



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ingenierías

PROYECTO DE TITULACION

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE CADENA DE CUSTODIA EN EL ÁREA
DE PREPARACIÓN MECÁNICA DEL LABORATORIO DE
ENSAYE DE UNIDAD ASIENTOS.

PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA

JOSE OSCAR ORENDAY ORTIZ

ASESOR

JAIME RODARTE MARTINEZ



Contenido

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES 4

2. Agradecimientos..... 4

3. Resumen..... 5

Lista de Tablas..... 6

Lista de Figuras..... 7

CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO11

5.- *Introducción*..... 11

6. *Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.* 12

7. *Problemas a resolver, priorizándolos.* 13

8. *Justificación*..... 14

9. *Objetivos (General y Específicos)* 15

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO 16

10. *Marco Teórico (fundamentos teóricos).* 16

CAPÍTULO 4: DESARROLLO27

11. *Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.*.....27

Capacitación en las áreas de laboratorio.27

Análisis de tiempos y movimientos en preparación mecánica27

Implementación de 5's en área de micro balanza......27

Diseño de experimentos factoriales en área de vía seca......27

Plan de capacitación27

CAPÍTULO 5: RESULTADOS64

12. *Resultados*64

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES76

13. Conclusiones del Proyecto.....	76
CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS	77
14. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.	77
CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN	78
15. Fuentes de información	78
CAPÍTULO 9: ANEXOS	79
17. Anexos	79

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES

2. Agradecimientos.

A mi madre María de Jesús Ortiz por brindarme su apoyo en todo este tiempo de esfuerzos, todo el tiempo sintiéndose orgullosa de tener al primer ingeniero de nuestra familia.

Al Ingeniero Jaime Rodarte Martínez por ser el guía, durante este tiempo de proyecto, brindarme los conocimientos y su apoyo, con toda la disponibilidad.

A mi novia Juana Silvia Galván por seguir apoyándome y creyendo en mí en todo este tiempo.

Al Ingeniero Rogelio Diosdado Palomino el jefe de área de laboratorio de ensayos por otorgar la posibilidad de trabajar con él, y adicionalmente facilitar el día sábado para asistir a clases, por el tiempo y la información para el desarrollo de este proyecto.

3. Resumen.

El proyecto de incrementar la productividad en los análisis de preparación mecánica en el laboratorio de ensayos es para mejorar los procesos con ayuda de herramientas de calidad y herramientas estadísticas, para lograr llevar a cabo el proyecto se asistió a capacitaciones con los operadores más capaces del departamento, los cuales fueron hábiles para compartir técnicas teóricas y prácticas de los procedimientos de preparación mecánica de rocas y vía seca (ensaye al fuego). En la segunda actividad del proyecto se elaboró un estudio de tiempos y movimientos en el área de preparación mecánica de rocas, para poder incrementar la productividad en cuanto a tiempos y actividades que no agregaban valor al producto. En la tercera actividad se implementó la metodología de las 5's en el área de micro balanza donde se lleva a cabo la actividad de apartado de oro y plata, los operadores pesan en miligramos los dores o botones de oro, resultado del proceso de ensayo al fuego. En la cuarta actividad se implementó un diseño de experimentos factoriales (DOE), en el área de vía seca, donde se llevó a cabo la actividad de ensayo al fuego, en este proceso había una variación en la parte de fundición de muestras, es por eso que se realizó un diseño de experimentos para mejorar la preparación y disminuir la variación de los resultados en gramos de plomo metálico, anteriormente se usaba tres aditivos, fue lo que causaba esta problemática, con el estudio estadístico se llegó al resultado que los operadores del proceso solo utilicen al aditivo de azúcar, es el que presento menos variabilidad. En la quinta actividad Se elaboro un plan de capacitación para los operadores del laboratorio de ensaye que ayude a mejorar la mejora continua.

