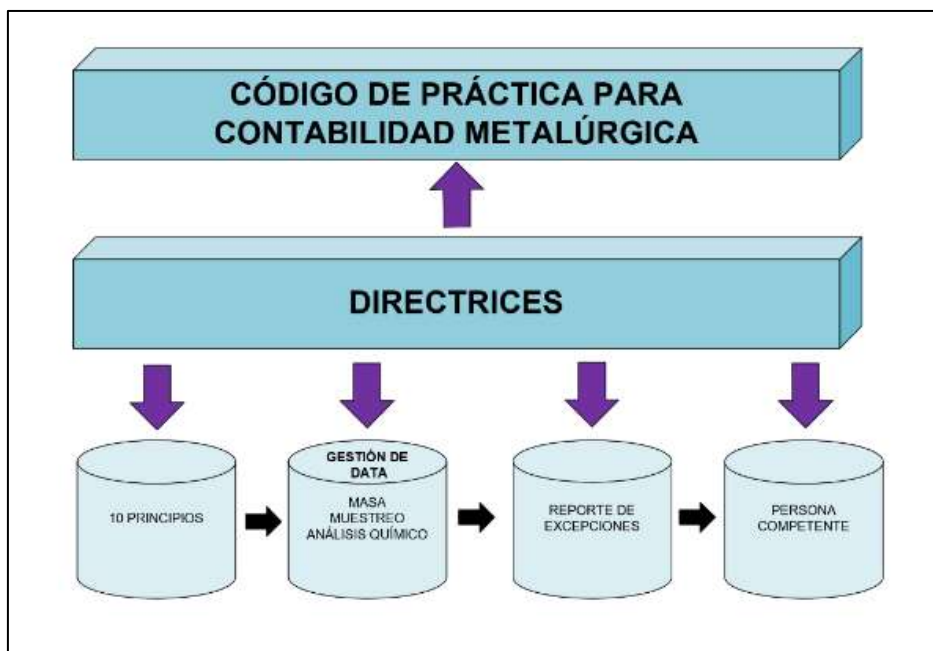


Figura 2.1. Estructura del código AMIRA P754

Fuente: traducido por el autor de esta tesis, tomado de Gaylard et al. (2009)

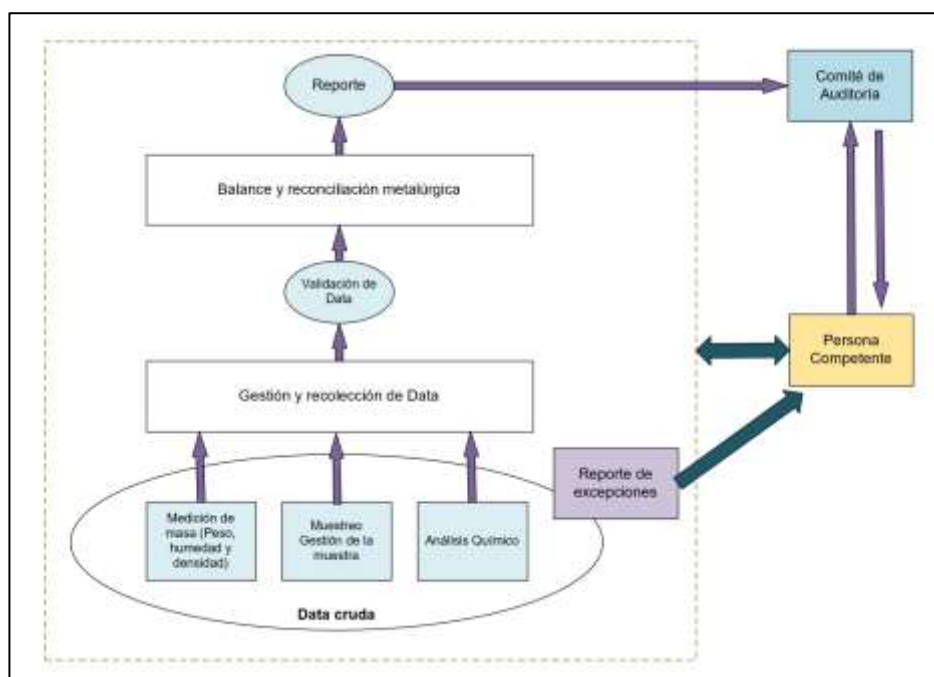


Figura 2.2. Estructura del sistema de contabilidad metalúrgica

Fuente: traducido por el autor de esta tesis, tomado de Gaylard et al. (2009)

2.1.4. Los diez principios del Código AMIRA P754

Gaylard et al. (2009) en el texto Extending the application of the AMIRA P754 code of practice for metal accounting (Gaylard et al., 2009), en el capítulo 2, presenta los 10 principios de la contabilidad de la metalúrgica, los cuales se proceden a citar:

- a. El sistema de contabilidad de metales debe basarse en mediciones exactas de masa y contenido de metal.
- b. El sistema debe ser coherente y transparente,
- c. Los procedimientos contables deben estar bien documentados
- d. El sistema debe estar sujeto a auditorías y revisiones internas y externas periódicas
- e. Los resultados contables deben estar disponibles a tiempo,
- f. Cuando se deba usar datos provisionales, se deben definir los procedimientos claros y niveles de autorización para la sustitución posterior de los datos provisionales con datos reales.
- g. El sistema debe generar datos suficientes para permitir la verificación de datos,
- h. La precisión del objetivo para las mediciones masivas y el muestreo y análisis deben identificarse para cada flujo de entrada y salida utilizado para fines contables. sus resultados, el hecho debe ser informado a los accionistas.
- i. Las cifras de los inventarios en proceso deben verificarse mediante inventarios físicos a intervalos prescritos, al menos una vez al año, y deben

definirse claramente los procedimientos y niveles de autoridad para los ajustes de existencias y el tratamiento de pérdidas o ganancias no contabilizadas.

j. El sistema de contabilidad de metales debe garantizar que se haga todo lo posible para identificar cualquier sesgo que pueda ocurrir, tan rápido como sea posible (Gaylard et al., 2009)

2.1.5. Selección y utilización de una Persona Competente

El código AMIRA P754 (Amira Internacional, 2007) menciona que una Persona Competente debe cumplir lo siguiente: Debe ser un miembro de la autoridad de registro profesional local relevante, o cualquier otro organismo legal local o internacional que sea reconocido por los administradores del Código relevantes; Debe tener un mínimo de cinco años de experiencia relevante para el tipo de metal o mineral en cuestión y el tipo de operación que se efectúe; Debe ser nombrado formalmente por la dirección de la empresa o la operación en cuestión; Debe ser independiente de la operación.

Las funciones de la persona competente son: Recomendar normas para el establecimiento y auditoría de sistemas de informes de Contabilidad de metales; Aceptar la responsabilidad de la aprobación final del diseño de los sistemas de contabilidad de metales; Ser responsable de auditar el sistema una vez instalado, para evaluar el cumplimiento de las especificaciones de diseño; Realizar revisiones y auditorías periódicas del sistema, a intervalos predeterminados, para asegurar el cumplimiento continuo y, según sea

necesario, para investigar los problemas que puedan ocurrir; Presentar informes a la gerencia con respecto al cumplimiento del sistema y monitorear los planes de acción producidos periódicamente para remediar fallas.

En la Figura 2.3 presenta un resumen de las características y funciones que debe cumplir la persona competente.



Figura 2.3. Características y funciones de la persona competente

Fuente: Propia

Se entiende que debe ser un ingeniero habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú, con mínimo 5 años de experiencia luego de la colegiatura, o una empresa reconocida con trayectoria y experiencia en la implementación del código AMIRA P754. Se propone al ingeniero responsable del área de Control de Calidad o su semejante según sea el organigrama de cada unidad minera.

2.1.6. Humedad límite transportable (TML)

Es importante considerar que en la Sección 7 del código IMSBC (International Maritime Solid Bulk Cargoes) en el transporte de concentrados de minerales, contiene procedimientos para cargas que podrían licuarse, los concentrados serían del grupo A que podrían licuarse si son transportados a una humedad superior a la humedad límite transportable, conocido como TML por sus siglas en inglés de Transport Moisture Limit (International Maritime Organization, 2009). Para la definición de producto final es de mucha importancia la consideración del TML en el transporte, ya que existe evidencia de accidentes durante la carga del concentrado, por lo tanto, no se puede considerar vendible al concentrado que supera el TML (Compton, 2003; Munro & Mohajerani, 2015; Wang et al., 2017).

2.1.7. Tamaño de la planta concentradora

En la Ley General de Minería y su Decreto Supremo N° 014-92-EM (Ministerio de Energía y Minas, 1992) y a comienzos del año 2002 se promulgó la Ley N° 27651- “Ley de formalización y promoción de la Pequeña Minería y Minería Artesanal”(Congreso de la República del Perú, 2002) posteriormente su respectivo reglamento D.S. 013-2002- E.M. La Ley N° 27651, la minería artesanal es incorporada en la estratificación de la minería peruana, que se sustenta en el tamaño de las concesiones y la capacidad de producción.

Por lo tanto, se puede elaborar un cuadro para mostrar la estratificación de la minería en el Perú en función a la capacidad de procesamiento de mineral (tamaño de la planta concentradora) según se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Estratificación de la Minería en el Perú

| Estrato | Tamaño de concesiones (Hectáreas) | Capacidad Productiva (TM/día) | Sector Competente |
|-------------------|---|---|--------------------------|
| Gran Minería | > 2000 | >5000 | MEM - OEFA OSINERGMIN |
| Mediana Minería | > 2000 | hasta 5000 | MEM - OEFA OSINERGMIN |
| Pequeña Minería | Metálico: hasta 2000 No metálico: Sin límite | Metálico: hasta 350 No metálico: hasta 1200 ⁽¹⁾ | Gobierno Regional |
| Minería Artesanal | Metálico: hasta 1000 No metálico: Sin límite | Metálico: hasta 25 No metálico: hasta 100 ⁽²⁾ | Gobierno Regional |

⁽¹⁾ Hasta 3000 m³/día para depósitos de placeres – 1200 TM/día no metálicos

⁽²⁾ Hasta 200 m³/día para depósitos de placeres – 100 TM/día no metálicos

Fuente: Propia

2.1.8. Producto final de una planta concentradora

La norma ISO 9000 define la palabra producto como resultado esperado de un proceso, ya sea material o inmaterial como el servicio. El producto puede ser interno o externo al cliente de la organización (International Organization for Standardization, 2015a). Diversos autores definen a producto terminado, o también llamado producto final, como un objeto que se destina al consumidor final. Al tratarse de un producto, este no necesita de preparaciones o modificaciones para que se pueda comercializar (Riquelme, 2010).

El Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería DS N° 014-92-EM del Perú indica en el artículo 17 que la metalurgia es un “conjunto de procesos físicos, químicos y/o físico-químico que se realizan para concentrar y/o extraer las sustancias valiosas de los minerales”, por lo tanto, el concentrado de mineral es el producto final de este proceso (Ministerio de Energía y Minas, 1992).

En la Figura 2.4 se muestra un diagrama típico de una planta concentradora que filtra los concentrados. Es importante hacer notar que no se debería considerar para el balance metalúrgico los concentrados que estén en pozas de recuperación, tanques espesadores ni en los mineraductos. El producto final de concentrado es aquel que está listo para ser despachado o comercializado.

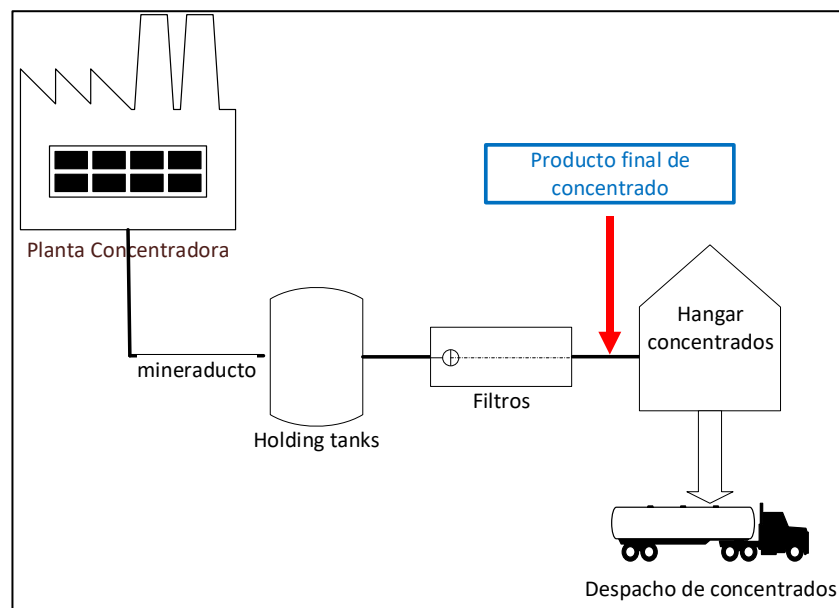


Figura 2.4. Ubicación del producto final de concentrado

Fuente: Propia

2.2. Marco Conceptual

Muchos autores definen los balances metalúrgicos como balances de materia aplicados a metales. Hougen & Ragatz (1974) definen un balance de materia como “una contabilidad de todos los materiales que entran, salen, se acumulan o se agotan en el curso de un intervalo de tiempo de operación dado. Un balance de materia es de este modo una expresión de la ley de conservación de la masa” (Hougen & Ragatz, 1974). El marco conceptual de esta tesis ha sido con las definiciones descritas en el código AMIRA P754, de la Teoría de Muestreo (TOS) y de las normas ISO pertinentes.

- Contabilidad de metales (contabilidad metalúrgica)

El sistema mediante el cual los datos de los procesos seleccionados (relacionados con metales de interés económico) se recopilan de varias fuentes, incluida la medición y el análisis masivos, y se transforman en un formato de informe coherente que se entrega de manera oportuna para cumplir con los requisitos de informes especificados (Amira Internacional, 2007).

- Contabilidad Primaria

Contabilización del balance de metales de toda una planta concentradora, llamado también contabilidad metálica, se trata a la planta concentradora como una caja negra, solo se mide los flujos de entrada y de salida (Amira Internacional, 2007).

- Contabilidad Secundaria

Realización de balances de masa en secciones más pequeñas del circuito total de la planta, para identificar dónde se están produciendo bloqueos, retrasos o dónde existe algún problema de medición (Amira Internacional, 2007).

- Gobierno corporativo

El gobierno corporativo se ocupa de mantener el equilibrio entre los objetivos económicos, sociales, individuales y comunitarios. El marco de gobierno corporativo está ahí para alentar el uso eficiente de los recursos e igualmente para exigir la rendición de cuentas por la administración de esos recursos. El objetivo es alinear lo más posible los intereses de las personas, las empresas y la sociedad (Amira Internacional, 2007).

- Inventario de la planta concentradora

El inventario puede ser una reserva de alimentos, productos intermedios o productos (existencias de la planta), así como un inventario en proceso transitorio y a largo plazo (Amira Internacional, 2007).

- Periodo contable

Es el periodo en el cual una compañía normalmente reportaría sus resultados financieros al mercado. En contabilidad metálica, el periodo es usualmente de un mes, además los reportes de contabilidad metálica deben ser preparados

para cubrir el periodo de contabilidad financiera de la compañía (Amira Internacional, 2007).

- Producto final de concentrado

Concentrado de mineral, que proviene de una planta concentradora, que no necesita de ningún proceso adicional para que pueda ser despachado por debajo de su Límite de humedad transportable (TML por sus siglas en inglés), es decir es concentrado filtrado y disponible para la venta. Los concentrados en pozas de recuperación, tanques, espesadores, etc., no se deberían considerar como producto final.

- Reporte de excepción

Es un informe donde se expone los motivos por los cuales no se pueden cumplir con las normas prescritas del código. Este informe debe ser firmado por la persona competente y presentado al comité de auditoría de la compañía para su aprobación (Gaylard et al., 2009).

- Sistema Check in- Check out

El sistema por el cual todas las corrientes dentro y fuera del proceso o planta, para las cuales se realiza el balance, son medidas, muestreadas y analizadas (Amira Internacional, 2007).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de estrategia metodológica

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación, por la naturaleza de los datos, corresponde al enfoque cuantitativo según menciona Hernández Sampieri (2014). El tipo de investigación es experimental tecnológica (Hernández Sampieri et al., 2014) porque estudia las relaciones de causalidad utilizando metodología experimental con la finalidad de controlar el fenómeno en estudio, asimismo, como menciona Hernández Sampieri (2014) se dice que es tecnológica porque responde a problemas técnicos y está orientada a demostrar la validez de cierta metodología bajo las cuales se aplican a la contabilidad metalúrgica.

3.1.2. Nivel de la investigación

El nivel de investigación es descriptiva correlacional (Hernández Sampieri et al., 2014) porque estudia las relaciones del impacto de la implementación del código AMIRA P754 contra los resultados de cualquier otra forma de contabilidad metalúrgica, además permite definir conceptos importantes en el uso diario de los balances metalúrgicos.

3.1.3. Diseño de la investigación

Esta investigación fue experimental (Hernández Sampieri et al., 2014) debido a que para llegar a demostrar la efectividad de la implementación del código AMIRA P754, se requirió utilizar la herramienta propuesta e implementar la propuesta en plantas concentradoras que operan actualmente en el Perú.

3.1.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Las herramientas para la recolección de datos en la presente tesis fueron: la observación documental, observación directa, y la toma de datos de la planta concentradora en estudio. Se utilizó:

- a. Evaluación de resultados de laboratorio químico
- b. Evaluación de los sistemas de muestreo
- c. Evaluación de la memoria descriptiva de cada planta concentradora.
- d. Análisis del flowsheet de cada planta concentradora.
- e. Evaluación del nivel de implementación de los principios del código AMIRA P754.

Para la implementación propuesta se siguieron los lineamientos de la ISO 9001, 17025, 14001, 45001 y las otras normas de muestreo y referencias (International Organization for Standardization, 2006b, 2006c, 2006a, 2009, 2015b, 2015c, 2017b, 2017a, 2018a, 2018b), también se puede tomar como guía la forma de calcular la incertidumbre que se sugiera en la guía Eurachem (EURACHEM, 2003), así como las normas de que se consideren pertinentes.

3.2. Desarrollo de la Tesis

3.2.1. Etapas de implementación

Se propone una herramienta de fácil uso para lograr el objetivo de implementar el código AMIRA P754 en las plantas concentradoras. Se plantea implementar el código AMIRA P754 en quince (15) etapas claramente definidas basadas en ISO 9001 (Daruma, 2016). Esta herramienta funciona mediante una lista de verificación en el cual se realiza una revisión, inspección o auditoría y se asigna un puntaje mediante la escala de Likert, luego se obtiene, mediante una hoja de cálculo, el nivel final de implementación.

Es importante mencionar que la herramienta propuesta es una lista de verificación que nos muestra a detalle los avances, observaciones, recomendaciones o sugerencias para lograr una buena implementación, además se incluyen gráficos o visualizaciones interactivas que son de mucha ayuda para lograr los objetivos trazados de la implementación.

3.2.1.1. Etapa 1. Análisis de la Situación Actual

Es muy importante tener en cuenta en donde se encuentra la unidad en esos momentos para establecer un punto de partida, y de este conocer y planear hacia dónde queremos llegar estableciendo los objetivos y metas para el sistema contable.

3.2.1.2. Etapa 2. Mapeo de Procesos

Los procesos nos van a ayudar a tener una visión clara de lo que queremos hacer para establecer sistemas, controles e indicadores de calidad para el óptimo funcionamiento de cada parte del sistema de contabilidad metalúrgica. En la Figura 3.1 se detalla según el modelo y notación para procesos de negocios (Business Process Model and Notation BPMN) donde se detalla las responsabilidades de la junta de administración las funciones de la persona competente en la implementación de esta etapa.

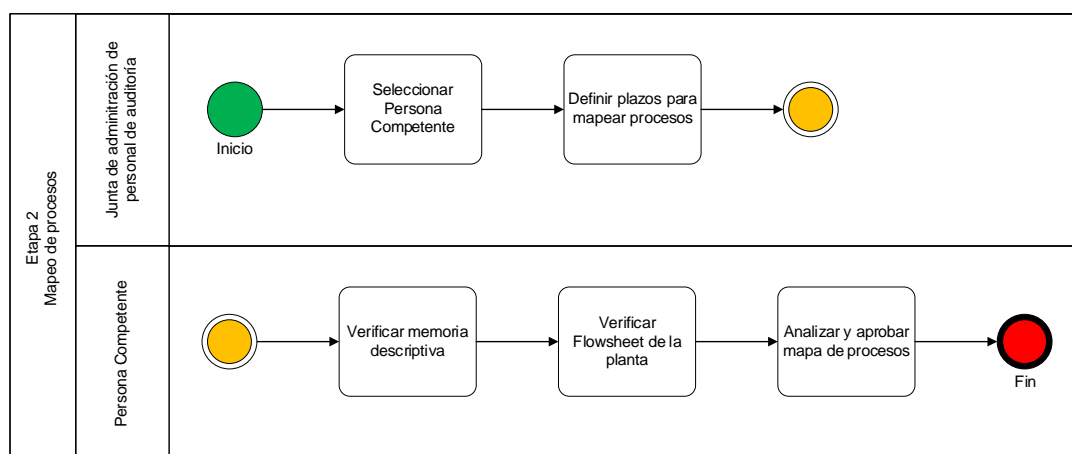


Figura 3.1. Mapa de procesos para etapa 2

Fuente: Propia

3.2.1.3. Etapa 3. Documentación de Política de Contabilidad Metalúrgica

En esta etapa es donde vamos a documentar el plan y la política. El Plan de Contabilidad Metalúrgica es un documento que especifica qué procedimientos y recursos asociados deben aplicarse, quién debe aplicarlos y cuándo deben aplicarse a un proyecto, proceso, producto o contrato específico. La Política de Contabilidad Metalúrgica de cada unidad debe incluir el objetivo de contabilidad principal mostrada en la política corporativa, y de qué manera se va a lograr a través de una mejora continua.

En la Figura 3.2 se detalla según el modelo y notación para procesos de negocios el recorrido de la implementación de la etapa 3, donde se resalta la importancia de generar la política de contabilidad metalúrgica y que ésta sea aprobada por la Alta Dirección.

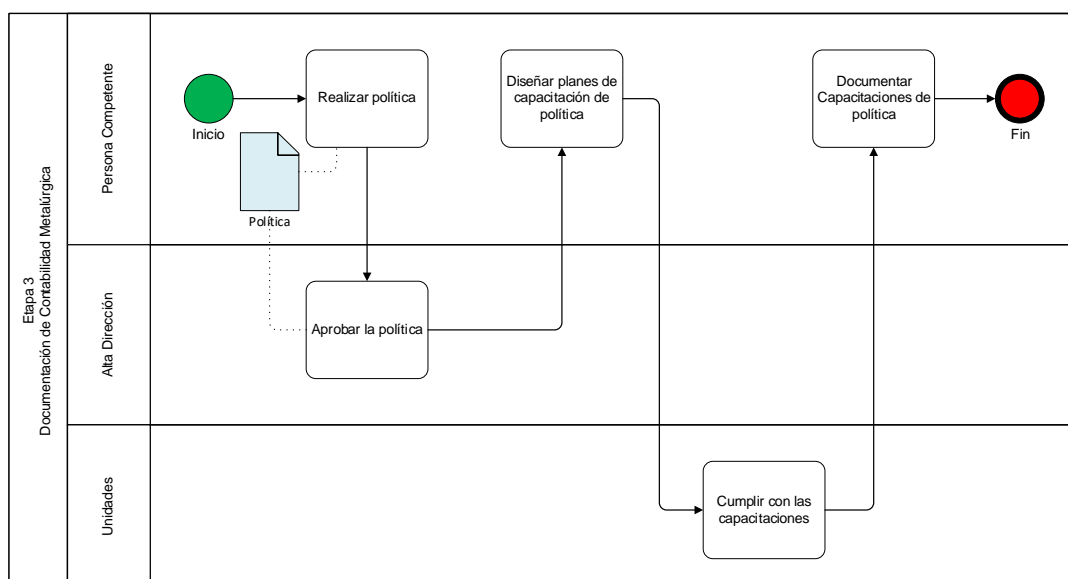


Figura 3.2. Mapa de procesos de la etapa 3

Fuente: Propia

En la Figura 3.3 se propone una política corporativa de contabilidad metalúrgica, es importante que esté firmada por la Alta Dirección y por la persona competente que la organización haya definido. Es importante mencionar que esta política es vital sin importar el tamaño de la planta concentradora, es decir, aplica para todos los tamaños y tipos de planta.

| POLÍTICA CORPORATIVA DE CONTABILIDAD METALÚRGICA | |
|---|---|
| <p>LA EMPRESA está comprometida con la calidad de la contabilidad metalúrgica mediante data confiable y defendible siguiendo los lineamientos del código AMIRA P754, para optimizar los procesos y la toma de decisiones de las operaciones de la corporación, sentando las bases para alcanzar los siguientes objetivos de esta política corporativa:</p> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Conocer los diez principios de la Contabilidad Metalúrgica según el código AMIRA P754, los alcances dentro de sus funciones y áreas de trabajo en la compañía. • Participar en iniciativas de mejora continua para los diversos aspectos de la estructura del código AMIRA P754 y emitir periódicamente informes de seguimiento. • Comprometer al equipo de LA EMPRESA a suministrar y generar la información adecuada y fidedigna, dentro los compromisos de ética y transparencia en las que nos regimos; siempre comprometidos en la mejora continua. • Comprometer a la Alta dirección de LA EMPRESA a generar y dotar los recursos e instructivos necesarios que promuevan la correcta implementación del sistema de Contabilidad Metalúrgica en cada una de sus empresas o en aquellas en las que forma parte de una sociedad. | |
| <hr style="width: 200px; margin: 0 auto;"/> <p>Gerente de Unidad</p> | <hr style="width: 200px; margin: 0 auto;"/> <p>Persona Competente</p> |

Figura 3.3. Modelo de Política de Contabilidad Metalúrgica

Fuente: Propia

3.2.1.4. Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo

El enfoque debe ser de las mediciones de las masas, humedad y de leyes y sus incertidumbres asociadas. Se puede tomar como referencia algunos procedimientos de la norma ISO 9001:2015.

3.2.1.5. Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica

El Manual de Contabilidad Metalúrgica es la descripción del código AMIRA P754 en los procesos del balance de la unidad. Contiene todos los procedimientos documentados de la organización en todos sus niveles.

3.2.1.6. Etapa 6. Capacitación

En esta etapa se debe capacitar a todo el personal sobre el código AMIRA P754. El curso de capacitación no debe ser menor de 12 horas académicas, y se debe definir adecuadamente los resultados del aprendizaje, la forma de evaluación del docente mediante los instrumentos pedagógicos como son la rúbrica, la matriz de evaluación, lista de cotejo y los exámenes escritos deben tener una tabla de especificación. Es importante que la empresa que realice el servicio de capacitación deba tener un profesional capacitado en docencia superior. Se recomienda contratar los servicios de una empresa externa de capacitación debido a que se requerirá la evidencia de la capacitación la cual puede ser un certificado, el cual deberá estar registrada en el archivo del trabajador que fue capacitado por un plazo de cinco (5) años que es lo que

indica el código AMIRA P754 como tiempo de conservación de la documentación que respecta con la implementación del código en mención.

3.2.1.7. Etapa 7. Implementación de los principios del código

Se pone en marcha todo el sistema y el personal comienza con el uso de esta herramienta. En esta etapa es de vital importancia la aplicación de los 10 principios del código AMIRA P754.

3.2.1.8. Etapa 8. Primera Auditoría Interna

En un Sistema de contabilidad metalúrgica siempre debe de haber revisiones a dicho sistema. Se deben realizar auditorías internas con frecuencia periódica en tiempos definidos en los procedimientos escritos de trabajo.

3.2.1.9. Etapa 9. Revisión General

Se debe hacer una revisión general de cómo está resultando la implementación y de cómo está funcionando el nuevo sistema. Se debe revisar las fallas encontradas en la Etapa 8, y ver la manera de corregirlas y evitar que vuelvan a suceder.

3.2.1.10. Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas

Lo recomendable en esta etapa, es crear un sistema que permita gestionar las solicitudes de las acciones correctivas y preventivas, comúnmente llamado Sistema SACP (Sistema de Solicitud de Acciones Correctivas Preventivas).

3.2.1.11. Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional)

Las acciones correctivas y preventivas resultantes de la primera auditoría interna se estén resolviendo desde su causa raíz y en tiempo oportuno. Esta segunda auditoría es opcional.

3.2.1.12. Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional)

Al igual que la etapa 10, estas acciones correctivas y preventivas se generan de la segunda auditoría interna, la cual puede ser opcional.

3.2.1.13. Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora

En esta etapa tenemos que analizar los resultados obtenidos durante las auditorías y las acciones correctivas implementadas y completadas. De esta manera se identificará que observaciones fueron No Conformidades y que observaciones fueron Oportunidades de Mejora.

3.2.1.14. Etapa 14. Auditoría Externa

Al llegar a esta etapa del proceso ya se debe de haber pasado por una pre-auditoría externa por parte de un organismo externo o por el Corporativo de la compañía. Se programa posteriormente la auditoría externa y se ejecuta.

3.2.1.15. Etapa 15. Mejora continua

Continuar con la madurez del código, mejorando los procedimientos de medición y demás que se indique en el código AMIRA P754. La organización

debe considerar los resultados del análisis y la evaluación, y las salidas de la revisión por la dirección, para determinar si hay necesidades u oportunidades que deben considerarse como parte de la mejora continua.

3.2.2. Lista de verificación de implementación

El aporte de la tesis consiste en proponer un método ágil y de fácil aplicación para lograr el éxito de la implementación del Código AMIRA P754 en las diversas operaciones mineras. En ese sentido se propone una lista de verificación, la cual consolida todos los requisitos para lograr la implementación del código AMIRA P754 propuesto, esta lista utiliza la escala de Likert para valorizar el nivel de implementación.

En la Tabla 3.1 se detalla los campos que se deben completar en la lista de verificación. Es importante destacar la importancia de la etapa 7 la cual contiene los detalles de los diez principios del Código AMIRA P754.

El éxito de la implementación del código AMIRA P754, que propone esta tesis, está principalmente basado en el correcto uso y ejecución de la Tabla 3.1, por esa razón se muestra con detalle el desarrollo de esta ya que su aplicación es el corazón del desarrollo de la presente tesis.

Tabla 3.1. Lista de verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|---------------------|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | | | | | | |
| ¿Cómo y en qué estado se encuentra la unidad? (Está comenzando, con sistemas y procesos o sin ellos, preparados para un cambio, etc.), | | | | | | |
| ¿Qué es lo que está haciendo en el presente? (Para el control de sus operaciones, relación con clientes y otros recursos), | | | | | | |
| ¿Se cuenta con aprobación de la alta dirección para el inicio de la implementación? | | | | | | |
| ¿Se tiene definido la política de la contabilidad? | | | | | | |
| ¿Los requisitos de estas partes interesadas que son pertinentes para el sistema de contabilidad metalúrgica? | | | | | | |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | | | | | | |
| Seleccionar junta de administración de auditoría en la unidad | | | | | | |
| Seleccionar persona competente en la alta dirección de la unidad | | | | | | |
| Está definido los plazos para realizar el mapeo de procesos | | | | | | |
| Memoria descriptiva de la Planta Concentradora | | | | | | |
| Flowsheet de la Planta Concentradora | | | | | | |
| Está realizado el mapa de procesos | | | | | | |
| Análisis del mapa de procesos | | | | | | |
| Aprobación del mapa de procesos | | | | | | |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | | | | | | |
| Realizar la política de cada unidad alineada a la política corporativa | | | | | | |
| La política está aceptada por la Alta Dirección | | | | | | |
| Se tiene capacitaciones o campañas de difusión de la política | | | | | | |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | | | | | | |
| Definición de la lista maestra de procedimientos y formatos | | | | | | |
| Procedimientos de medición de masas | | | | | | |
| Procedimientos de medición de humedad | | | | | | |
| Procedimientos de medición de leyes | | | | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|---------------------|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Procedimientos de estimación de incertidumbre en la medición de masas | | | | | | |
| Procedimientos de estimación de incertidumbre en la medición de humedad | | | | | | |
| Procedimientos de estimación de incertidumbre en la medición de leyes | | | | | | |
| Instructivos de trabajos alineados a los procedimientos | | | | | | |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | | | | | | |
| Contiene todos los procedimientos documentados de la organización en todos sus niveles. | | | | | | |
| Aprobación del manual por la alta dirección | | | | | | |
| Etapa 6. Capacitación | | | | | | |
| capacitar a todo el personal sobre el tema y la importancia del código | | | | | | |
| La alta dirección de cada unidad debe saber cuáles son los objetivos y las nuevas políticas | | | | | | |
| ¿Cuáles son los controles e indicadores a seguir (KPI)? | | | | | | |
| Etapa 7. Implementación | | | | | | |
| Implementar el principio 1 - Mediciones de masa y ley | | | | | | |
| Medidas precisas basadas en mediciones precisas de masa | | | | | | |
| Definir sistema completo de Check-in/ Check-out | | | | | | |
| Tener una transferencia de información unidireccional | | | | | | |
| Implementar el principio 2 - Evaluación de riesgos de las fuentes de información | | | | | | |
| Evaluación de riesgos de los inputs de la contabilidad basados en ISO 31000 u otro sistema de gestión de riesgos | | | | | | |
| Aprobar informe de evaluación de riesgo | | | | | | |
| Asegurar la fuente de los datos que ingresan al sistema | | | | | | |
| Implementar el principio 3 - Documentación del código | | | | | | |
| ¿Existe control de documentos del código AMIRA P754? | | | | | | |
| ¿Existe los registros de auditoría? | | | | | | |
| ¿Está documentado el algoritmo de cálculo y uso de los datos? | | | | | | |
| Implementar el principio 4 - Auditorías | | | | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|---------------------|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Definir auditorías de forma periódicas. | | | | | | |
| Documentar recomendaciones de las auditorías | | | | | | |
| Implementar el principio 5 - Definición de KPI | | | | | | |
| Definir claramente los KPI | | | | | | |
| Mantener operativo LIMS y ERP | | | | | | |
| Implementar estándar corporativo de LIMS | | | | | | |
| Emitir informe detallado junto con la respuesta de la administración | | | | | | |
| Emitir plan de acción firmado por la persona competente | | | | | | |
| Implementar el principio 6 - Gestión de data | | | | | | |
| Mantener procedimientos claros para cambio de datos provisionales por data real | | | | | | |
| Procedimentar gestión de datos inapropiados o nulos, junto con los niveles de autorización | | | | | | |
| Implementar el principio 7 - Calidad de la data | | | | | | |
| Asegurar la calidad e integridad de la data | | | | | | |
| Generar data suficiente para verificar la veracidad de la data | | | | | | |
| Evaluar la transferencia de datos para el balance | | | | | | |
| Asegurar que los procedimientos computacionales están libres de sesgo | | | | | | |
| Implementar el principio 8 - Fijar objetivos de incertidumbre de la medición | | | | | | |
| Fijar el objetivo de incertidumbre en el muestreo de cada corriente | | | | | | |
| Fijar el objetivo de incertidumbre en el análisis químico de cada corriente | | | | | | |
| Mencionar incertidumbre actual de las mediciones en el Comité de Auditoría de la Unidad | | | | | | |
| Evaluar si la incertidumbre debe ser informado a los accionistas | | | | | | |
| Implementar el principio 9 - Revisión de inventarios físicos | | | | | | |
| Verificar una vez al año el inventario físico de material en proceso | | | | | | |
| Definir procedimiento y nivel de autoridad para los ajustes de existencia (pérdidas o ganancias no contabilizadas) | | | | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|---------------------|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Implementar el principio 10 - Estimación de incertidumbres de las mediciones | | | | | | |
| Calcular o estimar la incertidumbre de las mediciones utilizadas | | | | | | |
| Calcular o estimar la incertidumbre en las balanzas | | | | | | |
| Calcular o estimar la incertidumbre en muestreo | | | | | | |
| Calcular o estimar la incertidumbre en determinación de humedad | | | | | | |
| Calcular o estimar la incertidumbre en el ensayo químico | | | | | | |
| Eliminar o reducir cualquier causante de sesgo según SACP y análisis de riesgos, Pareto, Ishikawa, etc | | | | | | |
| Reporte de excepciones | | | | | | |
| Indicar qué principio no se podrá cumplir | | | | | | |
| Firmar Reporte de excepciones por persona competente | | | | | | |
| Informar al comité de auditoría o a la Gerencia Corporativa | | | | | | |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | | | | | | |
| La unidad debe llevar a cabo auditorías internas para el mantenimiento propio de su sistema de gestión del código AMIRA P754 | | | | | | |
| Se implementa y mantiene eficazmente. | | | | | | |
| La unidad debe planificar, establecer, implementar y mantener uno o varios programas de auditoría que incluyan la frecuencia, los métodos, las responsabilidades, los requisitos de planificación y la elaboración de informes, que deben tener en consideración la importancia de los procesos involucrados, los cambios que afecten a la organización y los resultados de las auditorías previas. | | | | | | |
| Definir los criterios de la auditoría y el alcance para cada auditoría | | | | | | |
| Seleccionar los auditores y llevar a cabo auditorías para asegurarse de la objetividad y la imparcialidad del proceso de auditoría | | | | | | |
| Asegurarse de que los resultados de las auditorías se informen a la dirección pertinente | | | | | | |
| Etapa 9. Revisión General | | | | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|---------------------|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Realizar las correcciones y tomar las acciones correctivas adecuadas sin demora injustificada | | | | | | |
| Conservar información documentada como evidencia de la implementación del programa de auditoría y de los resultados de las auditorías. | | | | | | |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | | | | | | |
| Generar las Acciones Correctivas y Preventivas de los resultados de la primera auditoría interna y la revisión general, para comenzar a trabajar sobre las observaciones y/o No Conformidades encontradas en el Sistema de contabilidad metalúrgica. | | | | | | |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | | | | | | |
| Aplicar etapa 8 por segunda vez | | | | | | |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | | | | | | |
| Aplicar etapa 10 por segunda vez | | | | | | |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | | | | | | |
| Identificar las observaciones que fueron No Conformidades y qué observaciones fueron Oportunidades de Mejora. | | | | | | |
| Etapa 14. Auditoría Externa | | | | | | |
| Definir el equipo que hará la auditoría, puede ser un organismo externo o por el Corporativo de la compañía, o por un especialista en el tema ajeno a la compañía, también puede ser especialistas de las otras unidades del grupo. | | | | | | |
| Analizar los hallazgos | | | | | | |
| Levantar con SACP (solicitud de acción correctiva preventiva) | | | | | | |
| Etapa 15. Mejora continua | | | | | | |
| Mejorar continuamente la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la Contabilidad Metalúrgica. | | | | | | |
| Considerar los resultados del análisis, evaluación y las salidas de la revisión por la dirección para determinar si hay necesidades u oportunidades que deben considerarse como parte de la mejora continua. | | | | | | |

Fuente: Propia

3.2.3. Valoración según escala de Likert

En la Tabla 3.2 se muestra la escala de Likert utilizada para medir, calificar y evaluar el nivel de implementación que se tiene para cada punto de la etapa que se mostró en la lista de verificación de la Tabla 3.1. Esta escala es lo que convierte todas las evaluaciones objetivas en una valoración cuantitativa.

Tabla 3.2. Valoración según la escala de Likert

| Valor observable | Puntaje |
|--------------------------------------|----------------|
| No diseñado o recientemente iniciado | 1 |
| Parcialmente diseñado | 2 |
| Diseñado | 3 |
| Parcialmente implementado | 4 |
| Completamente implementado | 5 |

Fuente: Propia

3.2.4. Check-lists de apoyo para la evaluación de la Tabla 3.1. Lista de verificación AMIRA P754

Se propuso unos check-list para evaluar los principales aspectos del mencionado código. Estos Check-list serán una fuente de ingreso de información para llenar la Tabla 3.1. Lista de verificación AMIRA P754.

Los check-list que se proponen son adaptaciones de los Check-list del anexo D del código AMIRA P754 para las categorías de medición de masa, muestreo, ensayo químico y reporte.

Tabla 3.3. Check-list para Mediciones de masa

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------|--|
| Certificación | El procedimiento, que es un requisito legal, por el cual un instrumento de medición de masa o volumen se aprueba como utilizable para Transferencia de Custodia y fines comerciales y, en términos de este Código, para la Contabilidad de Metales Primarios, que debe ser realizado a intervalos establecidos por la autoridad gubernamental o sus agentes autorizados. Los procedimientos se establecen en las leyes nacionales de metrología. |
| Calibración | El procedimiento (según las normas de Metrología, las Recomendaciones de la OIML, el Manual del NIST, ISO u otras normas aplicables) para verificar un dispositivo de medición de masa o flujo, que debe realizarse a intervalos periódicos y con una frecuencia suficiente, para medir el error en el resultado informado por el dispositivo frente a una masa o volumen estándar conocido. Esto es con el fin de garantizar que las mediciones de masa o flujo informadas se mantengan dentro de la precisión requerida estipulada para la contabilidad de metales primarios o la transferencia de custodia. |
| Reporte de excepciones | Requerido para todas las mediciones de masa / flujo en los casos en que no se puedan cumplir los requisitos del Código. Debe estar justificado plenamente con razones, un plan de mejora y aprobado por la Alta Dirección. |
| Informe de no conformidad | Requerido para todas las mediciones de masa / flujo en los casos en que una Revisión de Contabilidad de Metales, interna o independiente, haya determinado que no se han cumplido los requisitos del Código y / o donde no hay un Informe de Excepción aprobado. Debe contener las razones por las que no se han cumplido los requisitos del Código y las recomendaciones de mejora, y debe ser firmado por el líder del equipo de auditoría interna o la Persona Competente (si es el resultado de una Revisión de Contabilidad de Metales independiente). |
| Registros | Los registros de todos los resultados de las pruebas de certificación y calibración deben conservarse durante cinco años. Estos registros deben mostrar todos los resultados y errores medidos y documentar cualquier alteración y ajuste realizado en el instrumento y la instalación. Fuente: Código AMIRA P754 |

Fuente: Código AMIRA P754

Tabla 3.4. Check-list para Muestreo

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN |
|--|--|
| Tipo de muestreador | Si el muestreador principal es un muestreador transversal de una faja transportadora o de una pulpa. Si se trata de un muestreador de corriente cruzada, ¿cuáles son los criterios de diseño del sistema, p. Ej. tamaño del espacio, velocidad de corte, radial o paralelo, etc.? |
| Sistema de muestreo multietapa | Si es un sistema de muestreo de múltiples etapas: El número de etapas, si hay reducción de muestra entre etapas y el porcentaje de corte en cada etapa, junto con el porcentaje de corte total. La experimentación realizada para garantizar que la división de la muestra no introduzca una variación excesiva. |
| Intervalos de muestreo | El tiempo de muestreo entre los incrementos |
| Tamaño del lote | Tamaño del lote, saber si es por turno o por cantidad de tonelaje |
| Submuestreo | Si se realiza alguna división de muestra adicional en la planta y, de ser así, detalles de cómo se hace. |
| Condiciones de secado | Si el secado de muestra se realiza, mapear tiempo y duración de secado |
| Etiquetado de muestras | Detalles de los rótulos de las muestras |
| Revisión de calidad | Si el peso de la muestra en cada etapa está relacionado con el peso esperado en función de los flujos del proceso, el espacio del cortador, la velocidad del cortador y el intervalo de muestreo. |
| Inspección | La frecuencia de las inspecciones y el nivel del empleado. |
| Notificación y rectificación de fallas | El procedimiento de notificación de las fallas, su subsanación y visado por parte de la dirección. |
| Reporte de excepciones | Los informes de incumplimiento del Código deben contener las razones del incumplimiento, planes de acción para alcanzar el cumplimiento |

Fuente: Código AMIRA P754

Tabla 3.5. Check-list para Ensayo Químico

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN |
|--|--|
| Acreditación | La naturaleza, la calidad y la idoneidad del procedimiento analítico deben confirmarse mediante la acreditación según la norma ISO 17025. |
| Análisis de muestra gemela | Detalles del sistema de muestra gemela, preferiblemente diferentes analistas en diferentes días, y la reproducibilidad medida. |
| Materiales de referencia | Ya sea que los RM sean internos o CRM. En particular, cómo se obtuvieron y verificaron los valores aceptados. |
| Instrumentos de calibración | El número de estándares utilizados, linealidad del rango de calibración, reproducibilidad de la calibración, frecuencia de recalibración. Uso de estándares internos. Frecuencia de elaboración de los estándares y sus condiciones de almacenamiento. Fuente de los estándares primarios. |
| Procedimientos de Control de Calidad | Uso de muestras de control de calidad, dividiendo los límites entre duplicados. |
| Procedimientos de Aseguramiento de Calidad | Ejercicio de Round Robin |
| Laboratorio Dirimente | Selección del laboratorio dirimente, medidas tomadas para mantener calidad del análisis. |
| Mantenimiento | Contratos de mantenimiento, registros de mantenimiento. |
| Notificación y rectificación de averías | El procedimiento de comunicación de averías, su subsanación y la aprobación por parte de la dirección. |
| Reporte de excepciones | Los informes de incumplimiento del Código deben contener las razones del incumplimiento, planes de acción para lograr el cumplimiento y ser aprobados por la Persona Competente. |

Fuente: Código AMIRA P754

Tabla 3.6. Check-list para Reportes

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN |
|--|---|
| Balance de metal | Componentes deseados durante el período del informe, oportunamente a la gerencia de planta y a los contadores financieros |
| Indicadores clave de rendimiento (KPI) | Tonelajes y grados de alimentación y productos; recuperaciones, responsabilidades; reportado contra cifras significativas; incertidumbres de todas las salidas informadas; comparaciones históricas para ayudar a monitorear las tendencias a largo plazo |
| Trazabilidad | A todas las fuentes de ingreso |
| Fuentes de datos | Se minimizan las entradas manuales y se maximiza la recopilación automática de datos de los sistemas SCADA o LIMS |
| Preparación | Personal adecuadamente capacitado, que comprenda la fuente y el significado de los inputs. |
| Ajustes o alteraciones | Solo con la autorización por escrito de la persona responsable y registrado para fines de revisión. |
| Conciliación de balance de masa | Solo a través de un procedimiento aprobado para identificar las entradas sujetas a errores ilegítimos (espurios), para determinar el sesgo y para facilitar las acciones correctivas. |
| Aprobación | Revisado y aprobado por el Comité de Contabilidad del Metal, o equivalente, para su posterior aprobación por el Comité de Auditoría. |

Fuente: Código AMIRA P754

3.2.5. Instrumento de evaluación de la implementación AMIRA P754

Con los resultados obtenidos de la Tabla 3.1. *Lista de verificación AMIRA P754*, los resultados se obtienen sumando y ponderando en función a valor y puntaje según la escala de Likert para cada etapa. En la Tabla 3.7 se muestra la ponderación que se le otorga a cada etapa, como se puede apreciar la etapa 7 es la más extensa y por lo tanto obtiene una ponderación de 44.6% para el resultado final, en otro sentido, las etapas 10, 11 12 y 13 aportan un 1.2% a la valoración final del resultado obtenido.

Tabla 3.7. Ponderación de cada etapa al nivel de implementación final

| Etapa | # Preguntas | Ponderación |
|--|-------------|-------------|
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | 5 | 6.0% |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | 8 | 9.6% |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | 3 | 3.6% |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | 8 | 9.6% |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | 2 | 2.4% |
| Etapa 6. Capacitación | 3 | 3.6% |
| Etapa 7. Implementación | 37 | 44.6% |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | 6 | 7.2% |
| Etapa 9. Revisión General | 2 | 2.4% |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | 1 | 1.2% |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | 1 | 1.2% |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | 1 | 1.2% |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | 1 | 1.2% |
| Etapa 14. Auditoría Externa | 3 | 3.6% |
| Etapa 15. Mejora continua | 2 | 2.4% |

Fuente: Propia

Los valores de ponderación mostrados de la Tabla 3.7 se ordenó de mayor a menor en función al nivel de ponderación y se construyó un gráfico del tipo “Funnel” o “embudo” que se muestra en la Figura 3.4 donde se aprecia el nivel

de ponderación o de aporte de cada etapa para el resultado final de implementación, la finalidad de conocer la ponderación es para dirigir adecuadamente los esfuerzos para obtener una implementación óptima.

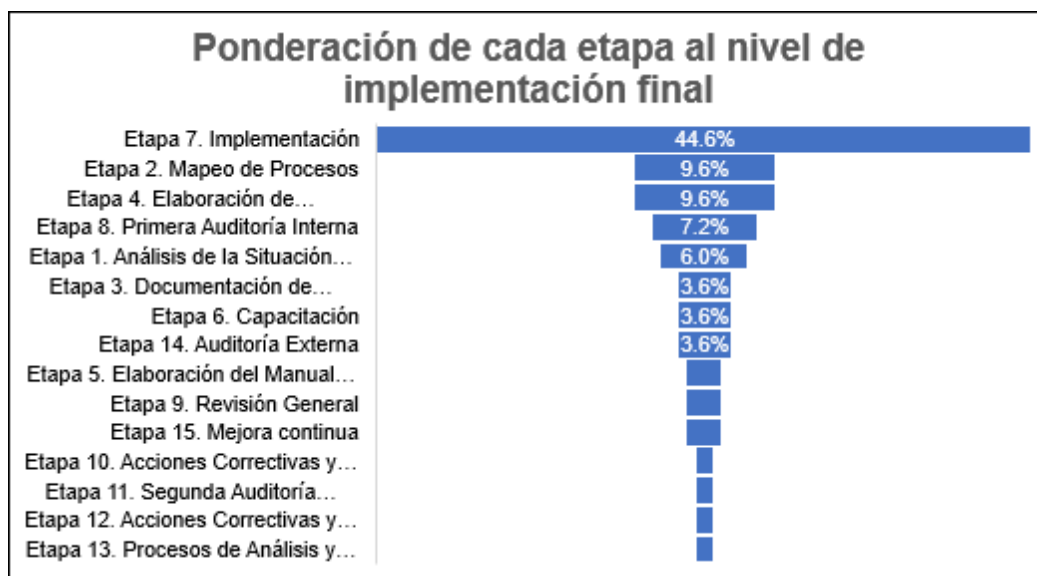


Figura 3.4. Ponderación de cada etapa al nivel de implementación final

Fuente: Propia

3.2.5.1. Nivel de implementación de cada etapa

Luego de completar los puntajes obtenidos de la “*Tabla 3.1. Lista de verificación AMIRA P754*”, la hoja de cálculo construida para esta tesis se encargará de mostrar una tabla con el nivel de avance por cada etapa, para poder así monitorear el nivel de implementación por etapa, la tabla de nivel de implementación se muestra en la Figura 3.5. En la Figura 3.6 se muestra un ejemplo de la visualización que se obtendría de los resultados mostrados de la Tabla de nivel de implementación de la Figura 3.5.

| Etapa | # Preguntas | Puntaje total | Puntaje Obtenido | % Avance por etapa |
|--|-------------|---------------|------------------|--------------------|
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | 5 | 25 | 0 | 0% |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | 8 | 40 | 0 | 0% |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | 3 | 15 | 0 | 0% |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | 8 | 40 | 0 | 0% |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | 2 | 10 | 0 | 0% |
| Etapa 6. Capacitación | 3 | 15 | 0 | 0% |
| Etapa 7. Implementación | 37 | 185 | 0 | 0% |
| Implementar el principio 1 - Mediciones de masa y ley | 3 | 15 | 0 | 0% |
| Implementar el principio 2 - Evaluación de riesgos de las fuentes de información | 3 | 15 | 0 | 0% |
| Implementar el principio 3 - Documentación del código | 3 | 15 | 0 | 0% |
| Implementar el principio 4 - Auditorías | 2 | 10 | 0 | 0% |
| Implementar el principio 5 - Definición de KPI | 5 | 25 | 0 | 0% |
| Implementar el principio 6 - Gestión de data | 2 | 10 | 0 | 0% |
| Implementar el principio 7 - Calidad de la data | 4 | 20 | 0 | 0% |
| Implementar el principio 8 - Fijar objetivos de incertidumbre de la medición | 4 | 20 | 0 | 0% |
| Implementar el principio 9 - Revisión de inventarios físicos | 2 | 10 | 0 | 0% |
| Implementar el principio 10 - Estimación de incertidumbres de las mediciones | 6 | 30 | 0 | 0% |
| Informe de excepciones | 3 | 15 | 0 | 0% |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | 6 | 30 | 0 | 0% |
| Etapa 9. Revisión General | 2 | 10 | 0 | 0% |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | 1 | 5 | 0 | 0% |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | 1 | 5 | 0 | 0% |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | 1 | 5 | 0 | 0% |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | 1 | 5 | 0 | 0% |
| Etapa 14. Auditoría Externa | 3 | 15 | 0 | 0% |
| Etapa 15. Mejora continua | 2 | 10 | 0 | 0% |

Figura 3.5. Tabla de nivel de implementación de cada etapa

Fuente: Propia

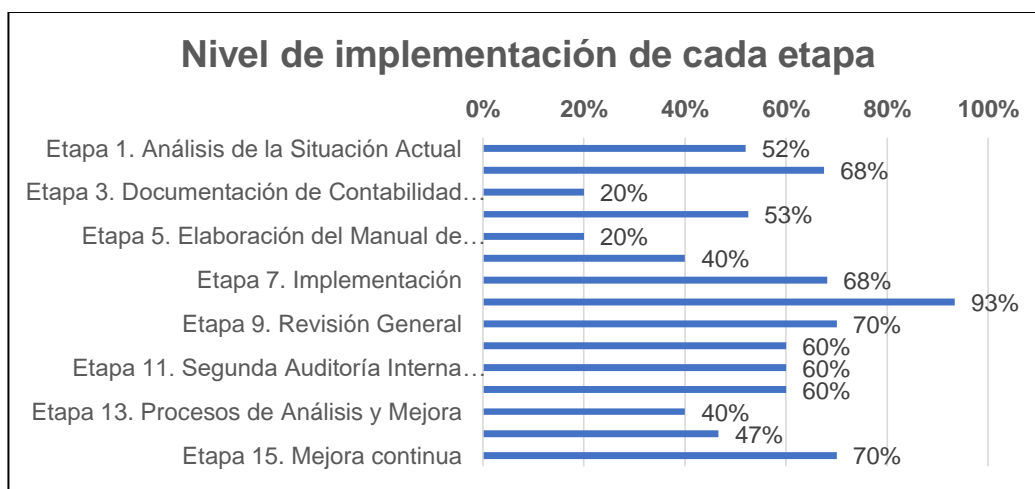


Figura 3.6. Visualizador del nivel de implementación de cada etapa

Fuente: Propia

3.2.5.2. Aporte de cada etapa para el nivel de implementación

El avance de cada etapa tiene un peso o ponderación diferente en función a nivel de dificultad o inversión de energía y horas hombre de consultoría. La ponderación mostrada en la Tabla 3.7 cuando se relaciona con la *tabla de nivel de implementación de cada etapa* que se mostró en la Figura 3.5, permite obtener el nivel de impacto de cada etapa en la implementación final.

| Etapa | Ponderación | % Avance por etapa | % Aporte por etapa |
|--|-------------|--------------------|--------------------|
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | 6.0% | 0% | 0.0% |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | 9.6% | 0% | 0.0% |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | 3.6% | 0% | 0.0% |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | 9.6% | 0% | 0.0% |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | 2.4% | 0% | 0.0% |
| Etapa 6. Capacitación | 3.6% | 0% | 0.0% |
| Etapa 7. Implementación | 44.6% | 0% | 0.0% |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | 7.2% | 0% | 0.0% |
| Etapa 9. Revisión General | 2.4% | 0% | 0.0% |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | 1.2% | 0% | 0.0% |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | 1.2% | 0% | 0.0% |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | 1.2% | 0% | 0.0% |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | 1.2% | 0% | 0.0% |
| Etapa 14. Auditoría Externa | 3.6% | 0% | 0.0% |
| Etapa 15. Mejora continua | 2.4% | 0% | 0.0% |
| Nivel de Implementación obtenido | | | 0.0% |

Figura 3.7. Tabla de aporte de cada etapa para el nivel de implementación

Fuente: Propia

Los valores mostrados en la tabla de aporte de cada etapa para el nivel de implementación mostrado en la Figura 3.7 se puede convertir en un visualizador gráfico, en ese sentido, se ha implementado el visualizador gráfico llamado “TreeMap” o Mapa de árbol, el cual aparece de modo automático en la hoja de cálculo propuesta. Este TreeMap se muestra en la

Figura 3.8 donde se detalla la etapa que tiene mayor impacto en la evaluación, así como el porcentaje de impacto obtenido en la implementación, es importante mencionar que los valores mostrados son solo referenciales para poder mostrar la forma de distribución de los porcentajes de cada etapa.