Lista de Tablas

Tabla 1. Cronograma de actividades. Fuente: Ing. Rogelio Diosdado Palomino, 2022.	27
Tabla 2. Lista de materiales. Fuente: Elaboración propia, 2022.....	49
Tabla 3. Simbología de croquis. Fuente: Elaboración propia, 2022.	50
Tabla 4. Categoría de uso. Fuente: Elaboración propia, 2022.	50
Tabla 5. Seiton. Fuente: Elaboración propia, 2022.	51
Tabla 6. Check list. Fuente: elaboración propia, 2022.	53
Tabla 7. Modelo elegido para el diseño de experimentos. Fuente: elaboración propia, 2022.	57
Tabla 8. Análisis de varianza. Fuente: elaboración propia, 2022.	58
Tabla 9. Valor P y decisión. Fuente: elaboración propia, 2022.	59
Tabla 10. Plan de capacitación. Fuente: elaboración propia, 2022.	63
Tabla 11. Antes y después de Diseño de experimentos. Fuente: elaboración propia, 2022.	66
Tabla 12. Resultados de Seiri. Fuente: elaboración propia, 2022.	69
Tabla 13. Resultados de seiton. Fuente: elaboración propia, 2022.....	70
Tabla 14. Resultados de Seiso. Fuente: elaboración propia, 2022.	71
Tabla 15. Resultado de Check list de limpieza. Fuente: elaboración propia, 2022.	73
Tabla 16. Resultados finales de la implementación de 5's en el área de micro balanza. Fuente: elaboración propia, 2022.	74

Lista de Figuras

Figura 1. Gráfico de trituración. Fuente: Quiroz Núñez 1986.	16
Figura 2. ANOVA. Fuente: Raúl Jiménez González. 2012.	21
Figura 3. Suma total de cuadrados. Fuente: Raúl Jiménez González. 2012.	21
Figura 4. Sumas de cuadrados. Fuente: Raúl Jiménez González. 2012.	22
Figura 5. Suma de cuadrados del error. Raúl Jiménez González. 2012.	22
Figura 6. Capacitación de preparación mecánica. Fuente: Elaboración propia, 2022.	28
Figura 7. Muestra colocada en charola. Fuente: Elaboración propia, 2022.	29
Figura 8. Quebradora de quijada. Fuente: Elaboración propia, 2022.	29
Figura 9. Quebradora de cono. Fuente: Elaboración propia, 2022.	30
Figura 10. Cuarteador Jhons. Fuente: Elaboración propia. 2022.	30
Figura 11. Pulverizadores de discos. Fuente: Elaboración propia, 2022.	31
Figura 12. Muestra ya terminada en sobre. Fuente: Elaboración propia.	31
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso. Fuente: Elaboración propia 2022.	32
Figura 14. Capacitación de vía seca. Fuente: Elaboración propia, 2022.	33
Figura 15. Diagrama bimanual método actual. Quebradora de quijada. Fuente: Elaboración Propia, 2022.	35
Figura 16. Diagrama bimanual método actual. Quebradora de cono. Fuente: Elaboración propia, 2022.	35
Figura 17. Diagrama bimanual método actual. Cortador Jhones. Fuente: Elaboración propia, 2022.	36
Figura 18. Diagrama bimanual método actual. Pulverización. Fuente: Elaboración propia, 2022.	36

Figura 19. Medición del trabajo método actual. Quebradora de quijada. Fuente: Elaboración propia, 2022.	37
Figura 20. Medición del trabajo método actual. Quebradora de cono. Fuente: Elaboración propia, 2022.	37
Figura 21. Medición del trabajo método actual. Cortador Jhones. Fuente: Elaboración propia, 2022.	38
Figura 22. Medición del trabajo método actual. Pulverización. Fuente: Elaboración propia, 2022.	39
Figura 23. Tolerancias. Fuente: Elaboración propia, 2022.	40
Figura 24. Tiempo estándar método actual. Quebradora de quijada. Fuente: Elaboración propia, 2022.	40
Figura 25. Tiempo estándar método actual. Quebradora de cono. Fuente: Elaboración propia, 2022.	40
Figura 26. Tiempo estándar método actual. Cortador Jhones. Fuente: Elaboración propia, 2022.	41
Figura 27. Tiempo estándar método actual. Pulverización. Fuente: Elaboración propia, 2022.	41
Figura 28. Diagrama bimanual método propuesto. Quebradora de quijada. Fuente: Elaboración propia, 2022.	42
Figura 29. Diagrama bimanual método propuesto. Quebradora de cono. Fuente: Elaboración propia, 2022.	43
Figura 30. Diagrama bimanual método propuesto. Cortador Jhones. Fuente: Elaboración propia, 2022.	43
Figura 31. Diagrama bimanual método propuesto. Pulverización. Fuente: Elaboración propia, 2022.	44
Figura 32. Medición del trabajo método propuesto. Quebradora de quijada. Fuente: Elaboración propia, 2022.	44

Figura 33. Medición del trabajo método propuesto. Quebradora de cono. Fuente: Elaboración propia, 2022.	45
Figura 34. Medición del trabajo método propuesto. Cortador Jhones. Fuente: Elaboración propia, 2022.	45
Figura 35. Medición del trabajo método propuesto. Pulverización. Fuente: Elaboración propia, 2022.	46
Figura 36. Tiempo estándar método propuesto. Quebradora de quijada. Fuente: elaboración propia, 2022.....	46
Figura 37. Tiempo estándar método propuesto. Quebradora de cono. Fuente: Elaboración propia, 2022.	47
Figura 38. Tiempo estándar método propuesto. Cortador Jhones. Fuente: Elaboración propia, 2022.	47
Figura 39. Tiempo estándar método propuesto. Pulverización. Fuente: Elaboración propia, 2022.	48
Figura 40. Croquis del área de trabajo. Fuente: Elaboración propia, 2022.	49
Figura 41. Seguimiento de limpieza. Fuente: elaboración propia, 2022.....	52
Figura 42. Diagrama de flujo. Fuente: elaboración propia, 2022.....	54
Figura 43. Histograma de botón de plomo. Fuente: elaboración propia.....	54
Figura 44. Diagrama de Pareto. Fuente: elaboración propia, 2022.....	55
Figura 45. Grafica de dispersión de los pesos. Fuente: elaboración propia, 2022.....	55
Figura 46. Diagrama Causa-Efecto. Fuente: elaboración propia, 2022.....	56
Figura 47. Gráficas de residuos. Fuente: elaboración propia, 2022.	60
Figura 48. gráfica de efectos principales. Fuente: elaboración propia, 2022.	60
Figura 49. Gráfica de interacción. Fuente: elaboración propia, 2022.	61
Figura 49. Hoja de operación estándar para preparación de muestras de fundición. Fuente: elaboración propia,2022.....	62

Figura 50. Proceso de fundición. Fuente: Procedimiento de seguro trabajo de vía seca, 2011.....	65
Figura 51. Grafica de cajas de pesos antes y ahora. Fuente: elaboración propia, 2022.	66
Figura 52. Gráfica circular de pesos ahora y antes. Fuente: elaboración propia, 2022.	67
Figura 53. Gráfica de intervalos de pesos antes y después. Fuente: elaboración propia, 2022.	67
Figura 54. Histograma de pesos antes y después. Fuente: elaboración propia, 2022.	68
Figura 55. Plan de seguimiento de limpieza llenado, Fuente: elaboración propia, 2022	72

CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

5.- Introducción

Actualmente se desconoce la capacidad de procesamiento de muestras en el área de preparación mecánica, de tal manera, que no se puede tener un sistema estandarizado para dar respuesta de análisis al principal cliente que es el departamento de geología lo cual, a su vez, tampoco permite contar con una secuencia para el procesamiento en las actividades posteriores a la preparación mecánica de las muestras. Se quiere llegar a conocer la eficiencia de cada uno de los operadores de preparación mecánica de muestras geológicas, por lo cual se plantea como solución hacer una estandarización del procedimiento de trabajo, implementando un estudio de tiempos y movimientos de cada uno de los trabajadores. Para ello se asistió a capacitaciones en los procesos del laboratorio de ensayos. Para el proceso de fundición de vía seca se plantea disminuir la variación en el proceso para la obtención del cubo metálico para que el proceso posterior que es copelación, sea eficiente y los resultados sean entregados en menos tiempo.

6. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.

Empresa Minera Real de Ángeles S.A. de C.V. Unidad Asientos, compuesta por diferentes áreas como gerencia, almacén, operación planta de beneficio, operación mina, mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico, instrumentación, seguridad, medio ambiente, servicio médico y laboratorio de ensayos, los servicios o función principal de la empresa es extracción de minerales, posteriormente beneficio de minerales, como su producción de los minerales, el puesto que ocupara el residente es auxiliar de laborarlo de ensayos en el cual deberá llevar a cabo un proyecto de estudio de tiempos y movimientos para así buscar la mejor optimización de un proceso para minimizar los tiempos.

Logros.