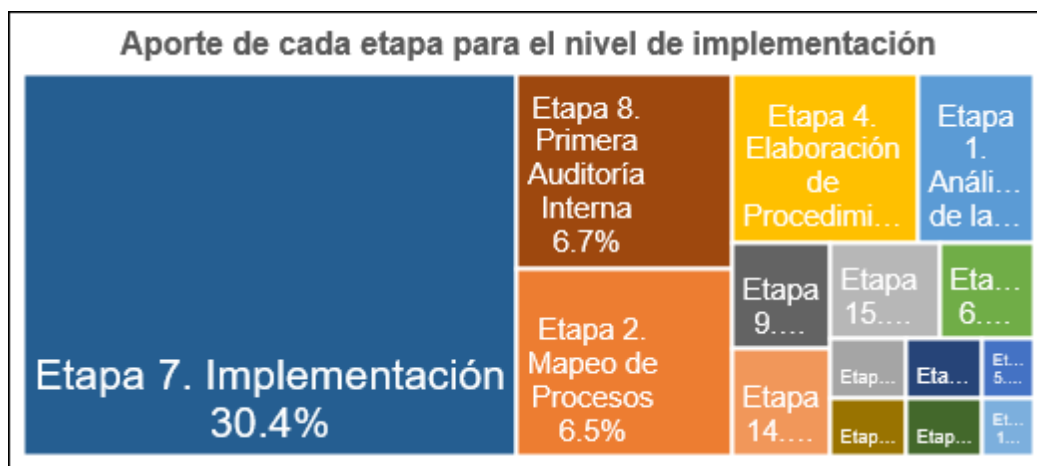


Figura 3.8. TreeMap de cada etapa para el nivel de implementación

Fuente: Propia

3.2.5.3. Nivel de Implementación del código AMIRA P754

El nivel de implementación del código AMIRA P754 se obtendrá de la suma de los aportes ponderados de cada etapa según se calcula en la Figura 3.7. *Tabla de aporte de cada etapa para el nivel de implementación*, la cual al sumar se genera el cuadro final del nivel de implementación que se muestra en la Figura 3.9.

| Descripción | % |
|-----------------|------|
| Implementado | 0% |
| Por Implementar | 100% |

Figura 3.9. Tabla de nivel de Implementación del código AMIRA P754

Fuente: Propia

Con los resultados de la tabla que se muestra en la Figura 3.9 se construye un visualizador gráfico en forma de barra de cumplimiento el cual ayuda a mejorar y entender el nivel de implementación logrado.

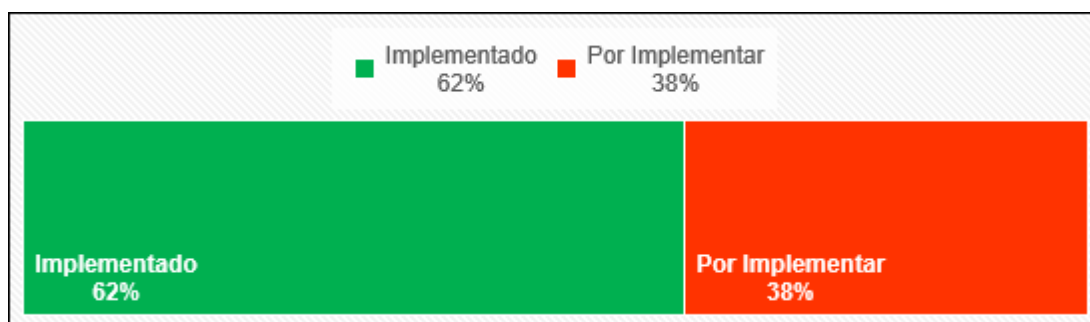


Figura 3.10. Visualizador del nivel de Implementación del Código

Fuente: Propia

3.3. Metodología de implementación

Se utilizó la metodología Notación de Modelo de Procesos de Negocios, conocido en inglés como Business Process Model and Notation (BPMN por las siglas en inglés) para diagramar toda la ruta del proceso de implementación propuesto para el código AMIRA P754.

En la Figura 3.11 se muestra a detalle el flujo de la implementación de las quince (15) etapas propuestas, el diagrama de flujo muestra el inicio y el final del proceso, también se muestra el flujo de los documentos generados, se detalla claramente las quince etapas propuestas. Durante la evaluación de las quince etapas mostradas en la Figura 3.11, se debe ir actualizando el formato mostrado en la *Tabla 3.1. Lista de verificación AMIRA P754*.

La etapa 7 de la implementación es aquella donde se centra la implementación de los 10 principios del código AMIRA P754, por esa razón la etapa 7 se muestra disgregada en la Figura 3.12, Figura 3.13 y Figura 3.14. En la Figura 3.12 se muestra el detalle de la implementación del principio 1 al 3, donde se detalla las funciones de la persona competente, del laboratorio y control de calidad y del área de operaciones en concentradora. En la Figura 3.13 se procede del mismo modo, mostrando el flujo de implementación junto a sus responsables para la implementación del principio 4 al 7. En la Figura 3.14 se muestra la implementación del principio 8 al 10, resaltando la generación del Reporte de excepciones y la comunicación a la gerencia corporativa.

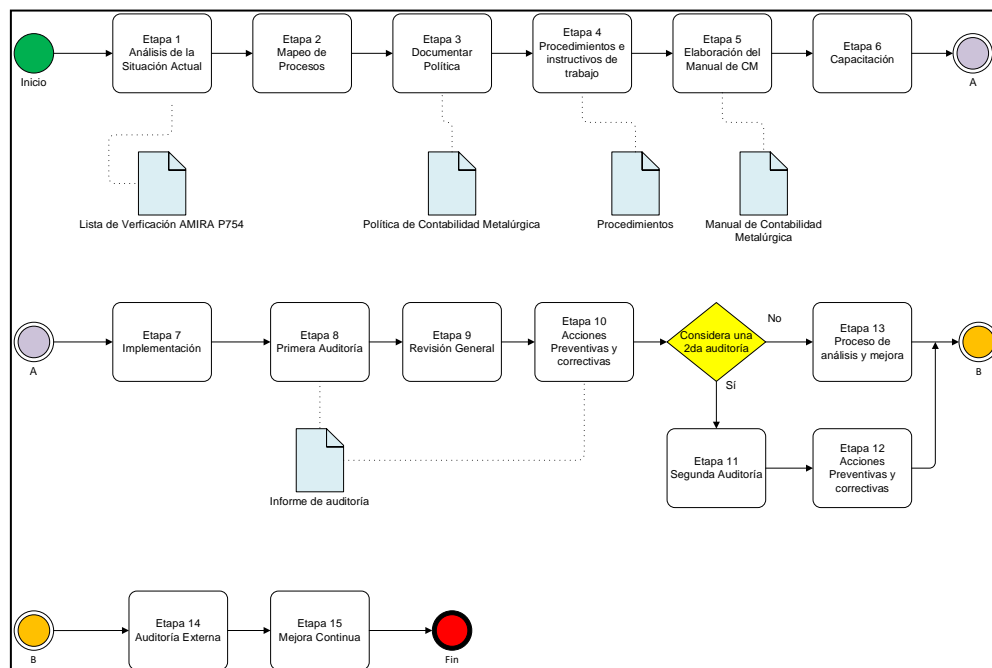


Figura 3.11. Mapa de procesos para implementar las quince (15) etapas

Fuente: Propia

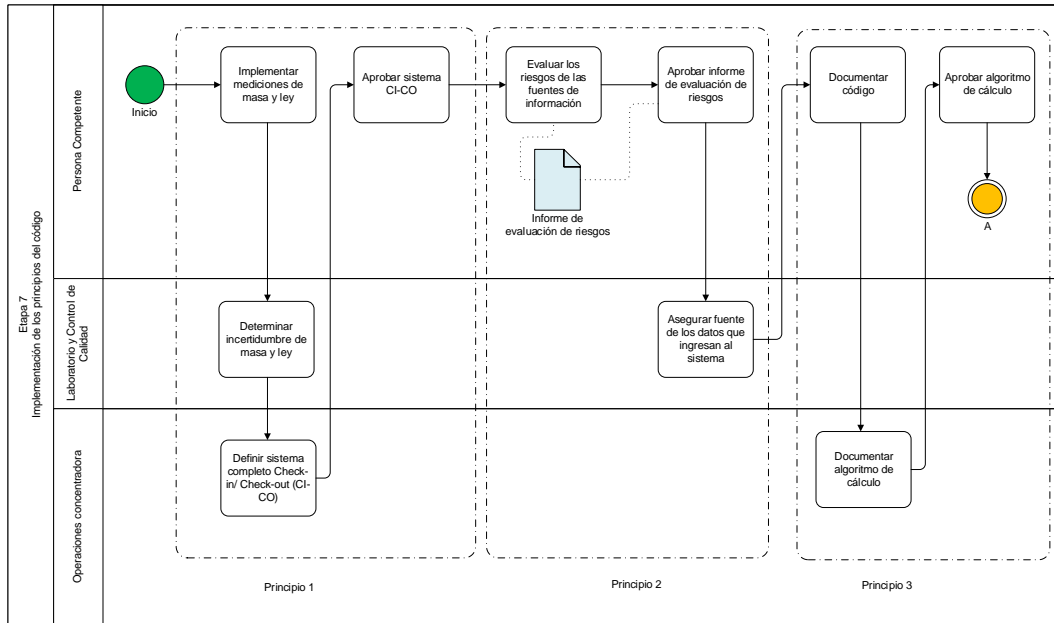


Figura 3.12. Mapa de procesos Etapa 7 a detalle parte 1 de 3
Fuente: Propia

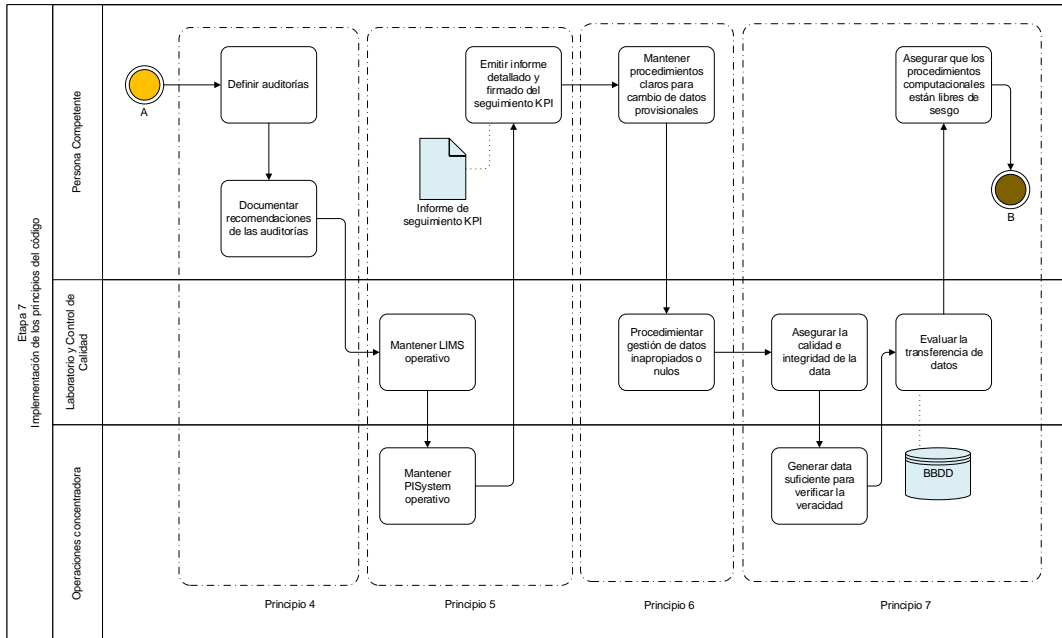


Figura 3.13. Mapa de procesos Etapa 7 a detalle parte 2 de 3
Fuente: Propia

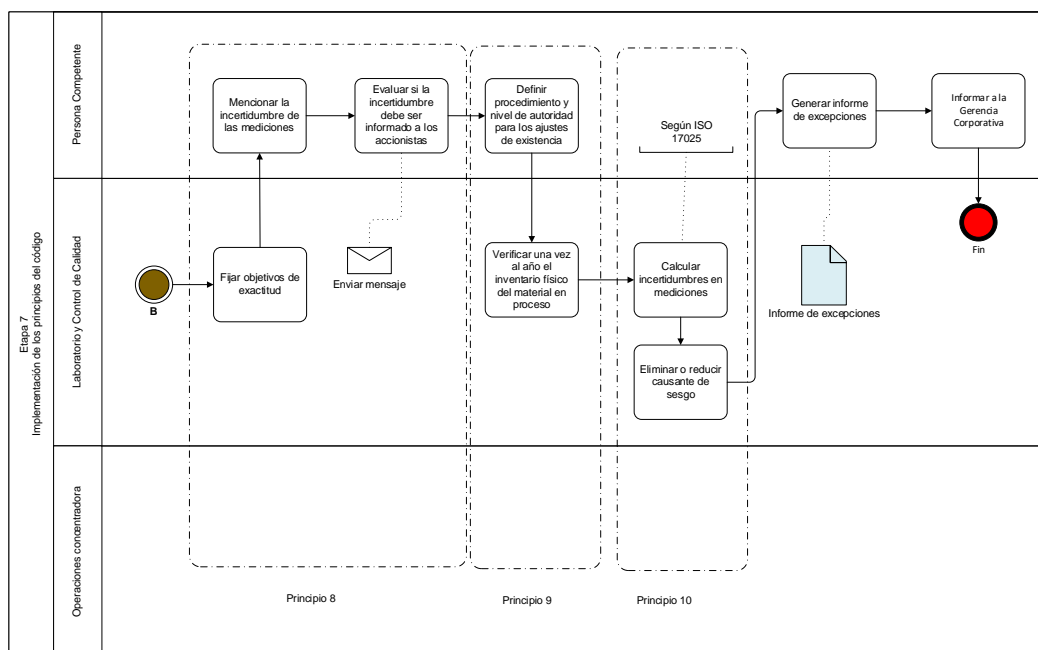


Figura 3.14. Mapa de procesos Etapa 7 a detalle parte 3 de 3
Fuente: Propia

En la Tabla 3.8 se muestra los tamaños de las plantas concentradoras evaluadas en función a su tonelaje de procesamiento diario, para la gran minería se toma como ejemplo una planta concentradora por flotación de sulfuros de cobre, típica del corredor minero del sur peruano, para la mediana y pequeña minería participaron plantas concentradoras de la región Arequipa.

Tabla 3.8. Tamaños de las plantas concentradoras evaluadas

| Estrato | TMD |
|-----------------|--------|
| Gran Minería | 90 000 |
| Mediana Minería | 400 |
| Pequeña Minería | 100 |

Fuente: Propia

3.3.1. Metodología desarrollada para pequeña minería

3.3.1.1. Evaluación de la memoria descriptiva

La Figura 3.15 detalla el flujo del proceso de esta planta concentradora de 100 Toneladas métricas secas por día (TMD). La planta concentra por flotación minerales de cobre con una ley de cabeza de 1.6%Cu y 20%Cu en los concentrados. Cuenta con un proceso de chancado primario, luego con un circuito de molienda, y luego un circuito de flotación, obteniendo concentrados de cobre y los relaves se van a una poza de relaves, teniendo un circuito de agua recirculada. Luego los concentrados se depositan en una poza de sedimentación y luego al disminuir la cantidad de agua se dirige a la cancha de concentrados donde se seca al medio ambiente hasta que los concentrados obtengan entre 6 a 8 % de humedad, este proceso de secado natural dura una semana aproximadamente.

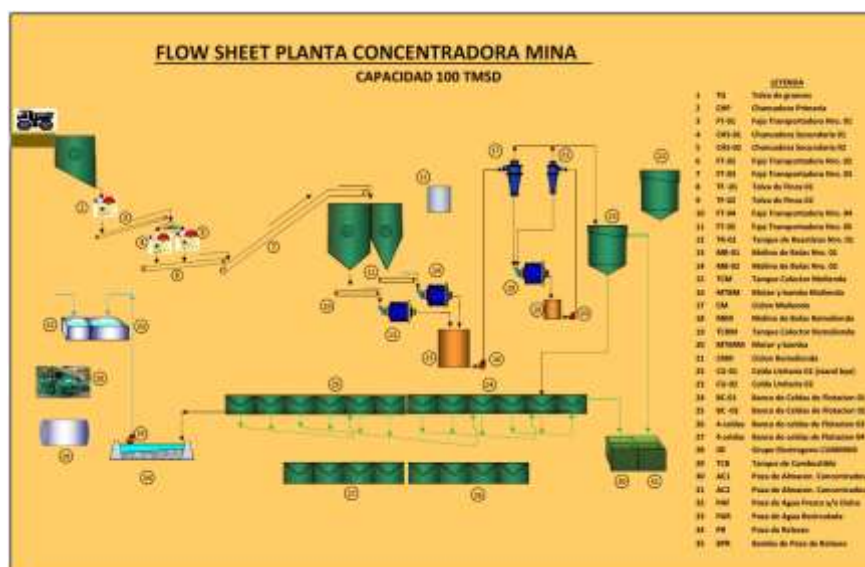


Figura 3.15. FlowSheet Planta concentradora Pequeña Minería

Fuente: Cortesía de planta participante

3.3.1.2. Evaluación del sistema Check In- Check Out

La Figura 3.15 muestra el diagrama de flujo de procesos donde se ubicarán las mediciones que se van a realizar. El sistema Check In- Check Out es también denominado CI/CO. Se propone definir el sistema CI/CO para esta planta concentradora según se muestra en la Figura 3.16.



Figura 3.16. Definición del sistema CI/CO para Pequeña minería
Fuente: Propia

3.3.1.3. Evaluación del sistema de medición de masas

Según el sistema CI/CO definido para la planta de pequeña minería, las balanzas deben estar en la alimentación a la tolva de gruesos. La balanza de ingreso es una balanza camionera, la balanza de salida es también una balanza camionera cuando los concentrados son despachados. Ambas deben contar con un certificado de calibración otorgado por un ente acreditado ante el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), con la frecuencia mínima de un año.

3.3.1.4. Evaluación de los sistemas de muestreo

Los sistemas de muestreo son importantes en la aplicación del código y además deben poder ser evaluados, el muestreo de la planta presenta muchas oportunidades de mejora, principalmente se tiene que definir las frecuencias de muestreo.

3.3.1.5. Evaluación del sistema de leyes químicas y humedades

Inicialmente se envían las muestras a un laboratorio de primera parte (es decir, laboratorio de la misma unidad minera), y además con controles mensuales realizados en un laboratorio externo. Se les recomendó trabajar y alinear sus métodos según los criterios de la norma ISO/IEC 17025.

3.3.1.6. Gestión de los concentrados

Los concentrados son acumulados en la loza de concentrados hasta que son comercializados. Antes de la implementación del código AMIRA P754 se consideraba la producción en pulpa, luego de la implementación, se realiza el balance de concentrados considerando las leyes químicas finales de la comercialización.

3.3.1.7. Uso de la lista de verificación para Pequeña Minería

En la Tabla 3.9 se muestra la lista de verificación obtenida, luego de aplicar los criterios del código AMIRA P754.

Tabla 3.9. Lista de verificación para Pequeña Minería

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | | | | | | |
| ¿Cómo y en qué estado se encuentra la unidad? (Está comenzando, con sistemas y procesos o sin ellos, preparados para un cambio, etc.), | | x | | | | La unidad al iniciar el proceso no contaba con procesos mapeados y ahora ya se encuentra en inicio de desarrollo. |
| ¿Qué es lo que está haciendo en el presente? (Para el control de sus operaciones, relación con clientes y otros recursos), | | x | | | | Se han realizado reuniones de implementación, se recomienda continuar con la definición de recursos. |
| ¿Se cuenta con aprobación de la alta dirección para el inicio de la implementación? | | | | | x | Sí se cuenta con la aprobación de la alta dirección para la implementación. |
| ¿Se tiene definido la política de la contabilidad? | | | x | | | Se definió con la consultoría realizada durante la tesis, se sugiere que se acelere la aprobación de la política de contabilidad por parte de la alta gerencia. |
| ¿Los requisitos de estas partes interesadas que son pertinentes para el sistema de contabilidad metalúrgica? | | | | | x | Las necesidades de la operación se alinean a los objetivos de la implementación del código AMIRA P754 |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | | | | | | |
| Seleccionar junta de administración de auditoría en la unidad | | | x | | | Se ponen de acuerdo para realizar la junta de administración. Se recomienda continuar con la formalización de la junta de administración de auditoría. |
| Seleccionar persona competente en la alta dirección de la unidad | | | | x | | Se define al jefe de laboratorio químico y metalúrgico como persona competente, se realizó el nombramiento formal. |
| Está definido los plazos para realizar el mapeo de procesos | | | x | | | se tiene un programa para cumplir con el mapeo de los procesos |
| Memoria descriptiva de la Planta Concentradora | | | | x | | Se cuenta con una memoria descriptiva, se sugiere continuar con la revisión y actualización mediante un procedimiento de control de cambios. |
| Flowsheet de la Planta Concentradora | | | | | x | Se cuenta con el Flowsheet de la planta concentradora |
| Está realizado el mapa de procesos | | | | x | | Se encuentra en un avance por encima del 60% |
| Análisis del mapa de procesos | | | | x | | El análisis del mapa se hace en función al avance |
| Aprobación del mapa de procesos | x | | | | | La aprobación del mapa se realiza en función a los avances |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | | | | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Realizar la política de cada unidad alineada a la política corporativa | | | | | x | Se cuenta con política de contabilidad metalúrgica alineada a la política corporativa. |
| La política está aceptada por la Alta Dirección | | | | | x | Se encuentra aceptada mediante una firma del Gerente General |
| Se tiene capacitaciones o campañas de difusión de la política | | | | x | | Se continúa con el cumplimiento de la difusión de la política de contabilidad metalúrgica. |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | | | | | | |
| Definición de la lista maestra de procedimientos y formatos | | x | | | | La definición de la lista maestra se encuentra en proceso continuo de actualización. Es por esta razón que se califica como parcialmente diseñada. |
| Procedimientos de medición de masas | | x | | | | El procedimiento se encuentra en elaboración, debido a que se está revisando las ubicaciones de las balanzas y de la forma del control de tonelaje en la alimentación. |
| Procedimientos de medición de humedad | | | x | | | En proceso de generación de procedimientos. Para la determinación de la humedad en concentrados se está implementando el análisis según ISO 10251. |
| Procedimientos de medición de leyes | | x | | | | El laboratorio cuenta con métodos y QA/QC para los ensayos, se recomienda la acreditación según ISO 17025. |
| Procedimientos de estimación de incertidumbre en la medición de masas | x | | | | | Procedimiento en evaluación, se recomienda definir la incertidumbre para la medición de las masas en alimentación de cabeza y salida de concentrados. |
| Procedimientos de estimación de incertidumbre en la medición de humedad | x | | | | | Alineándose al ISO 17025 para estimar incertidumbres según los lineamientos de la ISO 10251 para determinación de humedad. |
| Procedimientos de estimación de incertidumbre en la medición de leyes | x | | | | | Se sugiere alinearse al ISO 17025 para estimar incertidumbres. Para las leyes del producto final de concentrados, se recomienda que la medición de la incertidumbre incluya la incertidumbre del muestreo, sea ésta en la faja luego del filtrado de concentrados o del muestreo de camiones en el despacho de los concentrados. |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Instructivos de trabajos alineados a los procedimientos | | x | | | | Se recomienda utilizar el software Bizagi o VISIO para realizar los instructivos según las condiciones del BPM (Business Process Modeling). |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | | | | | | |
| Contiene todos los procedimientos documentados de la organización en todos sus niveles. | | | x | | | En proceso debido a que se encuentran cumpliendo con la elaboración de los procedimientos |
| Aprobación del manual por la alta dirección | | x | | | | El manual se aprobará cuando se tenga el manual terminado |
| Etapa 6. Capacitación | | | | | | |
| capacitar a todo el personal sobre el tema y la importancia del código | | | | | x | La capacitación sobre el manual de contabilidad está concluida. |
| La alta dirección de cada unidad debe saber cuáles son los objetivos y las nuevas políticas | | | | | x | La alta dirección tiene conocimiento de los objetivos y la política |
| ¿Cuáles son los controles e indicadores a seguir (KPI)? | | x | | | | En proceso de elaboración de KPI, se recomienda definir los KPI y presentarlos mediante Dashboard en Power BI. |
| Etapa 7. Implementación | | | | | | |
| Implementar el principio 1 - Mediciones de masa y ley | | | | | | |
| Medidas precisas basadas en mediciones precisas de masa | | x | | | | Se decidió realizar la calibración de las balanzas estáticas |
| Definir sistema completo de Check-in/ Check-out | | | | | x | En la tesis se presenta la definición del sistema CI/CO |
| Tener una transferencia de información unidireccional | x | | | | | Se utiliza registros manuales, se sugiere implementar un sistema informático que sea auditable. |
| Implementar el principio 2 - Evaluación de riesgos de las fuentes de información | | | | | | |
| Evaluación de riesgos de los inputs de la contabilidad basados en ISO 31000 u otro sistema de gestión de riesgos | x | | | | | Se recomienda implementar un sistema de gestión de riesgos basado en ISO 31000. |
| Aprobar informe de evaluación de riesgo | | x | | | | Se tiene diseñado un modelo de evaluación de riesgos, se recomienda continuar con la revisión y la aprobación del informe de evaluación de riesgos. |
| Asegurar la fuente de los datos que ingresan al sistema | x | | | | | Se utiliza registros manuales. Se recomienda iniciar una evaluación de riesgos a los datos manuales para que puedan sustentar la adquisición de un sistema informático. |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Implementar el principio 3 - Documentación del código | | | | | | |
| ¿Existe control de documentos del código AMIRA P754? | | | x | | | Siguen lineamientos de la ISO 9001. Sin embargo, se recomienda que deben alinear la cantidad de documentos con los requisitos que pide el Código AMIRA P754. |
| ¿Existe los registros de auditoría? | | | x | | | Se sugiere implementar registros de auditorías. |
| ¿Está documentado el algoritmo de cálculo y uso de los datos? | | x | | | | Se recomienda documentar el algoritmo de cálculo y uso de los datos. |
| Implementar el principio 4 - Auditorías | | | | | | |
| Definir auditorías de forma periódicas. | | | | x | | Se tiene un programa de auditorías |
| Documentar recomendaciones de las auditorías | | | | | x | Se cumple con documentar las recomendaciones de las auditorías |
| Implementar el principio 5 - Definición de KPI | | | | | | |
| Definir claramente los KPI | | | x | | | Se recomienda mejorar la definición de los KPI. |
| Mantener operativo LIMS y ERP | x | | | | | Se recomienda implementar LIMS y algún ERP. |
| Implementar estándar corporativo de LIMS | x | | | | | Actualmente utilizan Excel como fuente de registro de información, se recomienda gestionar un LIMS o mejorar la hoja de cálculo del Excel con un módulo de auditoría o control de cambios. Las hojas Excel pueden utilizarse si es que se asegura la integridad de la data, eso requiere una implementación con macros y programación VBA avanzada. |
| Emitir informe detallado junto con la respuesta de la administración | | | x | | | Se tiene definidos KPI genéricos que aun no se encuentran aprobados por la junta de administración del código AMIRA P754 |
| Emitir plan de acción firmado por la persona competente | | | | | x | El plan de acción se encuentra firmado por la persona competente |
| Implementar el principio 6 - Gestión de data | | | | | | |
| Mantener procedimientos claros para cambio de datos provisionales por data real | | | x | | | Se recomienda la revisión de los procedimientos, aplicar un ciclo de verificación de trabajo y la revisión constante de la gestión del cambio de datos provisionales. |
| Procedimentar gestión de datos inapropiados o nulos, junto con los niveles de autorización | | x | | | | Se recomienda construir un procedimiento de gestión de datos inapropiados que considere los niveles de riesgos |
| Implementar el principio 7 - Calidad de la data | | | | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Asegurar la calidad e integridad de la data | | x | | | | Se recomienda asegurar la calidad implementando adecuadamente un LIMS o un ERP. |
| Generar data suficiente para verificar la veracidad de la data | | | x | | | Se debe implementar un programa de generación de datos, el cual debe considerar la cantidad de data suficiente para poder verificar la veracidad de la data. |
| Evaluar la transferencia de datos para el balance | | | x | | | Se revisó la efectividad de la transferencia de la data la cual presenta muchas oportunidades de mejora. Se sugiere eliminar la transferencia manual de los datos. |
| Asegurar que los procedimientos computacionales están libres de sesgo | x | | | | | Se debe implementar un sistema de control de la información, como un LIMS o un ERP, el cual debe generar un informe o reporte de cálculo donde se asegure que esté libre de sesgo. |
| Implementar el principio 8 - Fijar objetivos de incertidumbre de la medición | | | | | | |
| Fijar el objetivo de incertidumbre en el muestreo de cada corriente | | | x | | | Se fija; sin embargo, se recomienda sustentarlo técnicamente con normas o data histórica. |
| Fijar el objetivo de incertidumbre en el análisis químico de cada corriente | | | x | | | El objetivo de incertidumbre se debe fijar en función a las normas de ensayo químico existentes o que se utilizan, siguiendo lo indicado en la norma ISO 17025 y en la guía de EURACHEM. |
| Mencionar incertidumbre actual de las mediciones en el Comité de Auditoría de la Unidad | x | | | | | Se recomienda indicar que las incertidumbres se encuentran en proceso de definición. |
| Evaluar si la incertidumbre debe ser informado a los accionistas | | | | | x | Se decide reservar el informe a los accionistas hasta que se obtengan las incertidumbres adecuadamente. |
| Implementar el principio 9 - Revisión de inventarios físicos | | | | | | |
| Verificar una vez al año el inventario físico de material en proceso | | | | | x | Se cumple con la revisión de los inventarios. Se recomienda procedimentar la verificación del inventario. |
| Definir procedimiento y nivel de autoridad para los ajustes de existencia (pérdidas o ganancias no contabilizadas) | | | | | x | Se cuenta con procedimiento, donde el gerente de la unidad es el responsable de firmar los ajustes de existencias |
| Implementar el principio 10 - Estimación de incertidumbres de las mediciones | | | | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Calcular o estimar la incertidumbre de las mediciones utilizadas | | | x | | | Se diseña procedimiento de cálculo de variaciones de las mediciones de masa |
| Calcular o estimar la incertidumbre en las balanzas | | x | | | | Se recomienda iniciar con la estimación de la incertidumbre de las balanzas en las mediciones de masa. |
| Calcular o estimar la incertidumbre en muestreo | | x | | | | Se recomienda iniciar el proceso de estimación de incertidumbre de muestreo según normas internacionales como por ejemplo: ISO 12743, ISO 17025, ISO 11794. |
| Calcular o estimar la incertidumbre en determinación de humedad | | x | | | | Se recomienda iniciar el proceso de determinación de la incertidumbre de la humedad tomando como referencia la ISO 10251. |
| Calcular o estimar la incertidumbre en el ensayo químico | x | | | | | Se recomienda iniciar el proceso de cálculo de incertidumbre según lineamientos de la ISO 17025 y las guías de EURACHEM. Es muy recomendable solicitar el soporte de una empresa externa especializada o de un consultor especializado en temas de acreditación en 17025 ante el INACAL. |
| Eliminar o reducir cualquier causante de sesgo según SACP y análisis de riesgos, Pareto, Ishikawa, etc | | | x | | | Siguen lineamientos de la ISO 9001. Es importante definir adecuadamente el SACP (solicitud de acciones correctivas preventivas). También se recomienda Procedimentar el uso de las demás herramientas de la calidad. |
| Reporte de excepciones | | | | | | |
| Indicar qué principio no se podrá cumplir | | | | x | | Se menciona que el principio 6 y 7 estarán en proceso, se requerirá la adquisición de un LIMS o de un ERP |
| Firmar Reporte de excepciones por persona competente | | x | | | | La persona competente designada se encuentra a espera del cumplimiento del Reporte de excepciones |
| Informar al comité de auditoría o a la Gerencia Corporativa | | | | x | | Se cumple con informar la existencia del Reporte de excepciones. |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | | | | | | |
| La unidad debe llevar a cabo auditorías internas para el mantenimiento propio de su sistema de gestión del código AMIRA P754 | | | | x | | La persona competente ha definido la frecuencia de auditorías internas con frecuencia de una vez al año. |
| Se implementa y mantiene eficazmente. | | | x | | | Existe procedimiento de auditorías internas. Se recomienda la revisión anual de los procedimientos. |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| La unidad debe planificar, establecer, implementar y mantener uno o varios programas de auditoría que incluyan la frecuencia, los métodos, las responsabilidades, los requisitos de planificación y la elaboración de informes, que deben tener en consideración la importancia de los procesos involucrados, los cambios que afecten a la organización y los resultados de las auditorías previas. | | | | | x | Se evidencia la existencia de los programas de auditorías |
| Definir los criterios de la auditoría y el alcance para cada auditoría | | | | | x | En el procedimiento han definido los criterios y alcance de la auditoría |
| Seleccionar los auditores y llevar a cabo auditorías para asegurarse de la objetividad y la imparcialidad del proceso de auditoría | | | | | x | El procedimiento menciona la selección de los auditores |
| Asegurarse de que los resultados de las auditorías se informen a la dirección pertinente | | | | | x | El procedimiento menciona que los resultados de la auditoría se deberán informar en una reunión |
| Etapa 9. Revisión General | | | | | | |
| Realizar las correcciones y tomar las acciones correctivas adecuadas sin demora injustificada | | | | x | | Se realiza las correcciones en el tiempo estimado. Se sugiere guardar las evidencias por un plazo de 5 años. |
| Conservar información documentada como evidencia de la implementación del programa de auditoría y de los resultados de las auditorías. | | | x | | | Se recomienda guardar documentación por cinco años. Se debe generar un procedimiento que indique claramente el tratamiento de la información documentada del programa de auditoría. |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | | | | | | |
| Generar las Acciones Correctivas y Preventivas de los resultados de la primera auditoría interna y la revisión general, para comenzar a trabajar sobre las observaciones y/o No Conformidades encontradas en el Sistema de contabilidad metalúrgica. | | | x | | | Se tiene diseñado un procedimiento para las acciones correctivas y preventivas. |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | | | | | | |
| Aplicar etapa 8 por segunda vez | | | x | | | En proceso. Se considera evaluar una segunda auditoría para mejorar la implementación de la Contabilidad Metalúrgica. |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | | | | | | |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | | | | | | |
| Aplicar etapa 10 por segunda vez | | | x | | | Diseñado, en el procedimiento se toma en cuenta las acciones correctivas y preventivas por segunda vez. |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | | | | | | |
| Identificar las observaciones que fueron No Conformidades y qué observaciones fueron Oportunidades de Mejora. | | | x | | | Mapeado en el procedimiento de análisis y mejora |
| Etapa 14. Auditoría Externa | | | | | | |
| Definir el equipo que hará la auditoría, puede ser un organismo externo o por el Corporativo de la compañía, o por un especialista en el tema ajeno a la compañía, también puede ser especialistas de las otras unidades del grupo. | | | x | | | Proceso mapeado en el procedimiento que se encuentra en fase de diseño. Se sugiere que se solicite el apoyo a una empresa externa especializada en Contabilidad Metalúrgica para el soporte de la auditoría externa. |
| Analizar los hallazgos | | | x | | | Se debe detallar las acciones de análisis de los hallazgos en el procedimiento de auditoría externa. Se sugiere definir plazos estipulados para el levantamiento de los hallazgos. |
| Levantar con SACP (solicitud de acción correctiva preventiva) | | | x | | | Se tiene un procedimiento según la ISO 9001. Se sugiere reforzar el procedimiento |
| Etapa 15. Mejora continua | | | | | | |
| Mejorar continuamente la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la Contabilidad Metalúrgica. | | | x | | | Se sugiere que se debe detallar en el procedimiento respectivo sobre la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la Contabilidad Metalúrgica. |
| Considerar los resultados del análisis, evaluación y las salidas de la revisión por la dirección para determinar si hay necesidades u oportunidades que deben considerarse como parte de la mejora continua. | | | x | | | Se debe considerar un procedimiento de mejora continua, que incluya la capacitación del personal responsable del Sistema de Gestión de la Contabilidad Metalúrgica en temas específicos de detección de oportunidades de mejora continua. |