En el marco del VII Encuentro Latinoamericano de Empresas Socialmente Responsables, efectuado en la Ciudad de México del 7 al 12 de abril, las Unidades Mineras El coronel y Asientos, pertenecientes a Minera Real de Ángeles S.A. de C.V., filial de Minera Frisco, fueron galardonadas por cuarto año consecutivo con el distintivo de Empresa Socialmente Responsable.

Misión

Ser una empresa rentable para sus accionistas y competitiva a nivel mundial, que ofrezca productos y servicios de alta calidad; respetuosa de la comunidad y el medio ambiente; que propicie, acorde a las necesidades de la empresa, el desarrollo integral de su personal y que contribuya al desarrollo de México.

Visión

Ser una empresa minera eficiente en la extracción de metales preciosos y metales base, que tenga el menor riesgo en sus procesos, que garantice el retorno de inversión a sus accionistas y favorezca el desarrollo de las comunidades de manera suficiente.

7. Problemas a resolver, priorizándolos.

El problema que se presenta o se ha ido observando en laboratorio de ensayos es de que con cada operador es una diferencia de cantidad de muestras preparadas, algunos pueden entregar más cantidades y otros entregan menos, se quiere llegar a una eliminación de tiempos o movimientos que sean innecesarios para poder igualar o mejorar el procedimiento de trabajo en el área de preparación mecánica de rocas. Se ha podido observar que se pierde tiempo haciendo etiquetas para cada muestra, las muestras cuando llegan de la mina, ya tienen una etiqueta con identificación, no es necesario que tenga dos, también al pulverizar muestras se sacan dos testigos de doscientos gramos cada testigo, pero como anteriormente eran tres testigos se pulverizaba alrededor de 600 gramos de muestra, ahora que solo son dos testigos, se debería pulverizar 400 gramos, así el tiempo de pulverizado puede ser menor. El problema a resolver es principalmente por el tiempo de entrega de resultados que arroja el laboratorio al departamento de geología, se necesita entregar resultados a buen tiempo, el proyecto se plantea para poder tener resultados a un tiempo adecuado.

8. Justificación

Minera Real de Ángeles S.A. de C.V. unidad Asientos es una empresa que se dedica a la exploración, beneficio y producción de minerales plomo cinc y cobre desde el año 2007, se mantiene estable en el mercado, pero pretende mejorar sus procesos. Uno de sus principales problemas son los elevados costos por retrabajos causados por demoras en sus procesos de calidad. Los beneficios que traerá aplicar este proyecto será tener mejor recepción de muestras en laboratorio de ensayos, y resultados más rápido de muestras para el departamento de geología, se recortaran operaciones y movimientos innecesarios del proceso de preparación mecánica de rocas, todo ello con el fin de entregar resultados a tiempo y con calidad, se disminuirá la variación existente en el plomo metálico, ayudara a entregar en menor tiempo el resultado de oro y plata en el proceso de vía seca; con las herramientas de calidad, adicionalmente un diseño de experimentos para que se identifique los factores que afectar el proceso. Se aplicará la mitología de las 5's en el área de micro balanza beneficiará el trabajo eficiente, mediante check list para que se siga cumpliendo lo requerido para mantener la metodología.

9. Objetivos (General y Específicos)

Objetivo general

Hacer un estudio de tiempos y movimientos con los operadores que trabajan en el área de preparación mecánica en laboratorio de ensayos para poder determinar la causa de por qué algunos operadores logran entregar más muestras y por qué otros entregan menos. Disminución de variaciones y tiempos en diferentes actividades que se realizan en el laboratorio de ensayos de la unidad minera, para satisfacer las necesidades de los clientes, para entregar resultados de muestras con calidad y a tiempo.

Objetivos específicos

Diseñar un plan de mejora continua en el que se logre reducir el tiempo del proceso en un 5% los paros de maquinaria y movimientos innecesarios, implementar herramientas de calidad, incrementar la capacidad de los operadores.

Disminuir la variación del peso de plomo metálico en el proceso de fundición en vía seca, con un diseño de experimentos.

Implementar 5's en el área de micro balanza.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

10. Marco Teórico (fundamentos teóricos).

Trituración

La trituración es una operación en el procesamiento de geologías que consiste en la reducción de tamaño de rocas grandes a fragmentos de $\frac{1}{4}$ "a $\frac{3}{4}$ " empleando fuerzas de compresión y en menor tamaño fuerzas de fricción, flexión, cizallamiento u otras.