Fuente: Propia

3.3.2. Metodología desarrollada para mediana minería

3.3.2.1. Evaluación de la memoria descriptiva

La planta concentradora está compuesta de dos circuitos, uno de carbón en lixiviación (CIL) y uno de flotación (FLOT) respectivamente y se encuentran ubicadas en el departamento de Arequipa, provincia de Caravelí, distrito de Chala, Fundo “Toda una vida”, altura Km. 618 de la Panamericana Sur. En la evaluación de esta tesis se consideró al circuito FLOT de minerales sulfurados – oxidados y cianuración de sus relaves previa concentración gravimétrica vía hidrociclón. Cabe indicar que esta planta procesa diferentes calidades de mineral y para objeto del presente estudio solo evaluó el comportamiento del mineral que ingresa en mayor volumen, en un tiempo de un mes.

La Sección de Flotación de Cobre tiene una Capacidad de tratamiento de 200 TPD y comprende las siguientes secciones: Almacenamiento de Mineral, Circuito de Molienda – Clasificación, Circuito de Flotación, Relave de flotación – Preconcentración – Cianuración, Circuito de Separación Sólido – Líquido, Despacho de concentrado, Circuito de Espesamiento – Almacenamiento de Relaves.

En la Figura 3.17 se muestra el FlowSheet de la planta de mediana minería que se evaluó para el estudio de esta tesis.

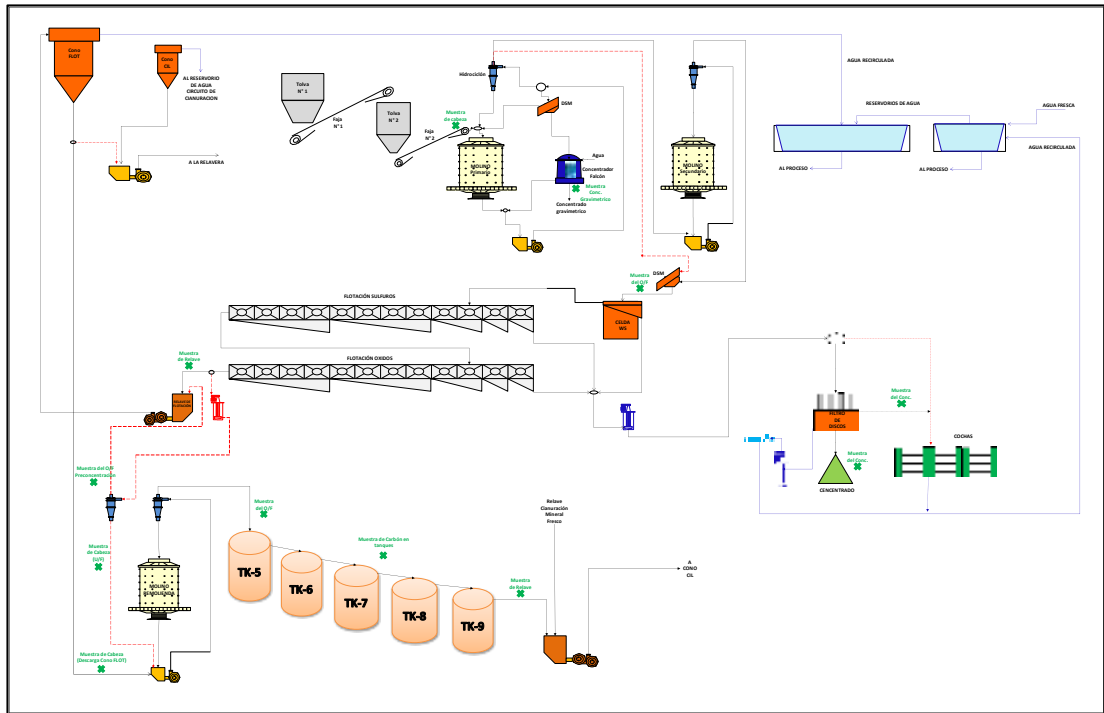


Figura 3.17. FlowSheet Planta concentradora Mediana Minería
Fuente: Cortesía de planta participante

3.3.2.2. Evaluación del sistema Check In- Check Out

Es importante analizar que en la Figura 3.17 las ubicaciones de las mediciones que se van a realizar. El sistema Check In- Check Out (CI/CO) propuesto se muestra en la Figura 3.18 donde se está considerando el inicio de la planta concentradora, como se puede apreciar, es importante controlar el mineral al ingreso. En la faja Nro. 2 actualmente no se tiene una balanza, la planta depende de los valores de tonelaje que le entrega el área comercial.

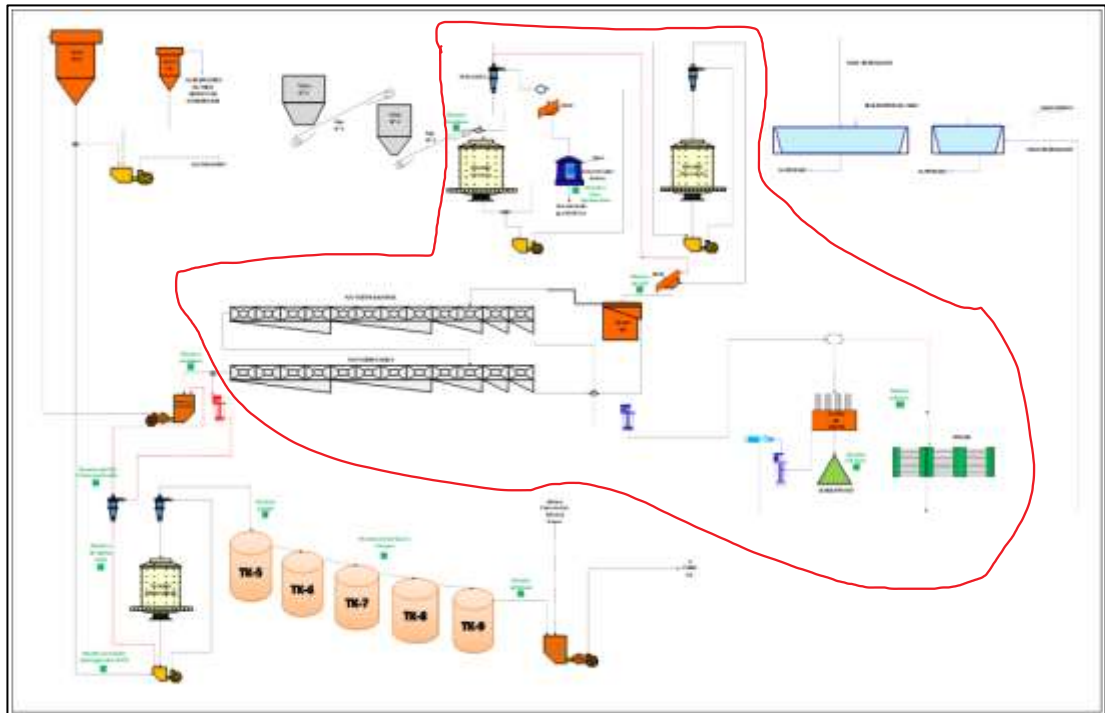


Figura 3.18. Definición del sistema CI/CO para Mediana minería
Fuente: Propia

3.3.2.3. Evaluación del sistema de medición de masas

Se encontró que no existe una balanza dinámica al ingreso del CI/CO, se sugiere la instalación de una balanza dinámica para controlar el ingreso de masa de mineral que procesa la planta. Actualmente utilizan el valor de peso que proviene de la balanza camionera, el valor es enviado por el área comercial que realiza la compra del mineral, los diversos desfases en tiempo suelen provocar discrepancias en la correcta medición de masa al alimento del circuito.

Al aplicar los criterios para la determinación de las mediciones de masa, se recogieron diversas observaciones. Las cuales se detallan en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Check-list desarrollado para Mediciones de masa en Mediana Minería

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|---------------------------|--|--|
| Certificación | El procedimiento, que es un requisito legal, por el cual un instrumento de medición de masa o volumen se aprueba como utilizable para Transferencia de Custodia y fines comerciales y, en términos de este Código, para la Contabilidad de Metales Primarios, que debe ser realizado a intervalos establecidos por la autoridad gubernamental o sus agentes autorizados. Los procedimientos se establecen en las leyes nacionales de metrología. | No cuentan con balanzas en el ingreso a su faja de alimentación, utilizan los reportes del área comercial. |
| Calibración | El procedimiento (según las normas de Metrología, las Recomendaciones de la OIML, el Manual del NIST, ISO u otras normas aplicables) para verificar un dispositivo de medición de masa o flujo, que debe realizarse a intervalos periódicos y con una frecuencia suficiente, para medir el error en el resultado informado por el dispositivo frente a una masa o volumen estándar conocido. Esto es con el fin de garantizar que las mediciones de masa o flujo informadas se mantengan dentro de la precisión requerida estipulada para la contabilidad de metales primarios o la transferencia de custodia. | La frecuencia de sus calibraciones no está según la guía OIML D10. |
| Reporte de excepciones | Requerido para todas las mediciones de masa / flujo en los casos en que no se puedan cumplir los requisitos del Código. Debe estar justificado plenamente con razones, un plan de mejora y aprobado por la Alta Dirección. | Se sabe que tienen que comprar una balanza dinámica para la faja de alimentación, se coloca en el reporte de excepciones. Se debe definir la fecha de adquisición. |
| Informe de no conformidad | Requerido para todas las mediciones de masa / flujo en los casos en que una Revisión de Contabilidad de Metales, interna o independiente, haya determinado que no se han cumplido los requisitos del Código y / o donde no hay un Informe de Excepción aprobado. Debe contener las razones por las que no se han cumplido los requisitos del Código y las recomendaciones de mejora, y debe ser firmado por el líder del equipo de auditoría interna o la Persona Competente (si es el resultado de una Revisión de Contabilidad de Metales independiente). | No aplica a esta etapa de la implementación. |
| Registros | Los registros de todos los resultados de las pruebas de certificación y calibración deben conservarse durante cinco años. Estos registros deben mostrar todos los resultados y errores medidos y documentar cualquier alteración y ajuste realizado en el instrumento y la instalación. | Se evidencia registros de hasta un año, se sugiere que la planta tenga registros hasta para 5 años. |

Fuente: Propia

3.3.2.4. Evaluación de los puntos de muestreo

Se revisó los puntos de muestreo, las observaciones se detallan en la Tabla 3.11, lo cual es de suma importancia para tener una medición del nivel de implementación del código AMIRA P754.

Tabla 3.11. Check-list desarrollado para Muestreo en Mediana Minería

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|--------------------------------|--|---|
| Tipo de muestreador | Si el muestreador principal es un muestreador transversal de una faja transportadora o de una pulpa. Si se trata de un muestreador de corriente cruzada, ¿cuáles son los criterios de diseño del sistema, p. Ej. tamaño del espacio, velocidad de corte, radial o paralelo, etc.? | El muestreador de cabeza no cumple los criterios de muestreo de pulpa según la ISO 11794. |
| Sistema de muestreo multietapa | Si es un sistema de muestreo de múltiples etapas: El número de etapas, si hay reducción de muestra entre etapas y el porcentaje de corte en cada etapa, junto con el porcentaje de corte total. La experimentación realizada para garantizar que la división de la muestra no introduzca una variación excesiva. | El sistema de muestreo multietapa no considera los criterios de masa de muestra mínima que se recomienda en la ISO 12743. |
| Intervalos de muestreo | El tiempo de muestreo entre los incrementos | Los intervalos de muestreo no están cumpliendo en ser homogéneos en tiempo y masa. |
| Tamaño del lote | Tamaño del lote, saber si es por turno o por cantidad de tonelaje | El tamaño de la muestra no cumple según lo indicados en la ISO 12743. |
| Submuestreo | Si se realiza alguna división de muestra adicional en la planta y, de ser así, detalles de cómo se hace. | El detalle de cuarteo de la muestra no sigue la recomendación de reducción de masa según la ISO 12743. |
| Condiciones de secado | Si el secado de muestra se realiza, mapear tiempo y duración de secado | No se evidenció tiempo prueba de secado de las muestras. |
| Etiquetado de muestras | Detalles de los rótulos de las muestras | Las muestras son correctamente etiquetadas. |

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|--|---|--|
| Revisión de calidad | Si el peso de la muestra en cada etapa está relacionado con el peso esperado en función de los flujos del proceso, el espacio del cortador, la velocidad del cortador y el intervalo de muestreo. | Se evidenció un control de calidad que realiza el área de laboratorio químico. |
| Inspección | La frecuencia de las inspecciones y el nivel del empleado. | Existen inspecciones, sin embargo, no existe un registro o documento que lo sustente. |
| Notificación y rectificación de fallas | El procedimiento de notificación de las fallas, su subsanación y visado por parte de la dirección. | Existe un control de registro de fallas, en modo manual, el cual tiene una oportunidad de mejora. |
| Reporte de excepciones | Los informes de incumplimiento del Código deben contener las razones del incumplimiento, planes de acción para alcanzar el cumplimiento | La principal excepción es la falta de instalación de muestreador que cumpla con la ISO 12743, por temas de presupuesto, existe intención de realizarlo y se declara en un CAPEX. |

Fuente: Propia

3.3.2.5. Evaluación del Ensayo Químico

Tabla 3.12. Check-list desarrollado para Ensayo Químico en Mediana Minería

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|-----------------------------|--|---|
| Acreditación | La naturaleza, la calidad y la idoneidad del procedimiento analítico deben confirmarse mediante la acreditación según la norma ISO 17025. | Los métodos de ensayo no se encuentran acreditados. |
| Análisis de muestra gemela | Detalles del sistema de muestra gemela, preferiblemente diferentes analistas en diferentes días, y la reproducibilidad medida. | En el QA/QC del laboratorio si consideran las muestras gemelas. |
| Materiales de referencia | Ya sea que los RM sean internos o CRM. En particular, cómo se obtuvieron y verificaron los valores aceptados. | Se cumple con tener trazabilidad de los Materiales de referencia del laboratorio. |
| Instrumentos de calibración | El número de estándares utilizados, linealidad del rango de calibración, reproducibilidad de la calibración, frecuencia de recalibración. Uso de estándares internos. Frecuencia de elaboración de los estándares y sus condiciones de almacenamiento. Fuente de los estándares primarios. | Cuentan con plan de calibración. |

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|--|--|--|
| Procedimientos de Control de Calidad | Uso de muestras de control de calidad, dividiendo los límites entre duplicados. | Cuentan con QAQC. |
| Procedimientos de Aseguramiento de Calidad | Ejercicio de Round Robin. | No realizan Round Robin. |
| Laboratorio Dirimente | Selección del laboratorio dirimente, medidas tomadas para mantener calidad del análisis. | No tienen definido algún laboratorio dirimente. |
| Mantenimiento | Contratos de mantenimiento, registros de mantenimiento. | Los mantenimientos de los equipos lo hacen internamente. |
| Notificación y rectificación de averías | El procedimiento de comunicación de averías, su subsanación y la aprobación por parte de la dirección. | Cuentan con un reporte de averías de sus equipos. |
| Reporte de excepciones | Los informes de incumplimiento del Código deben contener las razones del incumplimiento, planes de acción para lograr el cumplimiento y ser aprobados por la Persona Competente. | Se comprometen a realizar round robin una vez al año. |

Fuente: Propia

3.3.2.6. Evaluación de los Reportes

Tabla 3.13. Check-list desarrollado para los Reportes en Mediana Minería

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|--|---|--|
| Balance de metal | Componentes deseados durante el período del informe, oportunamente a la gerencia de planta y a los contadores financieros | Se reporta balances diaria y mensualmente. |
| Indicadores clave de rendimiento (KPI) | Tonelajes y grados de alimentación y productos; recuperaciones, responsabilidades; reportado contra cifras significativas; incertidumbres de todas las salidas informadas; comparaciones históricas para ayudar a monitorear las tendencias a largo plazo | Cuentan con indicadores. |
| Trazabilidad | A todas las fuentes de ingreso | Realizan trazabilidad. |
| Fuentes de datos | Se minimizan las entradas manuales y se maximiza la recopilación automática de datos de los sistemas SCADA o LIMS | Cuentan con reportes en Excel con registro a sus servidores. |

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|---------------------------------|---|--|
| Preparación | Personal adecuadamente capacitado, que comprenda la fuente y el significado de los inputs | No se cuentan con registros físicos de las capacitaciones al personal. |
| Ajustes o alteraciones | Solo con la autorización por escrito de la persona responsable y registrado para fines de revisión. | No se ha evidenciado modificaciones. |
| Conciliación de balance de masa | Solo a través de un procedimiento aprobado para identificar las entradas sujetas a errores ilegítimos (espurios), para determinar el sesgo y para facilitar las acciones correctivas. | El procedimiento vigente no considera ajustes en el balance de masa. |
| Aprobación | Revisado y aprobado por el Comité de Contabilidad del Metal, o equivalente, para su posterior aprobación por el Comité de Auditoría. | Se encuentra en proceso de revisión. |

Fuente: Propia

3.3.2.7. Uso de la lista de verificación para Mediana Minería

De los resultados obtenidos de las tablas Tabla 3.10, Tabla 3.11, Tabla 3.12 y Tabla 3.13, se puede responder las preguntas de la Tabla 3.1. Lista de verificación AMIRA P754, para obtener una Lista de verificación para el análisis de la Mediana Minería que se detalla en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14. Lista de verificación AMIRA P754 para Mediana Minería

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | | | | | | |
| ¿Cómo y en qué estado se encuentra la unidad? (Está comenzando, con sistemas y procesos o sin ellos, preparados para un cambio, etc.), | | x | | | | La unidad al iniciar el proceso no contaba con procesos mapeados y ahora ya se encuentra en inicio de desarrollo. |
| ¿Qué es lo que está haciendo en el presente? (Para el control de sus operaciones, relación con clientes y otros recursos), | | x | | | | Se han realizado reuniones de implementación, se recomienda continuar con la definición de recursos. |
| ¿Se cuenta con aprobación de la alta dirección para el inicio de la implementación? | | | | x | | Sí se cuenta con la aprobación de la alta dirección para la implementación. |
| ¿Se tiene definido la política de la contabilidad? | | | | x | | Se definió con la consultoría realizada durante la tesis |
| ¿Los requisitos de estas partes interesadas que son pertinentes para el sistema de contabilidad metalúrgica? | | | | x | | Las necesidades de la operación se alinean a los objetivos de la implementación del código AMIRA P754 |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | | | | | | |
| Seleccionar junta de administración de auditoría en la unidad | | | x | | | Se ponen de acuerdo para realizar la junta de administración. Se recomienda continuar con la formalización de la junta de administración de auditoría. |
| Seleccionar persona competente en la alta dirección de la unidad | | | | x | | Se define al jefe de laboratorio químico y metalúrgico como persona competente. |
| Está definido los plazos para realizar el mapeo de procesos | | | x | | | Se tiene un programa para cumplir con el mapeo de los procesos |
| Memoria descriptiva de la Planta Concentradora | | | | x | | Se cuenta con una memoria descriptiva. |
| Flowsheet de la Planta Concentradora | | | | x | | Se cuenta con el Flowsheet de la planta concentradora |
| Está realizado el mapa de procesos | | | | x | | Se encuentra en un avance por encima del 60% |
| Análisis del mapa de procesos | | | | x | | El análisis del mapa se hace en función al avance |
| Aprobación del mapa de procesos | | | | x | | La aprobación del mapa se realiza en función a los avances |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | | | | | | |
| Realizar la política de cada unidad alineada a la política corporativa | | | | x | | Se cuenta con política de contabilidad metalúrgica alineada a la política corporativa. |
| La política está aceptada por la Alta Dirección | | | x | | | Se encuentra aceptada mediante firma del superintendente de Planta Concentradora |
| Se tiene capacitaciones o campañas de difusión de la política | | x | | | | Se continúa con la difusión de la política |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | | | | | | |
| Definición de la lista maestra de procedimientos y formatos | | x | | | | La definición de la lista maestra se encuentra en proceso continuo de actualización. Es por esta razón que se califica como parcialmente diseñada. |
| Procedimientos de medición de masas | | x | | | | El procedimiento se encuentra en elaboración, debido a que se está revisando las ubicaciones de las balanzas y de la forma del control de tonelaje en la alimentación. |
| Procedimientos de medición de humedad | | x | | | | En proceso de generación de procedimientos. Para la determinación de la humedad en concentrados se está implementando el análisis según ISO 10251. |
| Procedimientos de medición de leyes | | | x | | | El laboratorio cuenta con métodos y QA/QC para los ensayos químicos. Sin embargo, se recomienda continuar con la implementación de métodos de ensayo según la ISO 17025. |
| Procedimientos de estimación de incertidumbre en la medición de masas | x | | | | | Procedimiento en evaluación, se recomienda definir la incertidumbre para la medición de las masas en alimentación de cabeza y salida de concentrados. |
| Procedimientos de estimación de incertidumbre en la medición de humedad | x | | | | | Alineándose al ISO 17025 para estimar incertidumbres según los lineamientos de la ISO 10251 para determinación de humedad. |
| Procedimientos de estimación de incertidumbre en la medición de leyes | x | | | | | Se sugiere alinearse al ISO 17025 para estimar incertidumbres. Para las leyes del producto final de concentrados, se recomienda que la medición de la incertidumbre incluya la incertidumbre del muestreo, sea ésta en la faja luego del filtrado de concentrados o del muestreo de camiones en el despacho de los concentrados. |
| Instructivos de trabajos alineados a los procedimientos | | | x | | | Se recomienda utilizar el software Bizagi o VISIO para realizar los instructivos según las condiciones del BPM (Business Process Modeling). |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | | | | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Contiene todos los procedimientos documentados de la organización en todos sus niveles. | x | | | | | En proceso debido a que se encuentran cumpliendo con la elaboración de los procedimientos. |
| Aprobación del manual por la alta dirección | x | | | | | El manual de contabilidad se encuentra en elaboración, por ello se da un puntaje de 1 en la escala de Likert. |
| Etapa 6. Capacitación | | | | | | |
| capacitar a todo el personal sobre el tema y la importancia del código | | x | | | | La capacitación se encuentra parcialmente diseñada. Se recomienda que se debe considerar una empresa externa que apoye en las capacitaciones al personal responsable. |
| La alta dirección de cada unidad debe saber cuáles son los objetivos y las nuevas políticas | x | | | | | Los objetivos presentan un avance y la alta dirección se encuentra a la espera de conocer los objetivos finales de la implementación. |
| ¿Cuáles son los controles e indicadores a seguir (KPI)? | x | | | | | En proceso de elaboración de KPI, se recomienda definir los KPI y presentarlos mediante un desarrollo digital como un Dashboard ejecutado en el programa Power BI. |
| Etapa 7. Implementación | | | | | | |
| Implementar el principio 1 - Mediciones de masa y ley | | | | | | |
| Medidas precisas basadas en mediciones precisas de masa | x | | | | | Actualmente no miden la masa, el valor se les entrega por parte del área comercial y asumen ese resultado como el valor final. Se sugiere implementar una balanza dinámica a la alimentación de la planta. |
| Definir sistema completo de Check-in/ Check-out | | | | x | | Se definió durante la presentación de la propuesta |
| Tener una transferencia de información unidireccional | x | | | | | Se utiliza registros manuales, se sugiere implementar un sistema informático que sea auditable. |
| Implementar el principio 2 - Evaluación de riesgos de las fuentes de información | | | | | | |
| Evaluación de riesgos de los inputs de la contabilidad basados en ISO 31000 u otro sistema de gestión de riesgos | x | | | | | Se recomienda implementar un sistema de gestión de riesgos basado en ISO 31000. |
| Aprobar informe de evaluación de riesgo | x | | | | | Se tiene diseñado un modelo de evaluación de riesgos, se recomienda continuar con la revisión y la aprobación del informe de evaluación de riesgos. |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Asegurar la fuente de los datos que ingresan al sistema | x | | | | | Se utiliza registros manuales. Se recomienda iniciar una evaluación de riesgos a los datos manuales para que puedan sustentar la adquisición de un sistema informático. |
| Implementar el principio 3 - Documentación del código | | | | | | |
| ¿Existe control de documentos del código AMIRA P754? | | x | | | | Siguen lineamientos de la ISO 9001. Sin embargo, se recomienda que deben alinear la cantidad de documentos con los requisitos que pide el Código AMIRA P754. |
| ¿Existe los registros de auditoría? | x | | | | | Se sugiere implementar registros de auditorías. |
| ¿Está documentado el algoritmo de cálculo y uso de los datos? | | x | | | | Se recomienda documentar el algoritmo de cálculo y uso de los datos. |
| Implementar el principio 4 - Auditorías | | | | | | |
| Definir auditorías de forma periódicas. | | x | | | | Se define auditorías cada 6 meses |
| Documentar recomendaciones de las auditorías | | x | | | | Siguen lineamientos de la ISO 9001 |
| Implementar el principio 5 - Definición de KPI | | | | | | |
| Definir claramente los KPI | | x | | | | Se recomienda mejorar la definición de los KPI. |
| Mantener operativo LIMS y ERP | x | | | | | Se recomienda implementar LIMS y algún ERP. |
| Implementar estándar corporativo de LIMS | | x | | | | Actualmente utilizan Excel como fuente de registro de información, se recomienda gestionar un LIMS o mejorar la hoja de cálculo del Excel con un módulo de auditoría o control de cambios. Las hojas Excel pueden utilizarse si es que se asegura la integridad de la data, eso requiere una implementación con macros y programación VBA avanzada. |
| Emitir informe detallado junto con la respuesta de la administración | | x | | | | Se tiene definidos KPI genéricos que aún no se encuentran aprobados por la junta de administración del código AMIRA P754 |
| Emitir plan de acción firmado por la persona competente | | x | | | | La persona competente se encuentra a espera que se termine de realizar el plan de acción de la ejecución de los KPI. |
| Implementar el principio 6 - Gestión de data | | | | | | |
| Mantener procedimientos claros para cambio de datos provisionales por data real | x | | | | | Se recomienda la revisión de los procedimientos, aplicar un ciclo de verificación de trabajo y la revisión constante de la gestión del cambio de datos provisionales. |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Procedimentar gestión de datos inapropiados o nulos, junto con los niveles de autorización | x | | | | | Se recomienda construir un procedimiento de gestión de datos inapropiados que considere los niveles de riesgos |
| Implementar el principio 7 - Calidad de la data | | | | | | |
| Asegurar la calidad e integridad de la data | x | | | | | Se recomienda asegurar la calidad implementando adecuadamente un LIMS o un ERP. |
| Generar data suficiente para verificar la veracidad de la data | x | | | | | Se debe implementar un programa de generación de datos, el cual debe considerar la cantidad de data suficiente para poder verificar la veracidad de la data. |
| Evaluar la transferencia de datos para el balance | | x | | | | Se revisó la efectividad de la transferencia de la data la cual presenta muchas oportunidades de mejora. Se sugiere eliminar la transferencia manual de los datos. |
| Asegurar que los procedimientos computacionales están libres de sesgo | x | | | | | Se debe implementar un sistema de control de la información, como un LIMS o un ERP, el cual debe generar un informe o reporte de cálculo donde se asegure que esté libre de sesgo. |
| Implementar el principio 8 - Fijar objetivos de incertidumbre de la medición | | | | | | |
| Fijar el objetivo de incertidumbre que se quiere tener en el muestreo de cada corriente | | x | | | | Se fija; sin embargo, se recomienda sustentarlo técnicamente con normas o data histórica. |
| Fijar el objetivo de incertidumbre que se quiere tener en el análisis químico de cada corriente | x | | | | | El objetivo de incertidumbre se debe fijar en función a las normas de ensayo químico existentes o que se utilizan, siguiendo lo indicado en la norma ISO 17025 y en la guía de EURACHEM. |
| Mencionar incertidumbre actual de las mediciones en el Comité de Auditoría de la Unidad | x | | | | | Se recomienda indicar que las incertidumbres se encuentran en proceso de definición. |
| Evaluar si la incertidumbre debe ser informada a los accionistas | | x | | | | Se decide reservar el informe a los accionistas hasta que se obtengan las incertidumbres adecuadamente. |
| Implementar el principio 9 - Revisión de inventarios físicos | | | | | | |
| Verificar una vez al año el inventario físico de material en proceso | | | | x | | Se cumple con la revisión de los inventarios. Se recomienda procedimentar la verificación del inventario. |
| Definir procedimiento y nivel de autoridad para los ajustes de existencia (pérdidas o ganancias no contabilizadas) | | | | x | | Se cuenta con procedimiento, en el cual el gerente de la unidad es el responsable de firmar los ajustes de existencias. |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Implementar el principio 10 - Estimación de incertidumbres de las mediciones | | | | | | |
| Calcular o estimar la incertidumbre de las mediciones utilizadas | x | | | | | En proceso, se requiere la aprobación de presupuesto para determinar las incertidumbres de las leyes químicas |
| Calcular o estimar la incertidumbre en las balanzas | x | | | | | Se recomienda iniciar con la estimación de la incertidumbre de las balanzas en las mediciones de masa. |
| Calcular o estimar la incertidumbre en muestreo | x | | | | | Se recomienda iniciar el proceso de estimación de incertidumbre de muestreo según normas internacionales como, por ejemplo: ISO 12743, ISO 17025, ISO 11794. |
| Calcular o estimar la incertidumbre en determinación de humedad | x | | | | | Se recomienda iniciar el proceso de determinación de la incertidumbre de la humedad tomando como referencia la ISO 10251. |
| Calcular o estimar la incertidumbre en el ensayo químico | x | | | | | Se recomienda iniciar el proceso de cálculo de incertidumbre según lineamientos de la ISO 17025 y las guías de EURACHEM. Es muy recomendable solicitar el soporte de una empresa externa especializada o de un consultor especializado en temas de acreditación en 17025 ante el INACAL. |
| Eliminar o reducir cualquier causante de sesgo según SACP y análisis de riesgos, Pareto, Ishikawa, etc | | | x | | | Siguen lineamientos de la ISO 9001. Es importante definir adecuadamente el SACP (solicitud de acciones correctivas preventivas). También se recomienda Procedimentar el uso de las demás herramientas de la calidad. |
| Reporte de excepciones | | | | | | |
| Indicar qué principio no se podrá cumplir | | x | | | | Se menciona que el principio 6 y 7 estarán en proceso, se requerirá la adquisición de un LIMS o de un ERP |
| Firmar Reporte de excepciones por persona competente | | x | | | | La persona competente designada se encuentra a espera del cumplimiento del Reporte de excepciones |
| Informar al comité de auditoría o a la Gerencia Corporativa | | | x | | | Se tiene diseñado los procedimientos de la comunicación formal al comité de auditoría o a la Gerencia corporativa. |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | | | | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| La unidad debe llevar a cabo auditorías internas para el mantenimiento propio de su sistema de gestión del código AMIRA P754 | | | | x | | La persona competente ha definido la frecuencia de auditorías internas con frecuencia de una vez al año. |
| Se implementa y mantiene eficazmente. | | | | x | | Existe procedimiento de auditorías internas. Se recomienda la revisión anual de los procedimientos. |
| La unidad debe planificar, establecer, implementar y mantener uno o varios programas de auditoría que incluyan la frecuencia, los métodos, las responsabilidades, los requisitos de planificación y la elaboración de informes, que deben tener en consideración la importancia de los procesos involucrados, los cambios que afecten a la organización y los resultados de las auditorías previas. | | | | | x | Se evidencia la existencia de ls programas de auditorías. |
| Definir los criterios de la auditoría y el alcance para cada auditoría | | | | | x | En el procedimiento han definido los criterios y alcance de la auditoría |
| Seleccionar los auditores y llevar a cabo auditorías para asegurarse de la objetividad y la imparcialidad del proceso de auditoría | | | | | x | El procedimiento menciona la selección de los auditores |
| Asegurarse de que los resultados de las auditorías se informen a la dirección pertinente | | | | | x | El procedimiento menciona que los resultados de la auditoría se deberán informar en una reunión formal. |
| Etapa 9. Revisión General | | | | | | |
| Realizar las correcciones y tomar las acciones correctivas adecuadas sin demora injustificada | | | | x | | Se realiza las correcciones en el tiempo estimado. Se sugiere guardar las evidencias por un plazo de 5 años. |
| Conservar información documentada como evidencia de la implementación del programa de auditoría y de los resultados de las auditorías. | x | | | | | Se recomienda guardar documentación por cinco años. Se debe generar un procedimiento que indique claramente el tratamiento de la información documentada del programa de auditoría. |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | | | | | | |
| Generar las Acciones Correctivas y Preventivas de los resultados de la primera auditoría interna y la revisión general, para comenzar a trabajar sobre las observaciones y/o No Conformidades encontradas en el Sistema de contabilidad metalúrgica. | | | x | | | Se tiene diseñado un procedimiento para las acciones correctivas y preventivas. |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | | | | | | |
| Aplicar etapa 8 por segunda vez | | | x | | | En proceso, porque está en función de los resultados de la primera auditoría interna. |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | | | | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Aplicar etapa 10 por segunda vez | | | x | | | Diseñado, en el procedimiento se toma en cuenta las acciones correctivas y preventivas por segunda vez. |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | | | | | | |
| Identificar las observaciones que fueron No Conformidades y qué observaciones fueron Oportunidades de Mejora. | | | x | | | Mapeado en el procedimiento de análisis y mejora |
| Etapa 14. Auditoría Externa | | | | | | |
| Definir el equipo que hará la auditoría, puede ser un organismo externo o por el Corporativo de la compañía, o por un especialista en el tema ajeno a la compañía, también puede ser especialistas de las otras unidades del grupo. | | | x | | | Proceso mapeado en el procedimiento que se encuentra en fase de diseño. Se sugiere que se solicite el apoyo a una empresa externa especializada en Contabilidad Metalúrgica para el soporte de la auditoría externa. |
| Analizar los hallazgos | | | x | | | Se debe detallar las acciones de análisis de los hallazgos en el procedimiento de auditoría externa. Se sugiere definir plazos estipulados para el levantamiento de los hallazgos. |
| Levantar con SACP (solicitud de acción correctiva preventiva) | | | x | | | Se tiene un procedimiento según la ISO 9001. Se sugiere reforzar el procedimiento |
| Etapa 15. Mejora continua | | | | | | |
| Mejorar continuamente la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la Contabilidad Metalúrgica. | | | x | | | Se sugiere que se debe detallar en el procedimiento respectivo sobre la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la Contabilidad Metalúrgica. |
| Considerar los resultados del análisis, evaluación y las salidas de la revisión por la dirección para determinar si hay necesidades u oportunidades que deben considerarse como parte de la mejora continua. | x | | | | | Se debe considerar un procedimiento de mejora continua, que incluya la capacitación del personal responsable del Sistema de Gestión de la Contabilidad Metalúrgica en temas específicos de detección de oportunidades de mejora continua. |

Fuente: Propia

3.3.3. Metodología desarrollada para Gran Minería

Para la evaluación de la implementación del método en gran minería se consideró el modelo de una planta típica de concentrados de cobre del Perú.

3.3.3.1. Evaluación de la memoria descriptiva

La alimentación de mineral a Chancado está a cargo de Operaciones Mina y se realiza en camiones 793-F CAT de 240 Toneladas, descargándose a la cámara de chancado, donde por gravedad ingresa el mineral a la chancadora primaria. El objetivo de la sección de Chancado Primario es reducir el tamaño del mineral desde F80 = 450 milímetros hasta un P80 de 115 milímetros.

La planta de estudio tiene dos molinos SAG de 36' x 26.5' y cada molino es accionado con dos motores de 8000 KW c/u. Cada línea de molienda utiliza una batería de 17 hidrociclones GMax-26, donde el U/F (Under Flow) es alimentado a los molinos de bolas (Molienda Secundaria) y el O/F (Over Flow) al circuito de flotación cobre-molibdeno con un P80 de 145 micrones. Se cuenta con dos molinos de bolas de 26' x 41' uno para cada línea, donde cada molino es accionado por dos motores de 8000 KW c/u, los cuales son alimentados por el U/F (Under Flow) de las baterías de ciclones y descargan al cajón de recepción de pulpa. Además, cuentan con los siguientes procesos: Flotación, Flotación Bulk (etapa Rougher). Remolienda de concentrado Bulk. Flotación Diferencial de Cobre/Molibdeno, Espesamiento y filtrado de concentrados, Espesamiento y Transporte de Relaves. Disposición de Relaves.

3.3.3.2. Evaluación del sistema Check In- Check Out

Es importante analizar las ubicaciones de las mediciones que se van a realizar. El sistema Check In- Check Out (CI/CO) propuesto se está considerando el inicio de la planta concentradora, como se puede apreciar, es importante controlar el mineral que alimenta al SAG debido a que existen corrientes de pebbles. El CI/CO de esta planta se considera la salida de los concentrados luego de que se son pesados en camiones hasta el puerto. Según recomendaciones de Pitard (2009) sobre la salida de los relaves, es importante considerar luego del espesador de relaves debido a que existe una línea de reingreso a las operaciones.

3.3.3.3. Evaluación del sistema de medición de masas

Tabla 3.15. Check-list desarrollado para Mediciones de masa en Gran Minería

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|---------------|--|---|
| Certificación | El procedimiento, que es un requisito legal, por el cual un instrumento de medición de masa o volumen se aprueba como utilizable para Transferencia de Custodia y fines comerciales y, en términos de este Código, para la Contabilidad de Metales Primarios, que debe ser realizado a intervalos establecidos por la autoridad gubernamental o sus agentes autorizados. Los procedimientos se establecen en las leyes nacionales de metrología. | Se cuenta con balanza dinámica a la alimentación de las plantas con certificación. La balanza es en faja y se controla el tonelaje a la sala de control |
| Calibración | El procedimiento (según las normas de Metrología, las Recomendaciones de la OIML, el Manual del NIST, ISO u otras normas aplicables) para verificar un dispositivo de medición de masa o flujo, que debe realizarse a intervalos periódicos y con una frecuencia suficiente, para medir el error en el resultado informado por el dispositivo frente a una masa o volumen estándar conocido. Esto es con el fin de garantizar que las mediciones de masa o flujo informadas se mantengan dentro de la precisión requerida estipulada para la contabilidad de metales primarios o la transferencia de custodia. | Sí se cuenta con frecuencia de calibraciones de entre 6 meses a un año |

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|---------------------------|---|--|
| Reporte de excepciones | Requerido para todas las mediciones de masa / flujo en los casos en que no se puedan cumplir los requisitos del Código. Debe estar justificado plenamente con razones, un plan de mejora y aprobado por la Alta Dirección. | No aplica |
| Informe de no conformidad | Requerido para todas las mediciones de masa / flujo en los casos en que una Revisión de Contabilidad de Metales, interna o independiente, haya determinado que no se han cumplido los requisitos del Código y / o donde no hay un Informe de Excepción aprobado. Debe contener las razones por las que no se han cumplido los requisitos del Código y las recomendaciones de mejora, y debe ser firmado por el líder del equipo de auditoría interna o la Persona Competente (si es el resultado de una Revisión de Contabilidad de Metales independiente). | No aplica |
| Registros | Los registros de todos los resultados de las pruebas de certificación y calibración deben conservarse durante cinco años. Estos registros deben mostrar todos los resultados y errores medidos y documentar cualquier alteración y ajuste realizado en el instrumento y la instalación. | Se tienen documentado el valor de los errores de las balanzas, se sugiere realizar una evaluación metrológica y utilizar los valores de los certificados de calibración. El span no se debe cambiar porque viene de fábrica, en cada nueva calibración o mantenimiento se debe revisar el ajuste "Zero". |

Fuente: Propia

3.3.3.4. Evaluación de los puntos de muestreo

Tabla 3.16. Check-list desarrollado para Muestreo en Gran Minería

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|--------------------------------|---|---|
| Tipo de muestreador | Si el muestreador principal es un muestreador transversal de una faja transportadora o de una pulpa. Si se trata de un muestreador de corriente cruzada, ¿cuáles son los criterios de diseño del sistema, p. Ej. tamaño del espacio, velocidad de corte, radial o paralelo, etc.? | Debido al tamaño de -6" de P80 en la faja de alimentación, la cabeza se toma a la salida del OverFlow del nido de hidrociclones. Se recomienda tomar la muestra con cortador transversal recto distinto al procedimiento actual que utiliza cortador metalúrgico con rifles longitudinales. |
| Sistema de muestreo multietapa | Si es un sistema de muestreo de múltiples etapas: El número de etapas, si hay reducción de muestra entre etapas y el porcentaje de corte en cada etapa, junto con el porcentaje de corte total. La experimentación realizada para garantizar que la división de la | El sistema de muestreo multietapa actual (muestreador metalúrgico de rifles) no considera los criterios de la ISO 11794, se sugiere un muestreo primario de trayectoria recta, seguido de un muestreador secundario de trayectoria |

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|------------------------|---|---|
| | muestra no introduzca una variación excesiva. | recta y un terciario de un cortador rotatorio. |
| Intervalos de muestreo | El tiempo de muestreo entre los incrementos | Los intervalos de muestreo son de intervalos constantes. |
| Tamaño del lote | Tamaño del lote, saber si es por turno o por cantidad de tonelaje | Se sugiere revisar las normas de muestreo según la ISO 11794 y ISO 12743. |
| Submuestreo | Si se realiza alguna división de muestra adicional en la planta y, de ser así, detalles de cómo se hace. | El detalle de cuarteo de la muestra no sigue la recomendación de reducción de masa según la ISO 12743, donde se debe especificar la cantidad de muestra que se debe obtener. |
| Condiciones de secado | Si el secado de muestra se realiza, mapear tiempo y duración de secado | Si bien es cierto no existe una norma de tiempo de secado para cabeza, se sugiere alinear a la norma ISO 10251 que menciona que el tiempo de secado debe ser a "masa constante". |
| Etiquetado de muestras | Detalles de los rótulos de las muestras | Las muestras son correctamente rotuladas, y acopiadas en depósitos etiquetado. Se sugiere que los sistemas de muestreo sean custodiados. |
| Revisión de calidad | Si el peso de la muestra en cada etapa está relacionado con el peso esperado en función de los flujos del proceso, el espacio del cortador, la velocidad del cortador y el intervalo de muestreo. | Se evidenció un control de calidad que realiza el área de laboratorio químico. Se sugiere un procedimiento detallado de custodia de muestras que considere plan de acción cuando el sistema de muestreo falle, como por ejemplo sistema sonoro, conexión al panel de control de avisos de fallas, y qué acción tomar cuando no haya muestra, que debe quedar en el procedimiento qué ley considerar cuando la muestra no es representativa (o no haya), por ejemplo, considerar promedio de las últimas guardas, del día anterior, etc. |
| Inspección | La frecuencia de las inspecciones y el nivel del empleado. | Se ha evidencia que no existe un procedimiento de inspección de muestreador, y el control rutinario que se realiza no se documenta. Según indica el código AMIRA P754, se sugiere documentar las inspecciones con una frecuencia de inicio de guardia y registros de inspecciones. |

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|--|---|---|
| Notificación y rectificación de fallas | El procedimiento de notificación de las fallas, su subsanación y visado por parte de la dirección. | Según indica el Código AMIRA (Sección 4 de muestreo y sección 8 de reportes) se debe tener un buen registro de control de fallas. |
| Reporte de excepciones | Los informes de incumplimiento del Código deben contener las razones del incumplimiento, planes de acción para alcanzar el cumplimiento | No aplica. |

Fuente: Propia

3.3.3.5. Evaluación del Ensayo Químico

El desempeño del Laboratorio Químico y del control de calidad resulta ser de suma importancia en un proceso de Contabilidad Metalúrgica, en la Tabla 3.17 se muestra los resultados obtenidos luego de evaluar al laboratorio químico típico de la gran minería, resalta que es ya común tener laboratorios que funcionan bajo las condiciones de la ISO 17025, inclusive es posible encontrar laboratorios ya acreditados en ISO 17025 ante el INACAL, pero es en los concentrados de cobre.

Tabla 3.17. Check-list desarrollado para Ensayo Químico en Gran Minería

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|----------------------------|---|--|
| Acreditación | La naturaleza, la calidad y la idoneidad del procedimiento analítico deben confirmarse mediante la acreditación según la norma ISO 17025. | Existe una tendencia en la acreditación ISO 17025 para concentrados, se recomienda que todos los inputs como cabeza o relave (según sea el caso) que sean ensayos químicos acreditados |
| Análisis de muestra gemela | Detalles del sistema de muestra gemela, preferiblemente diferentes analistas en diferentes días, y la reproducibilidad medida. | Sí cumple, en el procedimiento de Control de Calidad está considerado el análisis de muestra gemela. |
| Materiales de referencia | Ya sea que los RM sean internos o CRM. En particular, cómo se obtuvieron y verificaron los valores aceptados. | Sí cumple, el Laboratorio cuenta con materiales de referencia certificados (CRM) debidamente verificados. |

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|--|--|--|
| Instrumentos de calibración | El número de estándares utilizados, linealidad del rango de calibración, reproducibilidad de la calibración, frecuencia de recalibración. Uso de estándares internos. Frecuencia de elaboración de los estándares y sus condiciones de almacenamiento. Fuente de los estándares primarios. | Sí cumple, sin embargo, se sugiere que este punto esté alineado a la ISO 17025 e ISO 9001. |
| Procedimientos de Control de Calidad | Uso de muestras de control de calidad, dividiendo los límites entre duplicados. | Sí cumple, se evidencia que se utiliza un adecuado procedimiento de control de calidad; sin embargo, se recomienda la acreditación en ISO 17025 en los métodos que generan leyes químicas para el balance metalúrgico. |
| Procedimientos de Aseguramiento de Calidad | Ejercicio de Round Robin | Sí cumple, realizan un procedimiento de pruebas interlaboratorio. |
| Laboratorio Dirimente | Selección del laboratorio dirimente, medidas tomadas para mantener calidad del análisis. | Es una práctica común tener un laboratorio definido para las dirimencias, inclusive se menciona en los contratos de comercialización |
| Mantenimiento | Contratos de mantenimiento, registros de mantenimiento. | Sí cumple, se evidencia registros de mantenimiento. |
| Notificación y rectificación de averías | El procedimiento de comunicación de averías, su subsanación y la aprobación por parte de la dirección. | Sí cumple, se recomienda mejorar con un sistema digital para agilizar el reporte de las fallas. |
| Reporte de excepciones | Los informes de incumplimiento del Código deben contener las razones del incumplimiento, planes de acción para lograr el cumplimiento y ser aprobados por la Persona Competente. | No aplica. No se ha determinado excepciones para la implementación. |

Fuente: Propia

3.3.3.6. Evaluación de los Reportes

Tabla 3.18. Check-list desarrollado para los Reportes en Gran Minería

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|------------------|---|---|
| Balance de metal | Componentes deseados durante el período del informe, oportunamente a la gerencia de planta y a los contadores financieros | Se reporta diariamente considerando peso de concentrado despachado (balanza camionera). |

| CRITERIO | DESCRIPCIÓN | COMENTARIO |
|--|---|---|
| Indicadores clave de rendimiento (KPI) | Tonelajes y grados de alimentación y productos; recuperaciones, responsabilidades; reportado contra cifras significativas; incertidumbres de todas las salidas informadas; comparaciones históricas para ayudar a monitorear las tendencias a largo plazo | Se cuenta con área estadística de producción que depende directamente de la gerencia de planta concentradora, la cual lleva todos los registros y reportes; se mantienen los archivos y se realiza por tipo de mineral. |
| Trazabilidad | A todas las fuentes de ingreso | Sí se cuenta con seguridad de la información, se sugiere alinearlos a la ISO 27000 debido a que en el código AMIRA P754 recomienda que las bases de datos (BBDD) deben estar alineadas a normas internacionales. |
| Fuentes de datos | Se minimizan las entradas manuales y se maximiza la recopilación automática de datos de los sistemas SCADA o LIMS | Sí se cuenta con LIMS, con PI System en el control de todos los ingresos de los datos. |
| Preparación | Personal adecuadamente capacitado, que comprenda la fuente y el significado de los inputs | Sí se cuenta con la selección de personal idónea; sin embargo, se sugiere un plan de capacitación anual que considere los temas de balances metalúrgicos. |
| Ajustes o alteraciones | Solo con la autorización por escrito de la persona responsable y registrado para fines de revisión. | Se debe contar con procedimiento con las condiciones justificadas para realizar las modificaciones de los inputs del balance metalúrgico. |
| Conciliación de balance de masa | Solo a través de un procedimiento aprobado para identificar las entradas sujetas a errores ilegítimos (espurios), para determinar el sesgo y para facilitar las acciones correctivas. | No se evidencia un procedimiento debido a que no es una práctica difundida ni conveniente, pero se recomienda tenerla documentada por ser un requisito del código AMIRA P754. |
| Aprobación | Revisado y aprobado por el Comité de Contabilidad del Metal, o equivalente, para su posterior aprobación por el Comité de Auditoría. | Es revisado y aprobado por el gerente de unidad, sin embargo, el Código AMIRA P754 sugiere que el reporte sea revisado y aprobado por el Comité de auditoría (conformado por Calidad, Gerencia de planta y gerencia general). |

Fuente: Propia

3.3.3.7. Uso de la lista de verificación para Gran Minería

De los resultados obtenidos de las tablas Tabla 3.15, Tabla 3.16, Tabla 3.17 y Tabla 3.18 se puede responder las preguntas de la Tabla 3.1. Lista de verificación AMIRA P754, para obtener una Lista de verificación para el análisis de la Gran Minería que se detalla en la Tabla 3.19.