(Quiroz Núñez, 1986, pág. 60).

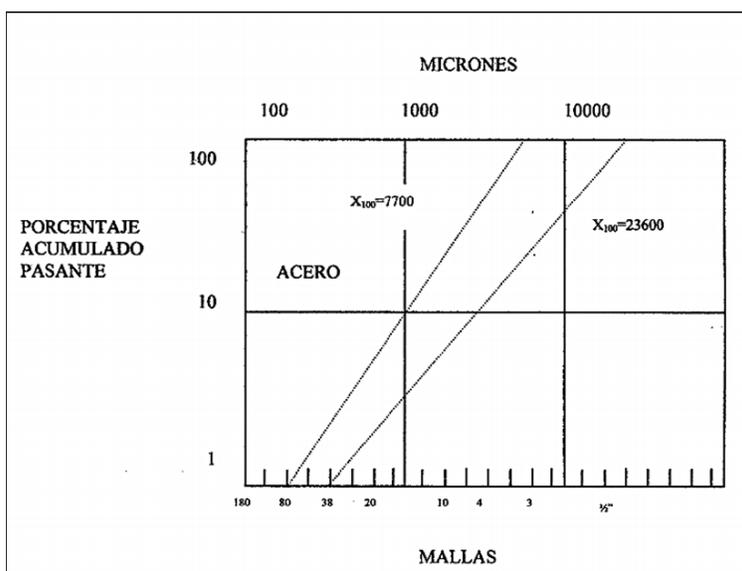


Figura 1. Gráfico de trituración. Fuente: Quiroz Núñez 1986.

Granulometría de productos de la trituración de esferas de vidrio en ambientes de fragmentación constituidos por anillos de acero.

Se realiza en quebradoras que se mueven con una rapidez media o baja en las cuales se consume una apreciable proporción de energía produciendo calor y sonido, por lo que se consideraba que su eficiencia era muy baja respecto a las eficiencias obtenidas en molienda. Bergstrom encontró que esta tendencia era inversa, es decir que la trituración podía ser más eficiente que la molienda, al observar que el ambiente de fragmentación era fundamental en la producción de finos. Así, al fragmentar esferas contenidas en anillos de acero inoxidable, se obtuvo las distribuciones granulométricas indicadas en la Figura 1.

Trituradoras de mandíbulas

En este tipo de máquinas la reducción de tamaño se produce entre dos mandíbulas, una móvil y otra fija situada en forma divergente formando un ángulo de aproximadamente 26°. La mandíbula móvil se mueve a una velocidad que depende del tamaño de maquina (menor en máquinas de gran tamaño y mayor en las de mayor tamaño). La mandíbula móvil se aleja de la fija, permitiendo que el avance del mineral triturado hacia la zona inferior que es más estrecha, repitiéndose este ciclo hasta que mineral abandona la maquina por la abertura de descarga.

Trituradoras de cono

Comprende la reducción de tamaños desde la alimentación proveniente de las descargas de trituradora primaria, en estas operaciones se usan de forma generalizada las trituradoras giratorias cónicas para reducciones de rocas, son utilizadas en planta muy grande para la trituración, en plantas medianas o pequeñas se usan para trituraciones intermedios. Del mismo modo se usan comúnmente en circuitos cerrados como zarandas vibratorias conformando un proceso de chancado que actualmente puede ser remplazado por el sistema de molienda autógena donde la reducción es aprovechada por la consistencia del mineral para auto fragmentarse. (Quiroz Núñez, 1986, pág. 62).

Estudio de tiempos y movimientos

Los estudios de tiempo se llevan a cabo antes de fijar los estándares de tiempo. Cuando una empresa decide introducir un nuevo producto, se le pide a un técnico que proporcione un plan para producir, por ejemplo 2000 piezas por día. El técnico decide diseñar estaciones de trabajo para cada operación de fabricación, de ensamble y empaque. Partiendo del plano de estación de trabajo, se efectúa un análisis de mano izquierda/ mano derecha del contenido del puesto. Como se conocen los movimientos necesarios para hacer el trabajo. Este será el estándar de tiempo que se establecerá antes que la empresa tenga el primer operador. La administración moderna exige que sus ingenieros y técnicos industriales una vigilancia constante a fin de reducir costos, esfuerzos y mejorar el entorno de trabajo.