Tabla 3.19. Lista de verificación AMIRA P754 para Gran Minería

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | | | | | | |
| ¿Cómo y en qué estado se encuentra la unidad? (Está comenzando, con sistemas y procesos o sin ellos, preparados para un cambio, etc.), | | | x | | | Los procesos se encuentran previamente mapeados, se recomienda una revisión y actualización en función a la revisión. |
| ¿Qué es lo que está haciendo en el presente? (Para el control de sus operaciones, relación con clientes y otros recursos), | | | x | | | Se han realizado reuniones de implementación. Se tiene un avance diseñado para el mapeo de los procesos, y se evidenció el desarrollo de procedimientos escritos de trabajo para una cantidad importante de procesos. |
| ¿Se cuenta con aprobación de la alta dirección para el inicio de la implementación? | | | x | | | Se encuentra en etapa de diseño, ya que se requiere un sustento para que la Alta Dirección realice la aprobación de la implementación. |
| ¿Se tiene definido la política de la contabilidad? | | x | | | | La política de contabilidad metalúrgica se encuentra en proceso de elaboración y discusión para su aprobación. |
| ¿Los requisitos de estas partes interesadas que son pertinentes para el sistema de contabilidad metalúrgica? | | x | | | | Las partes interesadas se encuentran enteradas de la implementación y se encuentran definiendo sus recursos para la implementación. |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | | | | | | |
| Seleccionar junta de administración de auditoría en la unidad | | | x | | | Se ponen de acuerdo para realizar la junta de administración y se debe levantar un acta de selección de junta de administración. |
| Seleccionar persona competente en la alta dirección de la unidad | | x | | | | Se propone al Superintendente de Control de Calidad como "persona competente". Se recomienda realizar la designación formal. |
| Está definido los plazos para realizar el mapeo de procesos | | | x | | | Se tiene un programa diseñado para cumplir con el mapeo de los procesos. |
| Memoria descriptiva de la Planta Concentradora | | | | | x | Se cuenta con una memoria descriptiva clara y precisa de la operación. |
| Flowsheet de la Planta Concentradora | | | | | x | Se cuenta con el Flowsheet de la planta concentradora debidamente aprobado y revisado. |
| Está realizado el mapa de procesos | | | x | | | Se encuentra en un avance por encima del 60%. |
| Análisis del mapa de procesos | | | x | | | El análisis del mapa se hace en función al avance. |
| Aprobación del mapa de procesos | | | x | | | La aprobación del mapa se realiza en función a los avances. |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | | | | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Realizar la política de cada unidad alineada a la política corporativa | x | | | | | Se encuentra en proceso de definición tanto los objetivos como recursos que se quieren establecer en la política de contabilidad metalúrgica. |
| La política está aceptada por la Alta Dirección | x | | | | | La Alta Dirección tiene conocimiento que se requiere implementar la contabilidad metalúrgica, sin embargo, al no tener la política definida, ésta aún no ha sido aceptada. |
| Se tiene capacitaciones o campañas de difusión de la política | x | | | | | Se recomienda construir un programa de capacitación completamente definido con fechas y recursos. |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | | | | | | |
| Definición de la lista maestra de procedimientos y formatos | | x | | | | La definición de la lista maestra se encuentra en proceso continuo de actualización. Es por esta razón que se califica como parcialmente diseñada. |
| Procedimientos de medición de masas | | x | | | | El procedimiento se encuentra en elaboración, debido a que se está revisando las ubicaciones de las balanzas y de la forma del control de tonelaje en la alimentación. |
| Procedimientos de medición de humedad | | | | x | | En proceso de generación de procedimientos. Para la humedad en cabeza, se tiene a la fecha una evaluación de los resultados del analizador de humedad en línea y se está evaluando con los resultados de una muestra sólida tomada de la faja de alimentación. Para la determinación de la humedad en concentrados se está implementando el análisis según ISO 10251. |
| Procedimientos de medición de leyes | | | | x | | El laboratorio cuenta con métodos y QA/QC para los ensayos químicos. Sin embargo, se recomienda continuar con la implementación de métodos de ensayo según la ISO 17025 para determinar %Cu. |
| Procedimientos de estimación de incertidumbre en la medición de masas | | | x | | | Procedimiento en evaluación, se encuentra en fase de definición de la incertidumbre aceptada para la medición de las masas en alimentación de cabeza y salida de concentrados. |
| Procedimientos de estimación de incertidumbre en la medición de humedad | | x | | | | Alineándose al ISO 17025 para estimar incertidumbres según los lineamientos de la ISO 10251 para determinación de humedad. |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Procedimientos de estimación de incertidumbre en la medición de leyes | | x | | | | Alineándose al ISO 17025 para estimar incertidumbres. Para las leyes del producto final de concentrados, se recomienda que la medición de la incertidumbre incluya la incertidumbre del muestreo, sea ésta en la faja luego del filtrado de concentrados o del muestreo de camiones en el despacho de los concentrados. |
| Instructivos de trabajos alineados a los procedimientos | | x | | | | Se debe generar procedimientos de trabajo simples y diagramados, se recomienda utilizar el software Bizagi o VISIO para realizar los instructivos según las condiciones del BPM (Business Process Modeling). |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | | | | | | |
| Contiene todos los procedimientos documentados de la organización en todos sus niveles. | x | | | | | En implementación debido a que se encuentran cumpliendo con la elaboración de los procedimientos. |
| Aprobación del manual por la alta dirección | x | | | | | El manual de contabilidad se encuentra en elaboración, por ello se da un puntaje de 1 en la escala de Likert. |
| Etapa 6. Capacitación | | | | | | |
| capacitar a todo el personal sobre el tema y la importancia del código | | x | | | | La capacitación se encuentra parcialmente diseñada. Se recomienda que se debe considerar una empresa externa que apoye en las capacitaciones al personal responsable. |
| La alta dirección de cada unidad debe saber cuáles son los objetivos y las nuevas políticas | | x | | | | Los objetivos presentan un avance y la alta dirección se encuentra a la espera de conocer los objetivos finales de la implementación. |
| ¿Cuáles son los controles e indicadores a seguir (KPI)? | | x | | | | En proceso de elaboración de KPI, se recomienda definir los KPI y presentarlos mediante Dashboard en Power BI. |
| Etapa 7. Implementación | | | | | | |
| Implementar el principio 1 - Mediciones de masa y ley | | | | | | |
| Medidas precisas basadas en mediciones precisas de masa | | x | | | | Las mediciones de masa son estimadas en la alimentación. Para la masa producida de los concentrados se recomienda considerar el tonelaje pesado en balanza camionera durante el despacho. |
| Definir sistema completo de Check-in/ Check-out | | | | x | | Se definió durante el desarrollo de la tesis. |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Tener una transferencia de información unidireccional | | | | | x | Se destaca el buen manejo de la información. |
| Implementar el principio 2 - Evaluación de riesgos de las fuentes de información | | | | | | |
| Evaluación de riesgos de los inputs de la contabilidad basados en ISO 31000 u otro sistema de gestión de riesgos | | | x | | | Se cuenta con un diseño sistema de gestión de riesgos, se recomienda documentar e iniciar el proceso de implementación. |
| Aprobar informe de evaluación de riesgo | | | x | | | Se tiene diseñado un modelo de evaluación de riesgos, se recomienda continuar con la revisión y la aprobación del informe de evaluación de riesgos. |
| Asegurar la fuente de los datos que ingresan al sistema | | | | | x | Se destaca el buen manejo de los datos. |
| Implementar el principio 3 - Documentación del código | | | | | | |
| ¿Existe control de documentos del código AMIRA P754? | | x | | | | Siguen lineamientos de la ISO 9001. Sin embargo, se recomienda que deben alinear la cantidad de documentos con los requisitos que pide el Código AMIRA P754. |
| ¿Existe los registros de auditoría? | | | x | | | Se evidencia un diseño de ordenamiento y documentación de los registros de auditoría. |
| ¿Está documentado el algoritmo de cálculo y uso de los datos? | | | | x | | No está detallado los ajustes por incertidumbres de las mediciones. |
| Implementar el principio 4 - Auditorías | | | | | | |
| Definir auditorías de forma periódicas. | | | x | | | Se define realizar auditorías cada 6 meses; sin embargo, aún no se encuentra definido en el procedimiento |
| Documentar recomendaciones de las auditorías | | | | x | | Siguen lineamientos de la ISO 9001. |
| Implementar el principio 5 - Definición de KPI | | | | | | |
| Definir claramente los KPI | | | | x | | Se cuenta con KPI bien definidos para el control de la implementación del código AMIRA P754 |
| Mantener operativo LIMS y ERP | | | | | x | Cuentan con LIMS y ERP debidamente implementado. |
| Implementar estándar corporativo de LIMS | | | | x | | Se cuenta con LIMS en el laboratorio químico, se recomienda completar con la generación del estándar LIMS. |
| Emitir informe detallado junto con la respuesta de la administración | | | | x | | Se emite informe detallado según procedimiento |
| Emitir plan de acción firmado por la persona competente | | | x | | | Se tiene diseñado proceso de emisión de los resultados de los KPI |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Implementar el principio 6 - Gestión de data | | | | | | |
| Mantener procedimientos claros para cambio de datos provisionales por data real | | | x | | | Se encuentra diseñado, se recomienda la revisión de los procedimientos, aplicar un ciclo de verificación de trabajo y la revisión constante del cambio de datos provisionales. |
| Procedimentar gestión de datos inapropiados o nulos, junto con los niveles de autorización | | | x | | | Se encuentra diseñado, se recomienda la indicar con mayor precisión los niveles de autorización para la gestión de datos inapropiados. |
| Implementar el principio 7 - Calidad de la data | | | | | | |
| Asegurar la calidad e integridad de la data | | | | x | | La integridad la demuestran con ERP y LIMS debidamente implementado, se recomienda generar un estándar de LIMS. |
| Generar data suficiente para verificar la veracidad de la data | | | | x | | Se genera suficiente información para ser considerado parcialmente implementado. |
| Evaluar la transferencia de datos para el balance | | | | x | | Se revisó la efectividad de la transferencia de la data. Se recomienda indicarlo en el procedimiento de gestión de data. |
| Asegurar que los procedimientos computacionales están libres de sesgo | | | | x | | Se evidencia un control de los procedimientos computacionales de cálculo, se recomienda documentar la evidencia del cálculo de comprobación. |
| Implementar el principio 8 - Fijar objetivos de incertidumbre de la medición | | | | | | |
| Fijar el objetivo de incertidumbre en el muestreo de cada corriente | | | x | | | Se fija; sin embargo, se recomienda sustentar técnicamente con normas o récord estadísticamente histórico el valor fijado. |
| Fijar el objetivo de incertidumbre en el análisis químico de cada corriente | | | x | | | Se fija; sin embargo, se recomienda sustentar técnicamente o con normas el valor fijado. |
| Mencionar incertidumbre actual de las mediciones en el Comité de Auditoría de la Unidad | | x | | | | No se tiene diseñado la medición de las incertidumbres |
| Evaluar si la incertidumbre debe ser informado a los accionistas | | | x | | | Se decide que por el momento no lo informarán hasta que se pueda sustentar el valor de las incertidumbres estimadas o consideradas en los cálculos. |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Implementar el principio 9 - Revisión de inventarios físicos | | | | | | |
| Verificar una vez al año el inventario físico de material en proceso | | | | x | | Se cumple con la revisión de los inventarios |
| Definir procedimiento y nivel de autoridad para los ajustes de existencia (pérdidas o ganancias no contabilizadas) | | | | x | | Se cuenta con procedimiento, donde el gerente de la unidad es el responsable de firmar los ajustes de existencias. |
| Implementar el principio 10 - Estimación de incertidumbres de las mediciones | | | | | | |
| Calcular o estimar la incertidumbre de las mediciones utilizadas | | | x | | | Se tiene programado el inicio de la estimación de las incertidumbres. |
| Calcular o estimar la incertidumbre en las balanzas | | | x | | | Se recomienda iniciar con la estimación de la incertidumbre de las balanzas en las mediciones de masa. |
| Calcular o estimar la incertidumbre en muestreo | | | x | | | Se recomienda iniciar el proceso de estimación según normas internacionales de muestreo como ISO 12743. |
| Calcular o estimar la incertidumbre en determinación de humedad | | | x | | | Se recomienda iniciar el proceso de determinación de la incertidumbre de la humedad tomando como referencia la ISO 10251. |
| Calcular o estimar la incertidumbre en el ensayo químico | | | x | | | Se recomienda iniciar el proceso de cálculo de incertidumbre según lineamientos de la ISO 17025. |
| Eliminar o reducir cualquier causante de sesgo según SACP y análisis de riesgos, Pareto, Ishikawa, etc | | | | x | | Siguen lineamientos de la ISO 9001. Es importante definir adecuadamente el SACP (solicitud de acciones correctivas preventivas). También se recomienda Procedimentar el uso de las demás herramientas de la calidad. |
| Reporte de excepciones | | | | | | |
| Indicar qué principio no se podrá cumplir | | | x | | | Se menciona que el principio 6 y 7 estarán en proceso, se requerirá la adquisición de un LIMS o de un ERP |
| Firmar Reporte de excepciones por persona competente | | x | | | | La persona competente designada se encuentra a espera del cumplimiento del Reporte de excepciones |
| Informar al comité de auditoría o a la Gerencia Corporativa | | | x | | | Se tiene diseñado los procedimientos de la comunicación formal al comité de auditoría o a la Gerencia corporativa. |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | | | | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|--|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| La unidad debe llevar a cabo auditorías internas para el mantenimiento propio de su sistema de gestión del código AMIRA P754 | | | | x | | La persona competente ha definido la frecuencia de auditorías internas cada 4 meses. |
| Se implementa y mantiene eficazmente. | | | | x | | Existe procedimiento de auditorías internas. Se recomienda la revisión anual de los procedimientos. |
| La unidad debe planificar, establecer, implementar y mantener uno o varios programas de auditoría que incluyan la frecuencia, los métodos, las responsabilidades, los requisitos de planificación y la elaboración de informes, que deben tener en consideración la importancia de los procesos involucrados, los cambios que afecten a la organización y los resultados de las auditorías previas. | | | | | x | Se evidencia la existencia de los programas de auditorías. |
| Definir los criterios de la auditoría y el alcance para cada auditoría | | | | | x | En el procedimiento han definido los criterios y alcance de la auditoría |
| Seleccionar los auditores y llevar a cabo auditorías para asegurarse de la objetividad y la imparcialidad del proceso de auditoría | | | | | x | El procedimiento menciona la selección de los auditores |
| Asegurarse de que los resultados de las auditorías se informen a la dirección pertinente | | | | | x | El procedimiento menciona que los resultados de la auditoría se deberán informar en una reunión formal. |
| Etapa 9. Revisión General | | | | | | |
| Realizar las correcciones y tomar las acciones correctivas adecuadas sin demora injustificada | | | | x | | Se realiza las correcciones en el tiempo estimado |
| Conservar información documentada como evidencia de la implementación del programa de auditoría y de los resultados de las auditorías. | | | x | | | Se recomienda guardar documentación por cinco años. En el procedimiento se debe indicar sobre el tratamiento de la información documentada del programa de auditoría |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | | | | | | |
| Generar las Acciones Correctivas y Preventivas de los resultados de la primera auditoría interna y la revisión general, para comenzar a trabajar sobre las observaciones y/o No Conformidades encontradas en el Sistema de contabilidad metalúrgica. | | | x | | | Diseñado, el manejo de las acciones correctivas y preventivas se encuentra mapeado en el procedimiento de "Acciones correctivas y preventivas". |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | | | | | | |
| Aplicar etapa 8 por segunda vez | | | x | | | |

Continúa Lista de Verificación AMIRA P754

| LISTA DE VERIFICACIÓN AMIRA P754 | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS | PUNTAJE | | | | | HALLAZGOS O AVANCES |
| | Escala de Likert | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | | | | | | Diseñado. Se considera una segunda auditoría interna. |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | | | | | | |
| Aplicar etapa 10 por segunda vez | | | x | | | Diseñado. Se considera la evaluación por segunda vez. |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | | | | | | |
| Identificar las observaciones que fueron No Conformidades y qué observaciones fueron Oportunidades de Mejora. | | x | | | | Se sugiere definir de modo preciso la identificación en el procedimiento. |
| Etapa 14. Auditoría Externa | | | | | | |
| Definir el equipo que hará la auditoría, puede ser un organismo externo o por el Corporativo de la compañía, o por un especialista en el tema ajeno a la compañía, también puede ser especialistas de las otras unidades del grupo. | | x | | | | Se recomienda contratar a una empresa especializada en Contabilidad Metalúrgica para que realice el servicio de auditoría externa. |
| Analizar los hallazgos | | | x | | | Se debe detallar las acciones de análisis de los hallazgos en el procedimiento de auditoría externa. |
| Levantar con SACP (solicitud de acción correctiva preventiva) | | x | | | | Parcialmente diseñado. Se debe detallar en el procedimiento respectivo. |
| Etapa 15. Mejora continua | | | | | | |
| Mejorar continuamente la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la Contabilidad Metalúrgica. | | | | x | | Se sugiere que se debe detallar en el procedimiento respectivo sobre la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la Contabilidad Metalúrgica. |
| Considerar los resultados del análisis, evaluación y las salidas de la revisión por la dirección para determinar si hay necesidades u oportunidades que deben considerarse como parte de la mejora continua. | | | x | | | Se recomienda que se debe detallar en el procedimiento respectivo las consideraciones de los resultados de las evaluaciones de las salidas de las revisiones por la dirección y definir los recursos para la realización de la mejora continua. |

Fuente: Propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Análisis y discusión de resultados

4.1.1. Resultados para Pequeña Minería

De los resultados de la lista de verificación completada que se muestra en la *Tabla 3.9. Lista de verificación para Pequeña Minería*, la herramienta construida en la hoja de cálculo genera las tablas y los gráficos correspondientes.

En la Tabla 4.1 se observa el nivel de implementación por etapas y en la Figura 4.1 se representa de modo gráfico. Se observa que la etapa 3 obtiene un nivel de implementación del 93%, la etapa 8 un nivel de 90%. La etapa más extensa que es la etapa 7 obtiene un nivel de implementación del 55%. Es importante mencionar que la etapa de capacitación se encuentra en un 80%

el cual es un nivel muy aceptable de avance de implementación. La etapa 4 es la etapa con menor avance de implementación al mostrar un 35%. En conjunto se puede decir que para la pequeña minería se obtiene un buen nivel de implementación por etapas.

Tabla 4.1. Nivel de implementación de cada etapa en Pequeña Minería

| Etapa | # Preguntas | Puntaje total | Puntaje Obtenido | % Avance por etapa |
|--|-------------|---------------|------------------|--------------------|
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | 5 | 25 | 17 | 68% |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | 8 | 40 | 28 | 70% |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | 3 | 15 | 14 | 93% |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | 8 | 40 | 14 | 35% |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | 2 | 10 | 5 | 50% |
| Etapa 6. Capacitación | 3 | 15 | 12 | 80% |
| Etapa 7. Implementación | 37 | 185 | 101 | 55% |
| Implementar el principio 1 – Mediciones de masa y ley | 3 | 15 | 8 | 53% |
| Implementar el principio 2 – Evaluación de riesgos de las fuentes de información | 3 | 15 | 4 | 27% |
| Implementar el principio 3 – Documentación del código | 3 | 15 | 8 | 53% |
| Implementar el principio 4 – Auditorías | 2 | 10 | 9 | 90% |
| Implementar el principio 5 – Definición de KPI | 5 | 25 | 13 | 52% |
| Implementar el principio 6 – Gestión de data | 2 | 10 | 5 | 50% |
| Implementar el principio 7 – Calidad de la data | 4 | 20 | 9 | 45% |
| Implementar el principio 8 – Fijar objetivos de incertidumbre de la medición | 4 | 20 | 12 | 60% |
| Implementar el principio 9 – Revisión de inventarios físicos | 2 | 10 | 10 | 100% |
| Implementar el principio 10 – Estimación de incertidumbres de las mediciones | 6 | 30 | 13 | 43% |
| Reporte de excepciones | 3 | 15 | 10 | 67% |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | 6 | 30 | 27 | 90% |
| Etapa 9. Revisión General | 2 | 10 | 7 | 70% |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | 1 | 5 | 3 | 60% |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | 1 | 5 | 3 | 60% |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | 1 | 5 | 3 | 60% |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | 1 | 5 | 3 | 60% |
| Etapa 14. Auditoría Externa | 3 | 15 | 9 | 60% |
| Etapa 15. Mejora continua | 2 | 10 | 6 | 60% |

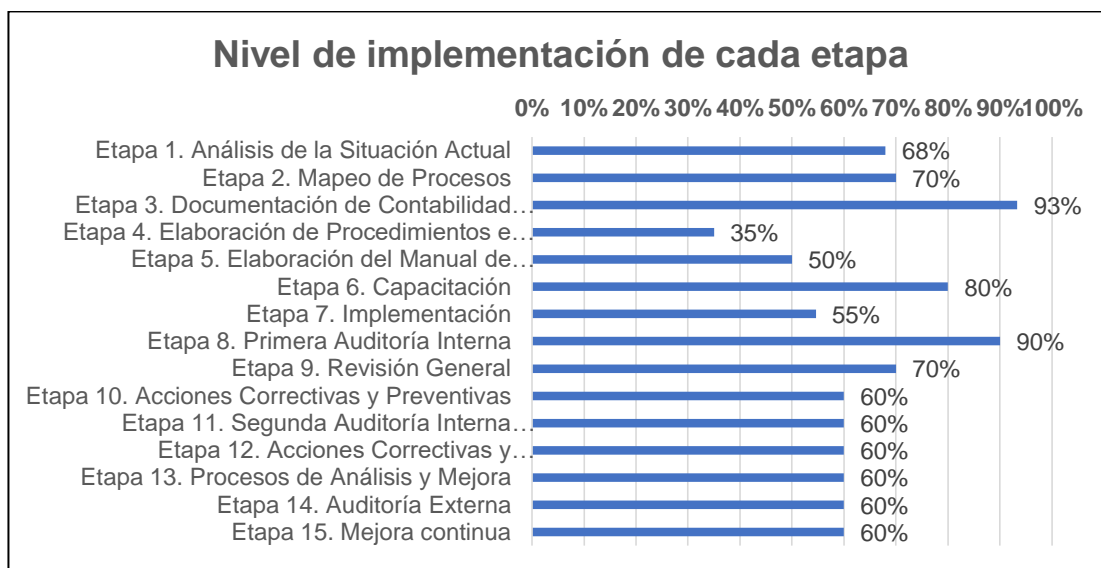


Figura 4.1. Nivel de implementación de cada etapa en Pequeña Minería

Fuente: Propia

En la Tabla 4.2 se muestra el nivel de implementación por etapas ya considerando la ponderación que tiene cada etapa en el nivel de implementación final. Se muestra que la etapa 7 obtiene un nivel de implementación de 24.3%. Para determinar el impacto obtenido de cada etapa en el nivel final de implementación, se muestra la Figura 4.2 donde mediante un TreeMap se aprecia que la etapa 7 obtiene un mayor nivel de impacto de implementación, seguido por la etapa 2 con 6.7% y la etapa 8 con un 6.5%. La ventaja de esta herramienta es que permite visualizar el avance e impacto de las etapas, permitiendo así al responsable de la implementación dirigir los recursos necesarios para lograr el objetivo de terminar de implementar las 15 etapas del Código AMIRA P754.

Tabla 4.2. Tabla de Aporte de cada etapa para el nivel de implementación en Pequeña Minería

| Etapa | Ponderación | % Avance por etapa | % Aporte por etapa |
|--|-------------|--------------------|--------------------|
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | 6.0% | 68% | 4.1% |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | 9.6% | 70% | 6.7% |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | 3.6% | 93% | 3.4% |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | 9.6% | 35% | 3.4% |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | 2.4% | 50% | 1.2% |
| Etapa 6. Capacitación | 3.6% | 80% | 2.9% |
| Etapa 7. Implementación | 44.6% | 55% | 24.3% |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | 7.2% | 90% | 6.5% |
| Etapa 9. Revisión General | 2.4% | 70% | 1.7% |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | 1.2% | 60% | 0.7% |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | 1.2% | 60% | 0.7% |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | 1.2% | 60% | 0.7% |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | 1.2% | 60% | 0.7% |
| Etapa 14. Auditoría Externa | 3.6% | 60% | 2.2% |
| Etapa 15. Mejora continua | 2.4% | 60% | 1.4% |
| Nivel de Implementación obtenido | | | 60.7% |

Fuente: Propia

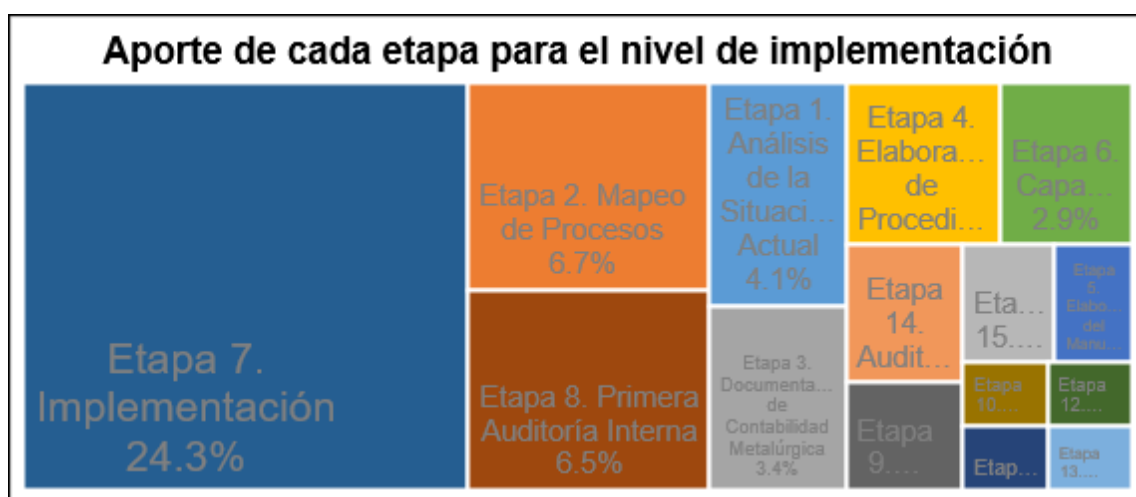


Figura 4.2. Aporte para implementación en Pequeña Minería

Fuente: Propia

En la Tabla 4.3 se muestra el resultado obtenido de implementación del código AMIRA P754 para la pequeña minería, el resultado se obtuvo de utilizar

la herramienta *Tabla 3.1. Lista de verificación AMIRA P754*. El nivel obtenido fue de 61%.

Tabla 4.3. Nivel de Implementación del código AMIRA P754 en Pequeña Minería

| Descripción | % |
|-----------------|------------|
| Implementado | 61% |
| Por Implementar | 39% |

Fuente: Propia

En la Figura 4.3 se muestra gráficamente el nivel de implementación obtenido, el cual es un nivel muy aceptable para una planta de la pequeña minería.

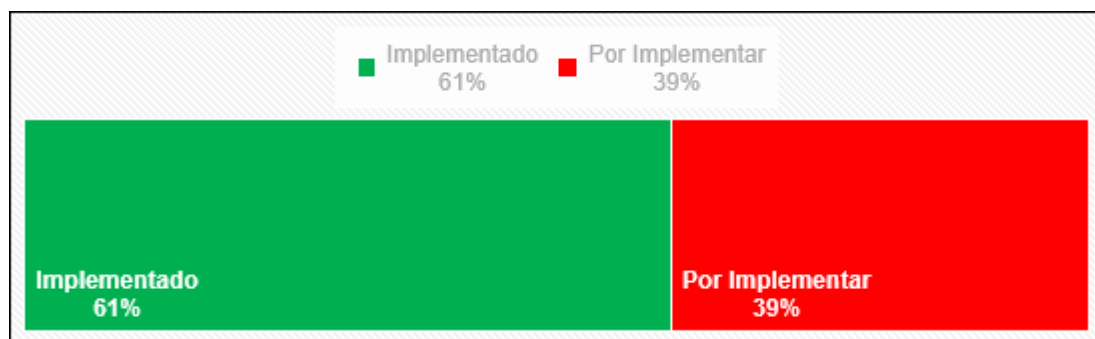


Figura 4.3. Nivel de Implementación del código en Pequeña Minería

Fuente: Propia

4.1.2. Resultados para Mediana Minería

De los resultados de la lista de verificación completada que se muestra en la Tabla 3.14. Lista de verificación AMIRA P754 para Mediana Minería, la herramienta construida en la hoja de cálculo genera las tablas y los gráficos correspondientes.

En la Tabla 4.4 se observa el nivel de implementación por etapas y en la Figura 4.4 se representa de modo gráfico. Se observa que la etapa 8 que

corresponde a la primera auditoría externa obtiene un nivel de implementación del 93%, la etapa 2 (Mapeo de procesos) un nivel de 78%. La etapa más extensa que es la etapa 7, que corresponde a la Implementación del código AMIRA P754, obtiene un nivel de implementación del 34%. Es importante mencionar que la etapa de capacitación se encuentra en un 27% el cual es un nivel que requiere ser elevado para poder impulsar el logro de los objetivos, se recomienda que esta empresa minera gestione el soporte de una empresa externa que le apoye en optimizar sus niveles de implementación de la etapa 6. La etapa 5 es la etapa con menor avance de implementación al mostrar un 20%, se sugiere que se mejore el nivel de esta etapa ya que consiste en la generación del Manual de Contabilidad Metalúrgica. En conjunto se puede decir que para la empresa minera de mediana minería obtuvo un nivel aceptable de avances por etapas.

Tabla 4.4. Nivel de implementación de cada etapa en Mediana Minería

| Etapas | # Preguntas | Puntaje total | Puntaje Obtenido | % Avance por etapa |
|--|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | 5 | 25 | 19 | 76% |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | 8 | 40 | 31 | 78% |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | 3 | 15 | 10 | 67% |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | 8 | 40 | 15 | 38% |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | 2 | 10 | 2 | 20% |
| Etapa 6. Capacitación | 3 | 15 | 4 | 27% |
| Etapa 7. Implementación | 37 | 185 | 63 | 34% |
| Implementar el principio 1 - Mediciones de masa y ley | 3 | 15 | 6 | 40% |
| Implementar el principio 2 - Evaluación de riesgos de las fuentes de información | 3 | 15 | 3 | 20% |

| | | | | |
|--|---|----|----|-----|
| Implementar el principio 3 - Documentación del código | 3 | 15 | 5 | 33% |
| Implementar el principio 4 - Auditorías | 2 | 10 | 4 | 40% |
| Implementar el principio 5 - Definición de KPI | 5 | 25 | 9 | 36% |
| Implementar el principio 6 - Gestión de data | 2 | 10 | 2 | 20% |
| Implementar el principio 7 - Calidad de la data | 4 | 20 | 5 | 25% |
| Implementar el principio 8 - Fijar objetivos de incertidumbre de la medición | 4 | 20 | 6 | 30% |
| Implementar el principio 9 - Revisión de inventarios físicos | 2 | 10 | 8 | 80% |
| Implementar el principio 10 - Estimación de incertidumbres de las mediciones | 6 | 30 | 8 | 27% |
| Reporte de excepciones | 3 | 15 | 7 | 47% |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | 6 | 30 | 28 | 93% |
| Etapa 9. Revisión General | 2 | 10 | 5 | 50% |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | 1 | 5 | 3 | 60% |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | 1 | 5 | 3 | 60% |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | 1 | 5 | 3 | 60% |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | 1 | 5 | 3 | 60% |
| Etapa 14. Auditoría Externa | 3 | 15 | 9 | 60% |
| Etapa 15. Mejora continua | 2 | 10 | 4 | 40% |

Fuente: Propia

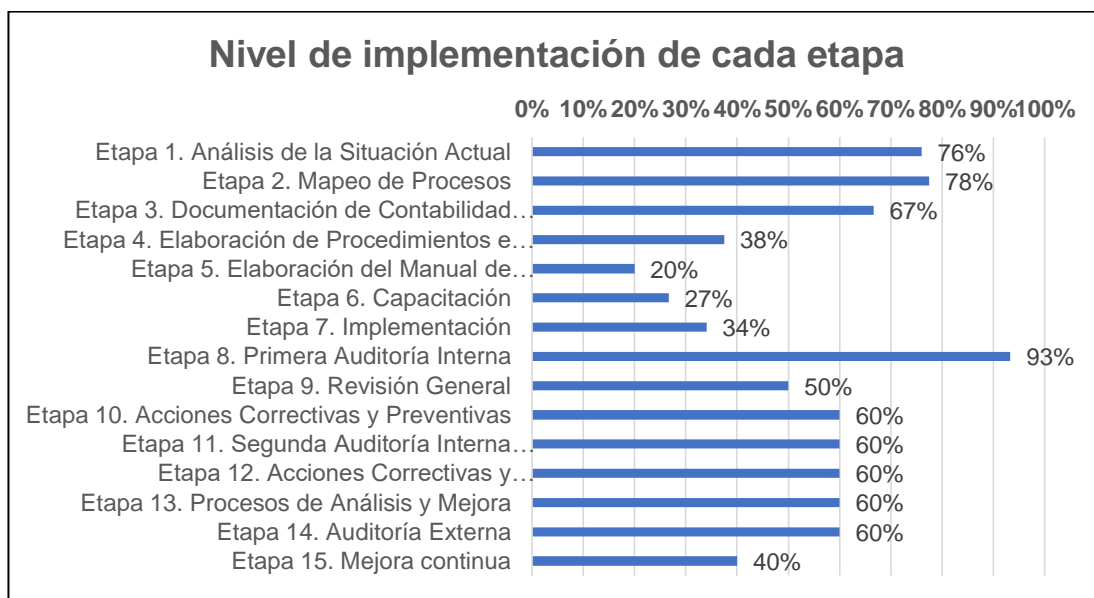


Figura 4.4. Nivel de implementación de cada etapa en Mediana Minería

Fuente: Propia

En la Tabla 4.5 se muestra el nivel de implementación por etapas ya considerando la ponderación que tiene cada etapa en el nivel de

implementación final. Se muestra que la etapa 7 obtiene un nivel de implementación de 15.2%.

Para determinar el impacto obtenido de cada etapa en el nivel final de implementación, se muestra la Figura 4.5 donde mediante un TreeMap se puede apreciar que la etapa 7 obtiene un mayor nivel de impacto en la implementación con un nivel de 15.2%, seguido por la etapa 2 con 7.5% y la etapa 8 con un 6.7%.

Tabla 4.5. Tabla de Aporte para el nivel de implementación en Mediana Minería

| Etapa | Ponderación | % Avance por etapa | % Aporte por etapa |
|--|-------------|--------------------|--------------------|
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | 6.0% | 76% | 4.6% |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | 9.6% | 78% | 7.5% |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | 3.6% | 67% | 2.4% |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | 9.6% | 38% | 3.6% |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | 2.4% | 20% | 0.5% |
| Etapa 6. Capacitación | 3.6% | 27% | 1.0% |
| Etapa 7. Implementación | 44.6% | 34% | 15.2% |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | 7.2% | 93% | 6.7% |
| Etapa 9. Revisión General | 2.4% | 50% | 1.2% |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | 1.2% | 60% | 0.7% |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | 1.2% | 60% | 0.7% |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | 1.2% | 60% | 0.7% |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | 1.2% | 60% | 0.7% |
| Etapa 14. Auditoría Externa | 3.6% | 60% | 2.2% |
| Etapa 15. Mejora continua | 2.4% | 40% | 1.0% |
| Nivel de Implementación obtenido | | | 48.7% |

Fuente: Propia

En la Tabla 4.5 se muestra el resultado obtenido de implementación del código AMIRA P754 para la mediana minería, el resultado se obtuvo de utilizar la

herramienta *Tabla 3.1. Lista de verificación AMIRA P754*. El nivel obtenido fue de 49%. Este resultado se debe a que la etapa 7 tuvo un nivel poco elevado de 34% de implementación y como su impacto es del 44% del nivel total de implementación, su aporte fue del 15.2%.

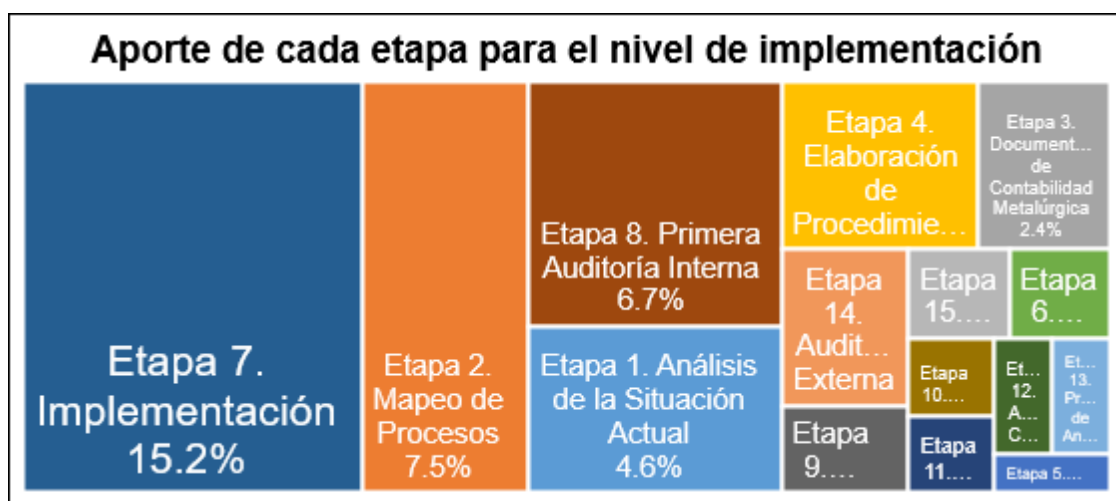


Figura 4.5. Aporte para implementación en Mediana Minería

Fuente: Propia

Tabla 4.6. Nivel de Implementación del código AMIRA P754 en Mediana Minería

| Descripción | % |
|-----------------|-----|
| Implementado | 49% |
| Por Implementar | 51% |

Fuente: Propia

En la Figura 4.3 se muestra gráficamente el nivel de implementación obtenido de 49%

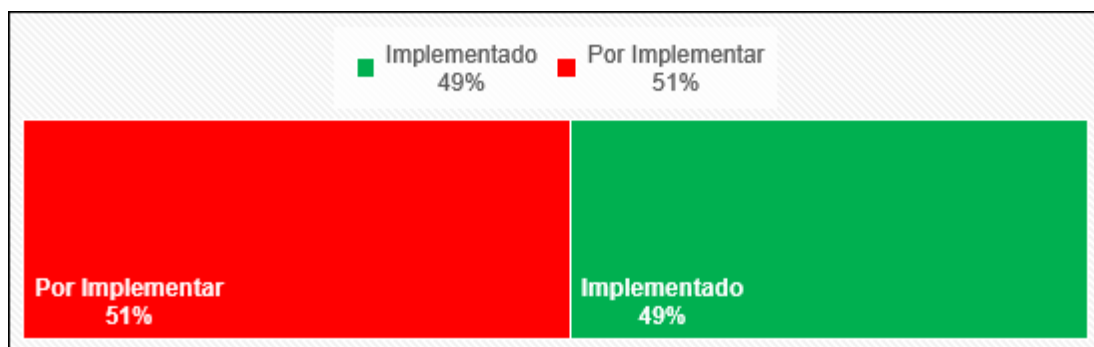


Figura 4.6. Nivel de Implementación del código en Mediana Minería

Fuente: Propia

4.1.3. Resultados para Gran Minería

De los resultados de la lista de verificación completada que se muestra en la Tabla 3.19. *Lista de verificación AMIRA P754 para Gran Minería*, la herramienta construida en la hoja de cálculo generó las tablas y los gráficos correspondientes.

En la Tabla 4.7 se observa el nivel de implementación por etapas y en la Figura 4.7 se representa de modo gráfico. Se observa que la etapa 8 obtiene un nivel de implementación del 93%, la etapa 9 un nivel de 70%. La etapa más extensa que es la etapa 7 obtiene un nivel de implementación del 68%.

Es importante mencionar que la etapa de capacitación se encuentra en un 40% el cual representa un nivel importante de implementación y es la principal razón de tener etapas en un nivel elevado, se recomienda que esta empresa minera gestione el soporte de una empresa externa que le apoye en optimizar sus niveles de implementación de la etapa 6 de capacitación. La etapa 3 que corresponde a la documentación de Contabilidad Metalúrgica 5 es la etapa

con menor avance de implementación al mostrar un 20%, se sugiere que se mejore el nivel de esta etapa ya que es importante revisar las documentaciones respectivas. La etapa 5 que corresponde a la elaboración del manual de contabilidad metalúrgica también presenta un avance del 20%, se sugiere que esta empresa de la Gran Minería mantenga el soporte con una empresa o un consultor externo para que realice el soporte y se pueda mejorar los niveles de implementación. En conjunto se puede decir que para la empresa minera de la gran minería obtuvo un nivel aceptable de avances por etapas.

Tabla 4.7. Nivel de implementación de cada etapa en Gran Minería

| Etapas | # Preguntas | Puntaje total | Puntaje Obtenido | % Avance por etapa |
|--|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | 5 | 25 | 13 | 52% |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | 8 | 40 | 27 | 68% |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | 3 | 15 | 3 | 20% |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | 8 | 40 | 21 | 53% |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | 2 | 10 | 2 | 20% |
| Etapa 6. Capacitación | 3 | 15 | 6 | 40% |
| Etapa 7. Implementación | 37 | 185 | 126 | 68% |
| Implementar el principio 1 - Mediciones de masa y ley | 3 | 15 | 11 | 73% |
| Implementar el principio 2 - Evaluación de riesgos de las fuentes de información | 3 | 15 | 11 | 73% |
| Implementar el principio 3 - Documentación del código | 3 | 15 | 9 | 60% |
| Implementar el principio 4 - Auditorías | 2 | 10 | 7 | 70% |
| Implementar el principio 5 - Definición de KPI | 5 | 25 | 20 | 80% |
| Implementar el principio 6 - Gestión de data | 2 | 10 | 6 | 60% |
| Implementar el principio 7 - Calidad de la data | 4 | 20 | 16 | 80% |
| Implementar el principio 8 - Fijar objetivos de incertidumbre de la medición | 4 | 20 | 11 | 55% |
| Implementar el principio 9 - Revisión de inventarios físicos | 2 | 10 | 8 | 80% |
| Implementar el principio 10 - Estimación de incertidumbres de las mediciones | 6 | 30 | 19 | 63% |

| | | | | |
|---|---|----|----|-----|
| Reporte de excepciones | 3 | 15 | 8 | 53% |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | 6 | 30 | 28 | 93% |
| Etapa 9. Revisión General | 2 | 10 | 7 | 70% |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | 1 | 5 | 3 | 60% |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | 1 | 5 | 3 | 60% |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | 1 | 5 | 3 | 60% |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | 1 | 5 | 2 | 40% |
| Etapa 14. Auditoría Externa | 3 | 15 | 7 | 47% |
| Etapa 15. Mejora continua | 2 | 10 | 7 | 70% |

Fuente: Propia

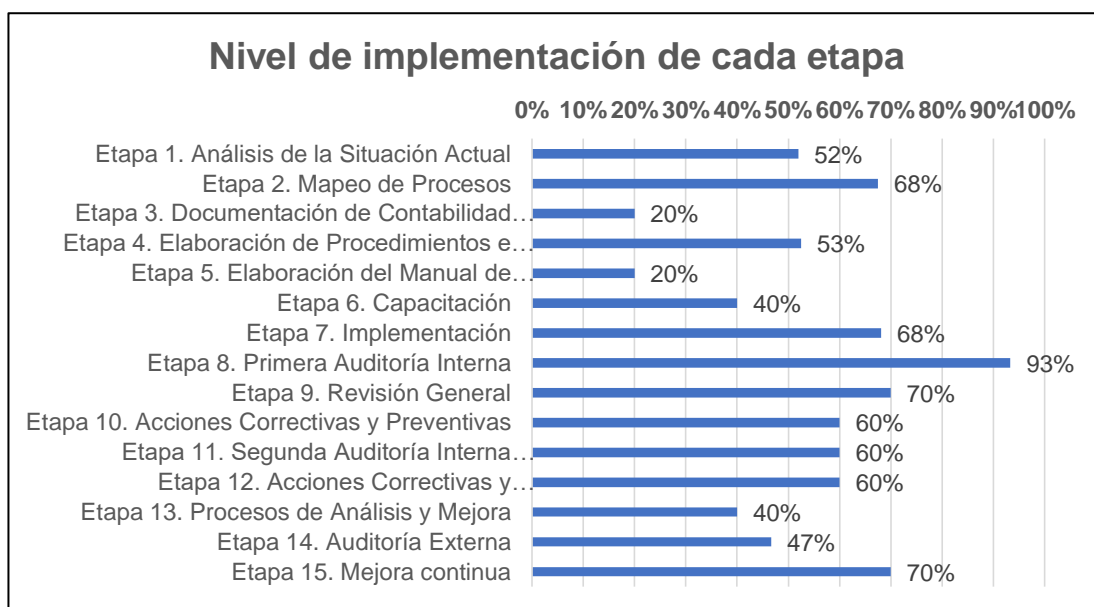


Figura 4.7. Nivel de implementación de cada etapa en Gran Minería

Fuente: Propia

En la Tabla 4.8. *Tabla de Aporte de cada etapa para el nivel de implementación en Gran Minería* se muestra el nivel de implementación por etapas ya considerando la ponderación que tiene cada etapa en el nivel de implementación final.

Para determinar el impacto obtenido de cada etapa en el nivel final de implementación, se muestra la Figura 4.8 donde mediante un TreeMap se puede apreciar que la etapa 7 obtiene un mayor nivel de impacto en la

implementación con un nivel de 30.4%, seguido por la etapa 8 de la Primera Auditoría con 6.7% y la etapa 2 que corresponde al Mapeo de procesos presentó un nivel de impacto del 6.5%.

Tabla 4.8. Tabla de Aporte de cada etapa para el nivel de implementación en Gran Minería

| Etapa | Ponderación | % Avance por etapa | % Aporte por etapa |
|--|-------------|--------------------|--------------------|
| Etapa 1. Análisis de la Situación Actual | 6.0% | 52% | 3.1% |
| Etapa 2. Mapeo de Procesos | 9.6% | 68% | 6.5% |
| Etapa 3. Documentación de Contabilidad Metalúrgica | 3.6% | 20% | 0.7% |
| Etapa 4. Elaboración de Procedimientos e Instructivos de Trabajo | 9.6% | 53% | 5.1% |
| Etapa 5. Elaboración del Manual de Contabilidad Metalúrgica | 2.4% | 20% | 0.5% |
| Etapa 6. Capacitación | 3.6% | 40% | 1.4% |
| Etapa 7. Implementación | 44.6% | 68% | 30.4% |
| Etapa 8. Primera Auditoría Interna | 7.2% | 93% | 6.7% |
| Etapa 9. Revisión General | 2.4% | 70% | 1.7% |
| Etapa 10. Acciones Correctivas y Preventivas | 1.2% | 60% | 0.7% |
| Etapa 11. Segunda Auditoría Interna (Opcional) | 1.2% | 60% | 0.7% |
| Etapa 12. Acciones Correctivas y Preventivas (Opcional) | 1.2% | 60% | 0.7% |
| Etapa 13. Procesos de Análisis y Mejora | 1.2% | 40% | 0.5% |
| Etapa 14. Auditoría Externa | 3.6% | 47% | 1.7% |
| Etapa 15. Mejora continua | 2.4% | 70% | 1.7% |
| Nivel total de Implementación obtenido | | | 62.2% |

Fuente: Propia

En la Tabla 4.9 se muestra el resultado obtenido de implementación del código AMIRA P754 para la gran minería, el resultado se obtuvo de utilizar la herramienta *Tabla 3.1. Lista de verificación AMIRA P754*. El nivel obtenido fue de 62%. Este resultado representa un nivel avanzado de implementación, el cual se debe a la aceptación del código AMIRA P754 entre la alta gerencia, también es importante mencionar que los recursos y tiempo dedicado fue lo que marcó que el nivel de implementación sea alto.

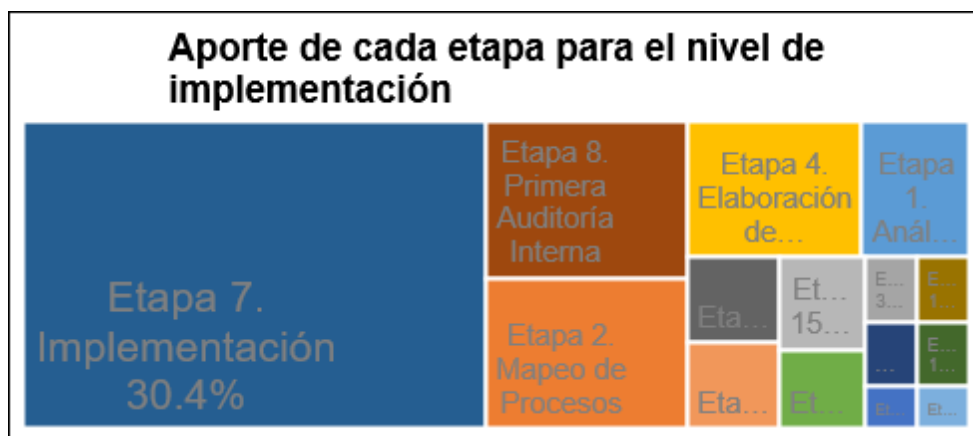


Figura 4.8. Aporte para implementación en Gran Minería

Fuente: Propia

Tabla 4.9. Nivel de Implementación del código AMIRA P754 en Gran Minería

| Descripción | % |
|-----------------|-----|
| Implementado | 62% |
| Por Implementar | 38% |

Fuente: Propia

En la Figura 4.9 se muestra gráficamente el nivel de implementación obtenido de 62%, el cual es un nivel óptimo (por encima de 60%) para una planta de la gran minería.

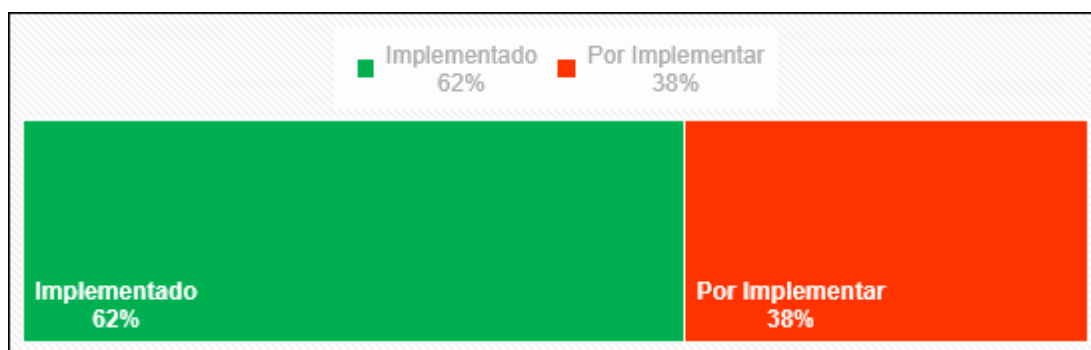


Figura 4.9. Nivel de Implementación del código en Gran Minería

Fuente: Propia

4.2. Contrastación de la hipótesis

En la Tabla 4.10 se resumen los resultados obtenidos para las tres empresas mineras que fueron evaluadas con la herramienta propuesta en esta tesis.

Tabla 4.10. Niveles de implementación obtenido en cada estrato

| Estrato | Nivel de implementación % |
|-----------------|----------------------------------|
| Pequeña Minería | 61% |
| Mediana Minería | 49% |
| Gran Minería | 62% |

Fuente: Propia

En la Figura 4.10 se muestra de modo gráfico los resultados obtenidos. En el estrato de la pequeña minería se obtuvo un buen nivel de implementación de 61% debido a que la capacitación mencionada en la etapa 6 estuvo con un buen porcentaje de implementación. Para la mediana minería el nivel de capacitación de la etapa 6 presenta mucha oportunidad de crecimiento, así como también la etapa 7 de implementación de los 10 principios del código AMIRA P754. Para el caso de la gran minería, el 62% de nivel de implementación logrado se debe principalmente al gran avance de su etapa 7 de implementación que logró un 68% que es equivalente al 30.4% de impacto en el 62% obtenido.

La gran minería tiene muchas oportunidades de lograr inclusive un mayor nivel de implementación del Código AMIRA P754 ya que suelen contar con

procedimientos muy amplios y diversos para lograr los objetivos de la organización.

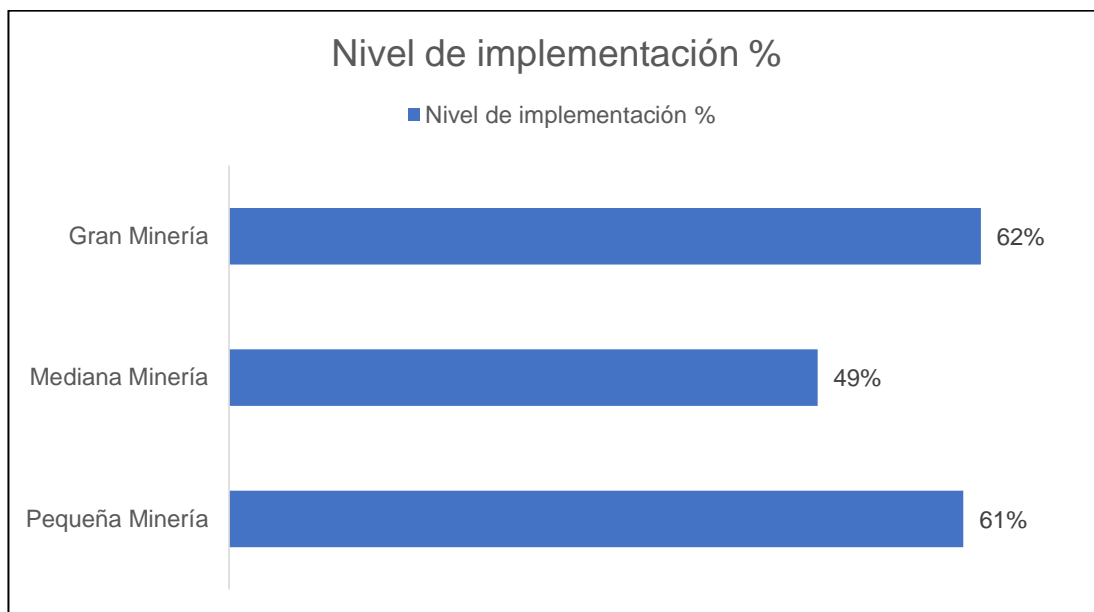


Figura 4.10. Implementación entre pequeña, mediana y gran minería

Fuente: Propia

Es importante que las empresas mineras desde la concepción del proyecto tomen en consideración la implementación de los principios del código AMIRA P754 ya que así se podrían generar importantes ahorros en infraestructura, ahorros en OPEX y CAPEX para lograr el objetivo de buen nivel de Contabilidad Metalúrgica según AMIRA P754.

Se contrasta con la hipótesis general y sí fue posible implementar los principios del código AMIRA P754 para la contabilidad metalúrgica que pueda ser aplicado en plantas concentradoras mediante la metodología propuesta en esta tesis.

CONCLUSIONES

1. En esta tesis **se generó una guía práctica y útil para la implementación de los principios del código AMIRA P754 para la contabilidad metalúrgica** que pudo ser aplicada a plantas concentradoras de pequeña, mediana y gran minería mediante el uso de tablas, diagramas y mapeos de procesos. Lo más importante fue lograr una metodología simple y de fácil entendimiento para los involucrados porque la contabilidad metalúrgica es un proceso que se debe dar de manera continua. Por otro lado, la capacitación es importante y se debe seleccionar correctamente a una persona competente para que impulse su implementación. La principal dificultad es conseguir el financiamiento para los cambios o mejoras en los sistemas de muestreo debido a que se ha evidenciado que no se tiene un conocimiento adecuado sobre las verdaderas consecuencias ocasionadas por un mal sistema de toma de muestra. Finalmente, se puede señalar que

es importante que toda implementación del código AMIRA P754 debe contar con el apoyo de la alta dirección y éstos deben estar convencidos que la contabilidad metalúrgica contribuirá a mejorar la gestión de sus operaciones mineras y que sería bueno profundizar en una nueva línea investigativa que se enfoque en el sesgo de los sistemas de muestreo y su impacto en las variaciones de la contabilidad metalúrgica.