Cálculo de tiempo estándar

Se determina el tiempo asignado a todos los elementos comprendidos en estudio de los tiempos. Los tiempos elementales o asignados se evalúan multiplicando el tiempo elemental medio transcurrido por el factor de conversión.

El tiempo estándar se obtiene de:

Tiempo estándar = tiempo normal * (1 + % de tolerancia / 100)

Entonces se calculó el tiempo estándar del proceso de preparación mecánica, donde el tiempo normal se toma de las figuras realizadas anteriormente. Para la primera actividad (encender quebradora) el tiempo estándar fue:

TE 1 = (0.11 minutos) (0.90) (1.15) = 0.1138 minutos

En donde 0.90 y 1.15 son las constantes debido a la calificación del operador en estudio, quien *está* muy capacitado para realizar las actividades y del porcentaje de tolerancia, de igual forma se aplicó para todas las actividades.

Tiempo suplementario

Todo proceso este sujeto a variaciones inevitables que se originan de acuerdo a las características humanas y los sistemas involucrados. El tiempo suplemento es el tiempo que se usa por diferencias en los productos o procesos y fatiga. El tiempo suplemento se calcula a partir de un porcentaje sobre el tiempo básico y se aplica a partir de un estudio de la situación particular de cada empresa (Fred E. Meyers, 2000).

Las 5's

La calidad implica mejorar permanentemente la eficacia y eficiencia de la organización y de sus actividades, estar siempre atento a las necesidades del cliente y sus quejas o muestras de insatisfacción. Si se planifican, depuran y controlan los procesos de trabajo, aumentara la capacidad de la organización y su rendimiento. Las 5's es una metodología en pro de la eficacia y la eficiencia de las organizaciones, refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, por ejemplo: se trata de imprimirte mayor calidad de vida al trabajo. Las 5's provienen de términos japoneses que diariamente

ponemos en práctica en nuestra vida cotidiana. La implementación de las 5's sigue un proceso establecido en cinco pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos.

Primer paso o primera S: Eliminar (Seiri)

Significa identificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios para la tarea que se realiza. Consiste en clasificar lo que se necesitó de lo que no se necesita, y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos inútiles que originan despilfarros.

Segundo paso o segunda S: Ordenar (Seiton)

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se pueden encontrar con facilidad. Para este se ha de definir el lugar donde se encuentran de estos elementos necesarios e identificarlos para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición. La actitud que más se opone a lo que representa seiton es la de “ya lo ordenare mañana”, que acostumbra a convertirse en “dejar cualquier cosa en cualquier lugar.

Tercer paso o tercero S: Limpieza e inspección (Seiso)

La limpieza implica identificar y eliminar las fuentes de suciedad, los lugares difíciles de hacer limpieza, los apaños y las piezas deterioradas o gastadas, para lo que se deben establecer y aplicar procedimientos de limpieza.

Cuarto paso o cuarta S: Estandarización (Seiketsu)

Seiketsu es la metodología que permite consolidar las metas alcanzadas aplicando las tres primeras S, porque sistematizar lo hecho en los tres pasos anteriores es básico para asegurar unos efectos perdurables. Estandarizar supone implementar un método para aplicar un procedimiento o una tarea de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales.

Quinto paso o quinta S: Disciplina (Shitsuke)

Se puede traducir como disciplina o normalización, y tiene por meta transformar en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Uno de los elementos básicos, ligados a disciplina, es el desarrollo de una cultura de autocontrol. El que los miembros de la organización apliquen la

autodisciplina, para hacer perdurable el proyecto de las 5's, es la fase más fácil y difícil a la vez; la más fácil por que consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas, y la más difícil porque su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5's a lo largo del proyecto de implementación (Rajadell y Sánchez, 2010).

Diseño de experimentos factoriales

Cuando se requiere investigar la influencia de tres factores (A, B y C) sobre una o más variables de respuesta, y el número de niveles de prueba en cada uno de los factores es a, b y c, respectivamente, se puede crear un arreglo factorial $a \times b \times c$, que consiste de $a \times b \times c$ tratamientos experimentales. Entre los arreglos de este tipo que se utilizan con frecuencia en aplicaciones diversas.

Hipótesis de interés.