2. **Se diseñó un sistema de implementación del código AMIRA P754 que es utilizable para pequeña, mediana y gran minería** basado en el mapeo de procesos generando una guía simple para que pueda ser utilizada por el sector minero. Lo más importante es que el sistema de implementación propuesto se encuentra estructurado en quince (15) etapas que simplifican la implementación. Lo que más contribuyó a determinar esta estructura fue la experiencia del autor en las diversas etapas de implementación de las diferentes normas en los sistemas de gestión y de ser responsable del cálculo de los parámetros para los balances metalúrgicos.

3. **Se logró proponer una metodología para diseñar un sistema de control de los niveles de la implementación del código AMIRA P754.** Lo más interesante de la generación de esta metodología es que posee un control gráfico sobre el nivel de la implementación del código AMIRA P754, lo cual la convierte de fácil entendimiento para los ejecutores responsables

de dicha implementación. La mayor dificultad en el sistema de control fue el tratar de unificar toda la información que se suele tener en diversas fuentes o diferentes tipos de datos de la información de la planta concentradora. Finalmente, se puede señalar que es importante el control y seguimiento de los niveles de implementación del código AMIRA P754 porque permite al equipo responsable de la implementación direccionar los esfuerzos necesarios para lograr los objetivos con los recursos y tiempo que se hayan establecido.

- 4. Se midió el efecto de la implementación del código AMIRA P754 para la contabilidad metalúrgica en comparación con el método actual de la planta concentradora de pequeña minería.** Lo más relevante fue determinar el mapa del proceso porque permitió definir el sistema CI/CO y así definir la ubicación del concentrado como producto final. Lo más complicado fue determinar el nivel de impacto del Reporte de excepciones debido a que por el tamaño de las operaciones es necesario saber las limitaciones de ciertos requisitos que probablemente requieren mucha inversión CAPEX como los sistemas de mediciones de masa en faja y el cálculo de las leyes a mayor frecuencia, ello comprendería un mayor costo OPEX que puede llegar a ser considerable y necesitaría una evaluación más detallada. Finalmente, se puede señalar que es importante que la alta dirección tome en consideración mejorar los sistemas de medición de

leyes químicas y de masas al ingreso y salida de su planta (sistema CI/CO).

5. **Se midió el efecto de la implementación del código AMIRA P754 para la contabilidad metalúrgica en comparación con el método actual de la planta concentradora de mediana minería.** Lo más destacado fue que se demostró que definir el CI/CO fue de vital importancia en la mediana minería debido a que es el corazón del proceso de implementación para el código AMIRA P754. El mayor inconveniente que se presentó en la implementación fue definir adecuadamente los niveles de incertidumbre que se debe tener en las mediciones de masas y de leyes químicas, ya que en esta mina el área comercial es quien las define y le envía a la planta concentradora. Finalmente se puede señalar que el nivel de reportes tiene una gran oportunidad de mejora y sería recomendable que se evalúe la implementación de sistemas modernos de gestión de datos como LIMS, ERP o gestores de bases de datos.

6. **En esta tesis se midió el efecto de la implementación del código AMIRA P754 para la contabilidad metalúrgica en comparación con el método actual de una planta concentradora de gran minería típica del corredor minero del sur peruano.** Lo que más destacó es el nivel de implementación en gestión de datos que se tiene en plantas concentradoras de la gran minería ya que cuentan con sistemas SCADA,

PI System, ERP, LIMS y un equipo dedicado a la estadística de planta concentradora. Lo más complicado en la implementación fue definir el CI/CO debido a la gran cantidad de mineral que se procesa lo que origina que tomar una muestra representativa de cabeza de alimentación al chancado sea un reto hasta el día de hoy, es por ello que, es una práctica común, tomar la muestra en la alimentación al ingreso del circuito de flotación como cabeza referencial de toda la planta. Otro desafío que se presentó es que aún se tiene como práctica común el medir con topografía los concentrados producidos, en lugar de tener un procedimiento de pesar concentrado en balanza camionera, lo cual generaría un mejor control del producto final. Finalmente, es importante mencionar que sí es posible obtener un buen nivel de implementación del código AMIRA P754 en plantas concentradoras de la gran minería y que es conveniente considerar al código AMIRA P754 desde la fase inicial de los proyectos de la gran minería.

RECOMENDACIONES

1. Alinear los sistemas de muestreo de la planta concentradora según los principios del código AMIRA P754; es decir, realizar mediciones de eficiencia de los sistemas de muestreo en los puntos de muestreo que sean considerados principales o que más impacten en la contabilidad metalúrgica según el análisis de riesgos realizado. Es importante considerar la gestión del muestreo para que esté alineado al ISO 12743 e ISO 11794 principalmente.
2. Acreditar los métodos de ensayo de los laboratorios químicos en la norma ISO 17025 de los analitos que intervengan para el desarrollo del balance metalúrgico, debido a que es un requisito mandatorio del código AMIRA P754.

3. Evaluar los riesgos debido a la pérdida de eficacia (alta presencia de sesgo) de los sistemas de muestreo cuando se realiza una ampliación de tonelaje en las plantas concentradoras, se ha evidenciado que muchas plantas concentradoras no toman en consideración el gran impacto de la variación de flujo másico sobre los muestreadores instalados; esta variación de flujo másico podría distorsionar los controles de los procesos de las plantas concentradoras y también a los resultados de la contabilidad metalúrgica.
4. Integrar y centralizar la data generada en las plantas concentradoras ya que permitirá que las auditorías sean más eficaces y que la implementación de las mejoras sean evaluadas de modo más eficiente por el equipo evaluador para que se pueda generar mejoras del proceso de un modo más ágil por el bien de las operaciones mineras. Es importante considerar los desarrollos del código AMIRA P754 dentro del “Centro Integrado de Operaciones” (CIO) que se tienen en algunas minas, o el área con nombre similar que cumpla con esas funciones.
5. Implementar desarrollos informáticos del tipo visual de la data de la planta concentradora, se recomienda que la data debe ser mostrada en un Dashboard; se recomienda utilizar programas como Power BI o similares. Esta implementación permitirá una evaluación diaria que ayudaría al personal responsable de las operaciones de la planta concentradora,

asimismo las visualizaciones ayudarían a detectar alguna distorsión de los controles en el momento adecuado para su posterior solución.

6. Considerar la implementación del código AMIRA P754 desde la etapa de diseño conceptual de una nueva planta concentradora porque el seleccionar equipos adecuados para el cumplimiento de la Contabilidad Metalúrgica resultaría más económico que cambiar o modificar equipos ya instalados que no cumplen los principios del código AMIRA P754, por ejemplo, las normas de muestreo de la ISO 11794 o ISO 12743.
7. Considerar un presupuesto para los servicios de capacitación en temas de muestreo, balanzas, contabilidad metalúrgica y para los servicios de revisión de los equipos de muestreo y verificar constantemente el nivel del sistema de Contabilidad Metalúrgica adoptado en la unidad minera.
8. Evaluar la implementación del código AMIRA P754 en los almacenes de concentrado donde las empresas mineras entreguen su producto final, sea en los puertos, patio de camiones o inclusive los embarques a granel en barco. Es importante considerar esta implementación en los almacenes de concentrado porque la contabilidad metalúrgica deberá crecer en el alcance durante el tiempo de vida la operación minera ya que así se tendrá una implementación integral y daría más soporte al principio de tener más información para una toma adecuada de decisiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMIRA. (2020). *Amira Global's Page*. White Noise Communications.
<https://amira.global/about-us/>

Amira Internacional. (2007). *AMIRA P754 : Metal Accounting, Code of practice and guidelines* (P. Gaylard, Ed.; 3rd ed.).

Arellano Anticona, G. A. (2011). *Procedimientos para la toma y preparación de muestras concentrados de minerales no ferrosos*. Universidad Nacional de Ingeniería.

Bartlett, H. E., & Liebenberg, M. J. (2014). Mine to metal: A practical balance for a large platinum producer. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 114(1), 103–108.

Brochot, S. (2011). The application of sampling theory in the metallurgical accounting process — Invenio methodology implementation. *5th World Conference on Sampling and Blending*, 185–194.

Brochot, S., & Durance, M.-V. (2012). A New Approach to Metallurgical Accounting. *11TH Mill Operators' Conference 2012*, 16(11), 20–31.

Cappai, L., González, M., Brochot, S., & Vix, P. (2016). Metal Accounting : The Core Responsibility of Process Engineers. In C. Velásquez (Ed.), *12th International Mineral Processing Conference: Procemin 2016*. GECAMIN.

Carneiro, R. (2018). Contabilidad Metalúrgica. *I Congreso Internacional de Muestreo de Minerales: Muestreo 2018*, 9.

- Compton, M. (2003). Beware the dangers of “liquefaction” in dry bulk cargoes. *International Bulk Journal*.
- Congreso de la República del Perú. (2002). Ley 27651 - Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal. In *Boletín oficial del estado*.
- Daruma. (2016). *Etapas para la Implementación de un Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001*. Tiquil. <https://www.darumasoftware.com/gestion-calidad/etapas-implementacion-sistema-gestion-calidad-iso-9001/>
- El Comercio. (2021, August 9). Exportaciones mineras crecieron 71,9% en primer semestre, afirma la SNMPE. *El Comercio*.
- EURACHEM. (2003). EURACHEM/CITAC Guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. In S. Ellison & A. Williams (Eds.), *Journal of Analytical Chemistry* (3rd ed.). <https://doi.org/10.1023/A:1022374509064>
- Gaylard, P., Morrison, R., Randolph, N., Wortley, C., & Beck, R. (2009). Extending the application of the AMIRA P754 code of practice for metal accounting. *Base Metals Conference 2009*, 15–38.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. In M. Á. Toledo Castellanos (Ed.), *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hougen, O. A., & Ragatz, R. A. (1974). *Principios de los procesos químicos* (Editorial Reverté SA, Ed.; Edición en, Issue parte 1). Reverté.
- International Maritime Organization. (2009). IMSBC Code: International Maritime Solid Bulk Cargoes Code. In *International Maritime Organization*. Publications Section.
- International Organization for Standardization. (2006a). *ISO 10251:2006 Copper, lead, zinc and nickel concentrates — Determination of mass loss of bulk material on drying* (zinc and nickel ores and concentrates Technical Committee : ISO/TC 183 Copper, lead, Ed.; 2nd ed.).

- International Organization for Standardization. (2006b). *ISO 12744:2006 Copper, lead, zinc and nickel concentrates — Experimental methods for checking the precision of sampling* (zinc and nickel ores and concentrates Technical Committee : ISO/TC 183 Copper, lead, Ed.; 2nd ed.).
- International Organization for Standardization. (2006c). *ISO 13292:2006 Copper, lead, zinc and nickel concentrates — Experimental methods for checking the bias of sampling* (zinc and nickel ores and concentrates Technical Committee : ISO/TC 183 Copper, lead, Ed.; 2nd ed.).
- International Organization for Standardization. (2009). *ISO 31000:2009 - Risk management - Principles and guidelines* (T. C. : I. 262 R. Management, Ed.; 1st ed.).
- International Organization for Standardization. (2015a). *ISO 9000:2015 Quality management systems — Fundamentals and vocabulary* (T. C. : I. 176/SC 1 C. and Terminology, Ed.; 4th ed.). [https://doi.org/ISBN 978-92-67-10650-2](https://doi.org/ISBN%20978-92-67-10650-2)
- International Organization for Standardization. (2015b). *ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements* (T. C. : I. 176/SC 2 Q. Systems, Ed.; 5th ed.).
- International Organization for Standardization. (2015c). *ISO 14001:2015 Environmental management systems — Requirements with guidance for use* (ISO/TC 207/SC 1 Environmental management systems, Ed.; 3rd ed.).
- International Organization for Standardization. (2017a). *ISO 11794:2017 Copper, lead, zinc and nickel concentrates — Sampling of slurries* (2nd ed.).
- International Organization for Standardization. (2017b). *ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories* (Technical Committee : ISO/CASCO Committee on conformity assessment, Ed.; 3rd ed.). <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2015.7106438>
- International Organization for Standardization. (2018a). *ISO 12743:2018 Copper, lead, zinc and nickel concentrates — Sampling procedures for determination of*

metal and moisture content (zinc and nickel ores and concentrates Technical Committee : ISO/TC 183 Copper, lead, Ed.; 3rd ed.).

International Organization for Standardization. (2018b). *ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use* (1st ed.). ISO/TC 283 Occupational health and safety management.

Lachance, L., Leroux, D., & Gariépy, S. (2015). Managing Business Risks also Involves Managing Measurement Quality. *Procemin 2015*.

Lachance, L., Leroux, D., Gariépy, S., & Flament, F. (2013). Coping with the challenges of metal accounting in copper heap leach operations. *8th Copper International Conference (Cobre 2013)*.

Lachance, L., Leroux, D., Gariépy, S., & Flament, F. (2014). Detecting Sampling Biases in Metal Accounting. *Sampling 2014*.

Landeo, C. (2018). Impala terminals – pioneros en implementar tecnología robótica para el muestreo de concentrados en el Perú. *I Congreso Internacional de Muestreo de Minerales: Muestreo 2018*.

Magalhães, M. F., Chieregati, A. C., Assis, V. M., Peixoto, G. C., & Pereira, M. S. (2018). Optimización de prácticas de muestreo en la plata metalúrgica Corrego do Sitio. *I Congreso Internacional de Muestreo de Minerales: Muestreo 2018*, 1, 1–8.

Ministerio de Energía y Minas. (1992). DS N° 014-92-EM - Ley General de Minería. In *Diario oficial El peruano* (Vol. 9, Issue 1). <https://doi.org/10.1558/jsrnc.v4il.24>

Munro, M. C., & Mohajerani, A. (2015). Determination of the transportable moisture limit of iron ore fines for the prevention of liquefaction in bulk carriers. *Marine Structures*. <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2014.11.004>

Pitard, F. (2009). An Introduction to the Theory of Sampling: An Essential Part of Total Quality Management. In *Comprehensive Chemometrics*. <https://doi.org/10.1016/B978-044452701-1.00089-2>

- Pitard, F. (2014). A simpler system of dimensions and units. Publication #1. *TOS Forum*, 2013(1), 5. <https://doi.org/10.1255/tosf.15>
- Power, D. P. (2010). The application of the AMIRA P754 metal accounting code in the coal industry. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 110(7), 347–349.
- Quispe, E. (2014). *Planeamiento de metas físicas 2013, de la Unidad Operativa Pallancata - Hochschild Mining*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Ramírez, D. (2018). *Sistema robótico de homogenización y toma de muestra de concentrados minerales*. Universidad Andrés Bello.
- Ramirez, Y. (2021, September 22). Julio Velarde: “La minería ha sido fundamental en la economía de los últimos 20 años.” *Rumbo Minero*.
- Riquelme, M. (2010). *Web y empresas*. <https://www.webyempresas.com/producto-terminado/>
- Walter, M., De Piérola, J. C., Cooper, C., & Zegarra, D. (2021). *Minería en Perú 2021-2030: ¿Qué rol juega en la reactivación económica y el desarrollo territorial?: estudio y recomendaciones sectoriales* (Banco Interamericano de Desarrollo, Ed.; 1st ed.). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18235/0003648>
- Wang, H., Koseki, J., & Cai, F. (2017). Numerical evaluation of liquefaction potential of heap of iron ore fines during maritime transportation. *ICSMGE 2017 - 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*.
- Wortley, C. M. G. (2009). Mass measurement for metal accounting — principles, practice, and pitfalls. *Fourth World Conference on Sampling Blending*, 121–127.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | INDICADORES | DISEÑO METODOLÓGICO |
|---|---|---|---|---|--|
| <p>Problema General ¿Cómo implementar un código de balance metalúrgico a una planta concentradora?</p> | <p>Objetivo General Generar una guía para la implementación de los principios del código AMIRA P754 para la contabilidad metalúrgica que pueda ser aplicado a plantas concentradoras de pequeña, mediana y gran minería.</p> | <p>Hipótesis General Se podrá implementar los principios del código AMIRA P754 para la contabilidad metalúrgica que pueda ser aplicado en plantas concentradoras de pequeña, mediana y gran minería.</p> | <p>Variable dependiente: Y Y1: Contabilidad metalúrgica según código AMIRA P754.</p> | <p>Indicadores de Y: Y1: Calidad de la contabilidad metalúrgica según código AMIRA P754.</p> | <p>Tipo de Investigación Experimental tecnológica</p> <p>Nivel de Investigación: Descriptiva correlacional</p> <p>Técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de resultados de laboratorio. • Evaluación de los sistemas de muestreo. • Evaluación de la memoria descriptiva de cada planta. • Análisis del flowsheet de cada planta concentradora. • Evaluación del nivel de implementación de los principios del código AMIRA P754. |
| <p>PROBLEMA ESPECÍFICO</p> | <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> | <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> | <p>Variable independiente: X</p> | <p>Indicadores de X:</p> | |
| <p>Problemas Específicos a. ¿Cómo diseñar un sistema de implementación del código AMIRA P754? b. ¿Cómo lograr una metodología para diseñar un sistema de control de los niveles de la implementación del código? c. ¿Cómo medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 en comparación de la metodología actual de la</p> | <p>Objetivos Específicos a. Diseñar un sistema de implementación del código AMIRA P754. b. Lograr una metodología para diseñar un sistema de control de los niveles de la implementación del código AMIRA P754. c. Medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 en comparación de la metodología actual de la planta concentradora</p> | <p>Hipótesis específica a. Se podrá implementar una metodología para diseñar un sistema de control de los niveles de la implementación del código AMIRA P754. b. Se podrá lograr una metodología para diseñar un sistema de control de los niveles de la implementación del código AMIRA P754. c. Se podrá medir el efecto de la</p> | <p>Variable independiente: X X1: Implementación de los principios del código AMIRA P754. X2: Tamaño de las plantas concentradoras.</p> | <p>Indicadores de X: X1: Nivel de implementación de los principios del código AMIRA P754. X2: Efecto del tamaño de la planta concentradora en el nivel de la implementación.</p> | |

| | | | | |
|--|---|---|--|--|
| <p>planta concentradora de pequeña minería? d. ¿Cómo medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 en comparación de la metodología actual de la planta concentradora de mediana minería? e. ¿Cómo medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 en comparación de la metodología actual de la planta concentradora de gran minería?</p> | <p>de pequeña minería. d. Medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 en comparación de la metodología actual de la planta concentradora de mediana minería. e. Medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 en comparación de la metodología actual de la planta concentradora de gran minería.</p> | <p>implementación del código AMIRA P754 en comparación de la metodología actual de la planta concentradora de pequeña minería. d. Se podrá medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 en comparación de la metodología actual de la planta concentradora de mediana minería. e. Se podrá medir el efecto de la implementación del código AMIRA P754 en comparación de la metodología actual de la planta concentradora de gran minería.</p> | | |
|--|---|---|--|--|

Anexo 2. Lista de siglas y acrónimos

- AMIRA: Australian Mineral Industries Research Association (Asociación Australiana de Investigación de Industrias Minerales).
- ASTM: American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
- BID: Banco Interamericano de Desarrollo.
- BPMN: Business Process Model and Notation (Modelo y notación de procesos de negocios).
- CAPEX: Capital Expenditure (Inversiones de capital).
- CI/CO: Check In / Check Out.
- DPR: Diferencia porcentual relativa.
- ERP: Siglas de Enterprise Resource Planning (Sistema de planificación de recursos empresariales)
- EURACHEM: Es una red de organizaciones en Europa, que tiene como objetivo establecer un sistema para la trazabilidad internacional de las mediciones químicas y la promoción de buenas prácticas de calidad.
- IMO: International Maritime Organization (Organización internacional marítima).
- IMSBC: International Maritime Solid Bulk Cargoes (Marítima Internacional de carga sólida a granel).
- INACAL: Instituto Nacional de la Calidad.
- ISO: Internacional Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).
- ISO 17025: ISO/IEC 17025:2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración
- IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada).
- LIMS: Laboratory Information Management System (Sistema de gestión de información del laboratorio).
- MEM: Ministerio de Energía y Minas.
- MRC: Material de referencia certificado.
- NIST: National Institute of Standards and Technology (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología).
- OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- OIML: International Organization of Legal Metrology (Organización Internacional de Metrología Legal).
- OPEX: Operational expenditures (costos de operación).
- OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
- QA: Quality Assurance (Aseguramiento de la calidad).
- SACP: Sistema de Solicitud de Acciones Correctivas Preventivas.
- TML: Transport Moisture Limit (Humedad límite transportable).
- TOS: Theory Of Sampling (Teoría de muestreo).

Anexo 3



**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA EN EL PORTAL DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL
DE LA UNI**

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y nombres: Guerrero Guevara, José Luis

D.N.I: 45193463

Teléfono casa: +51 1 4853494 celular: +51 956753538

Correos electrónicos: jguerrerog@uni.pe

2. DATOS ACADÉMICOS

Grado académico: Bachiller

Mención: Ingeniería Química

3. DATOS DE LA TESIS

Título:

"Implementación de Contabilidad Metalúrgica Mediante el Código Amira P754
en Plantas Concentradoras"

Año de publicación: 2022

A través del presente, autorizo a la Biblioteca Central de la Universidad Nacional de Ingeniería, la publicación electrónica a texto completo en el Repositorio Institucional, el citado título.

Firma:

Fecha de recepción: 22/06/2022

Anexo 4. Curriculum Vitae

JOSÉ LUIS GUERRERO GUEVARA

jguerrerog@uni.pe



Experto en Contabilidad Metalúrgica en minas de Perú y México. Responsable de la gestión del balance metalúrgico, control de calidad de comercialización de concentrados, laboratorio químico-metalúrgico, responsable de la calibración de los Courier. Soporte en la operación de flotación, gravimetría y filtrado. Mejoré controles con técnicas modernas de gestión de Datos con Power BI. Mejora de procesos con Bizagi y Visio. Experto en Data Science, amplio manejo de Base de Datos y gestión documentaria de Proyectos. Experiencia internacional y con trabajos desarrollados en inglés. Investigador publicado en revistas indexadas en temas de calidad y medio ambiente. Inglés avanzado. Docente de los cursos de Power BI, Excel VBA. Quinto superior UNI. Ingeniero Químico colegiado y habilitado.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

- LINKSOLUTIONS (2021-actualidad). Gestor de proyectos de transformación digital para proyectos Metalúrgicos, Control de calidad y Contabilidad Metalúrgica para Perú, México y Brasil.
- GLENCORE-Inversiones República SA. (2019-2021). Corporativo de la gestión de calidad para la producción, transporte y comercialización de concentrados. Gestión de embarques. Soporte de la contabilidad metalúrgica para las minas del corporativo de Latinoamérica. Soporte de transformación digital en las minas y plantas concentradoras.
- MINSUR (2012-2019). Responsable de los resultados para el balance metalúrgico de la única mina de estaño del Perú (Mina San Rafael). Contabilidad metalúrgica y gestor del control de calidad de las exploraciones, planta y gestión de concentrados.
- ALICORP (2011). Ingeniero de producción de la refinería.
- INDECOPI (2010). Analista de patentes de Ingeniería y de Procesos.
- MINSUR (2010). Trainee del área de control de calidad para los procesos y medio ambiente.

EDUCACIÓN Y FORMACIÓN

- Posgrados
 - Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Maestría en Ciencias en Ingeniería Metalúrgica.
 - Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH). Maestría en Educación en Investigación.
- Diplomados de posgrado
 - IPAE. Diplomado en Administración.
 - CTIC-UNI. Diplomado en Data Science for Business.
 - Mining Society of South Africa. Diplomado en Metalurgia y Medio Ambiente.
 - UNALM. Diplomado en ISO 17025.
- Pregrado
 - Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Ingeniería Química. Promoción 2011. 5to Superior.
- Cursos de Especialización
 - Design Thinking, Universidad del Pacífico, 2021.
 - Proyectos según PMBook, AiChE Perú, 2020.
 - PMRC 237: Contabilidad Metalúrgica, Sociedad de Ingenieros Metalúrgicos de Filipinas, 2020.
 - Curso: I Programa de Analista de Procesos y Mejora Continua, 2020.
 - Taller de muestreo de minerales, Dr. Francis Pitard, 2018.
 - Seguridad Radiológica en DRX y FRX, Centro Superior de Estudios Nucleares IPEN 2018.

EXPOSITOR EN EVENTOS

- Publicación en revista indexada sobre estudio de calidad en ensayos, setiembre 2020.
- Expositor en el Congreso Nacional de Ingeniería Quinquenal CIP, mayo 2018.
- Investigador publicado en International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562, abril 2018.
- Expositor VI Congreso Peruano de Ingeniería de Procesos, COPIP Iquitos agosto 2015.
- Tercer Puesto (Medalla de Bronce) en el Concurso Regional de Matemáticas de Lima y Callao, Organizado por el Ministerio de Educación y la Asociación Educativa Pitágoras, diciembre 2004.

CURRICULUM VITAE

JOSÉ LUIS GUERRERO GUEVARA

jguerrerog@uni.pe



Expert in Metallurgical Accounting in mines in Peru and Mexico. Responsible for the management of the metallurgical balance, quality control of the marketing of concentrates, chemical-metallurgical laboratory, responsible for the calibration of the Couriers. Support in the operation of flotation, gravimetry and filtering. I improved controls with modern data management techniques with Power BI. Process improvement with Bizagi and Visio. Expert in Data Science, extensive management of Databases and document management of Projects. International experience and work developed in English. Researcher published in indexed journals on quality and environment issues. Advanced English. Teacher of Power BI courses, Excel VBA. Top Fifth UNI. Professional Licensed Chemical Engineer.

PROFESSIONAL EXPERIENCE

- LINKSOLUTIONS (2021- to date). Manager of digital transformation projects for Metallurgical projects, Quality Control and Metallurgical Accounting for Peru, Mexico and Brazil.
- GLENCORE-Inversiones República SA. (2019-2021). Corporate quality management for the production, transport and marketing of concentrates. Shipment management. Metallurgical accounting support for the Latin American corporate mines. Digital transformation support in mines and concentrator plants.
- MINSUR (2012-2019). Responsible for the results for the metallurgical balance of the only tin mine in Peru (San Rafael Mine). Metallurgical accounting and quality control manager for exploration, plant and concentrate management.
- ALICORP (2011). Refinery production engineer.
- INDECOPI (2010). Patent Analyst for Engineering and Process.
- MINSUR (2010). Trainee in quality control for process and environment control.

EDUCATION AND FORMATION

- Postgraduate
 - National University of Engineering (UNI). Master of Science in Metallurgical Engineering.
 - Cayetano Heredia Peruvian University (UPCH). Master of Education in Research.
- Postgraduate diplomas
 - IPAE. Diploma in Administration.
 - CTIC-UNI. Diploma in Data Science for Business.
 - Mining Society of South Africa. Diploma in Metallurgy and Environment.
 - UNALM. Diploma in ISO 17025.
- Undergraduate
 - National University of Engineering (UNI). Chemical engineering. Class 2011. Top 5th.
- Specialization courses
 - Design Thinking, Universidad del Pacífico, 2021.
 - Projects according to PMBook, AIChE Peru, 2020.
 - PMRC 237: Metallurgical Accounting, Philippine Society of Metallurgical Engineers, 2020
 - Course: I Process Analyst and Continuous Improvement Program, 2020.
 - Mineral Sampling Workshop, Dr. Francis Pitard, 2018.
 - Radiological Safety in XRD and XRF, Superior Center for Nuclear Studies IPEN 2018.

SPEAKER AT EVENTS

- Publication in indexed journal on the study of quality in essays, September 2020.
- Speaker at the CIP Quinquennial National Engineering Congress, May 2018.
- Researcher published in the International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562, April 2018.
- Exhibitor VI Peruvian Congress of Process Engineering, COPIP Iquitos August 2015.
- Third Place (Bronze Medal) in the Lima and Callao Regional Mathematics Contest, organized by the Ministry of Education and the Pitágoras Educational Association, December 2004.