El estudio factorial de tres factores permite investigar los efectos, donde el nivel de desglose con el que pueden analizarse depende del número de niveles utilizando en cada factor. Por ejemplo, si un factor se prueba a dos niveles, todo su efecto marginal es lineal, o sea que su efecto individual no se puede descomponer, pero si tuviera tres niveles su efecto marginal se puede descomponer en una parte lineal y otra cuadrática pura. En resumen, se tienen 7 efectos de interés sin considerar desglose, y con ellos se puede plantear siete hipótesis nulas.

H0: Efecto A = 0

H0: Efecto B = 0

H0: Efecto C = 0

H0: Efecto AB = 0

H0: Efecto AC = 0

H0: Efecto BC = 0

H0: Efecto ABC = 0

Cada una aparejada con su correspondiente hipótesis alternativa. El ANOVA para probar estas hipótesis se muestra en la figura 2.

ANOVA para el diseño a x b x c

FV	SC	GL	CM	F_0	Valor-p
Efecto A	SC_A	$a - 1$	CM_A	CM_A/CM_E	$P(F > F_0^A)$
Efecto B	SC_B	$b - 1$	CM_B	CM_B/CM_E	$P(F > F_0^B)$
Efecto C	SC_C	$c - 1$	CM_C	CM_C/CM_E	$P(F > F_0^C)$
Efecto AB	SC_{AB}	$(a - 1)(b - 1)$	CM_{AB}	CM_{AB}/CM_E	$P(F > F_0^{AB})$
Efecto AC	SC_{AC}	$(a - 1)(c - 1)$	CM_{AC}	CM_{AC}/CM_E	$P(F > F_0^{AC})$
Efecto BC	SC_{BC}	$(b - 1)(c - 1)$	CM_{BC}	CM_{BC}/CM_E	$P(F > F_0^{BC})$
Efecto ABC	SC_{ABC}	$(a - 1)(b - 1)(c - 1)$	CM_{ABC}	CM_{ABC}/CM_E	$P(F > F_0^{ABC})$
Error	SC_E	$abc(n - 1)$			
Total	SC_T	$abcn - 1$			

Figura 2. ANOVA. Fuente: Raúl Jiménez González. 2012.

en efecto cuyo valor-p si es menor al valor especificado para alfa, se declara estadísticamente significativo y que afecta al proceso. Las sumas de cuadrados dos son muy similares a las obtenidas para dos factores, habrá que considerar un subíndice adicional para el tercer factor, y comenzando otra vez, por la suma total de cuadrados, estas resultan ser:

$$SC_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{jkl}^2 - \frac{Y_{\dots}^2}{N}$$

Figura 3. Suma total de cuadrados. Fuente: Raúl Jiménez González. 2012.

Donde $N = abcn$ es el total de observaciones del análisis o experimentos. Las sumas de cuadrados de efectos se muestran en la Figura 4.

$$\begin{aligned}
SC_A &= \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i..}^2}{bcn} - \frac{Y_{...}^2}{N} \\
SC_B &= \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j.}^2}{acn} - \frac{Y_{...}^2}{N} \\
SC_C &= \sum_{k=1}^c \frac{Y_{..k.}^2}{abn} - \frac{Y_{...}^2}{N} \\
SC_{AB} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y_{ij.}^2}{cn} - \frac{Y_{...}^2}{N} - SC_A - SC_B \\
SC_{AC} &= \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c \frac{Y_{i.k.}^2}{bn} - \frac{Y_{...}^2}{N} - SC_A - SC_C \\
SC_{BC} &= \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{Y_{.jk.}^2}{an} - \frac{Y_{...}^2}{N} - SC_B - SC_C \\
SC_{ABC} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{Y_{ijk.}^2}{n} - \frac{Y_{...}^2}{N} - SC_{AB} - SC_{AC} - SC_{BC}
\end{aligned}$$

Figura 4. Sumas de cuadrados. Fuente: Raúl Jiménez González. 2012.

Al restar todas del total, la suma de cuadrados del error resulta se muestra en la Figura 5.

$$SC_E = SC_T - SC_A - SC_B - SC_C - SC_{AB} - SC_{AC} - SC_{BC} - SC_{ABC}$$

Figura 5. Suma de cuadrados del error. Raúl Jiménez González. 2012.

Los respectivos grados de libertad resultan de N-1. Una vez hecho el ANOVA, se procede a interpretar el análisis de varianzas, los efectos activos y después (aunque no necesariamente después) a diagnosticar la calidad del modelo. (Raúl Jiménez González, 2012, Pág. 124-125).

Ensayo al fuego

El ensayo al fuego es un método de análisis químico y es la técnica más sencilla para cuantificar oro, esta técnica se realiza para contenidos de plata superiores al 20%. La determinación directa por ensayo al fuego de la plata y el oro permite mejorar la precisión de los análisis para altos contenidos de los mismos en los minerales.

En este método se utiliza una fórmula estandarizada, en la cual se coloca cantidad de mineral entre 20 a 40 gramos, en un crisol de arcilla y se adiciona una carga o mezcla de fundente compuesta esencialmente de bórax, carbonato de sodio, óxido de plomo (litargirio) y carbón. Se mezclan todos los componentes y se funde a aproximadamente 1050 °C. El mineral que contiene los metales nobles debe de homogenizarse con proporciones adecuadas de los compuestos que ayuden a la fusión.

La espectrofotometría de absorción atómica también es utilizada para la cuantificación de pequeñas cantidades de oro. En minerales que contienen sulfuros de hierro la técnica tiene una posible desventaja, ya que el hierro adhiere a una longitud de onda similar a la del oro y se presentan errores de determinación. La fluorescencia de rayos X es una técnica aplicada en la metalurgia química, generalmente elementos de alto peso atómico como el oro son fácilmente analizados por fluorescencia de rayos X, es una técnica no destructiva, se ha encontrado que la fluorescencia de los rayos gama también tiene una importante aplicación para este fin.

Composición y propiedad de la carga de fundente.

La eficacia de la separación de los compuestos indeseables y las impurezas depende de la calidad de la escoria que se forma. Esta eficiencia puede ser media en términos de oro y plata. El rendimiento depende de la naturaleza del mineral aurífero y de las propiedades de la carga de fundente utilizada. La sílice es la base de la carga del fundente que se va a utilizar, ya que por lo general tiene la capacidad de disolver los óxidos metálicos. La carga del fundente se determina en función de los sulfuros presentes en los minerales de estudio. Es importante emplear con un mineral que tenga un tamaño de partícula correcto, de tal modo que cada partícula

de este se encuentre en contacto con las partículas de cada componente de la carga fundente.

Bórax

El bórax es un compuesto que al fundirse forma un vidrio viscoso. Su punto de fusión es de 741°C, a elevadas temperaturas es muy fluido. Es el encargado de disolver todos los óxidos metálicos. La característica principal de este compuesto es reducir los puntos de fusión de las escorias; sin embargo, el exceso del mismo disminuye la formación de una escoria homogénea y dificulta la separación de fases, debido a la reducción del coeficiente de expansión y la reacción que tiene en impedir la cristalización

Carbonato de sodio

Se utiliza para bajar la temperatura de fusión de la sílice, el compuesto tiene la ventaja de formar fácilmente silicatos alcalinos. En presencia de agentes oxidantes como el óxido de plomo se facilita la formación de sulfatos. Es de destacar mencionar que el carbonato de sodio reduce la viscosidad del fundido. El punto de fusión es de 850 °C a 950°C

Sílice

La temperatura de fusión es de 1723°C. la presencia de este compuesto en los minerales aumenta el punto de fusión, por lo tanto, es necesario añadir óxidos de sodio y boro para disminuir el punto de fusión del sistema. Además, la sílice protege el crisol de la corrosión.

Óxido de plomo

El óxido de plomo junto con la incorporación de un agente reductor en este caso carbón, se reduce a plomo metálico, el plomo actúa como colector de metales nobles, como son oro y plata, su punto de fusión es de 883°C . El bismuto cuando se encuentra en elevadas concentraciones dentro de la muestra, no se puede eliminar del regulo metálico ya que es más complicado de oxidar que el plomo (durante la fusión y luego la copelación). Para eliminar la interferencia de los elementos como azufre, arsénico, cinc y cobre se necesita que permanezcan oxidados durante la fusión para su incorporación a la escoria. Esto depende de la concentración en la que se encuentren para puedan contaminar el regulo metálico

de plomo. El plomo tiene mayor afinidad para adherirse con el cobre, esta dificultad se evita por acción del litargirio, que atenúa la probabilidad de reducir el cobre (Álvarez, 2000).

Diagrama de Pareto

Es una gráfica de barras verticales, las cuales buscan simbolizar la importancia de algunas de las causas de una problemática, ante otras, con el fin de determinar a cuál de todas se le debe conceder prioridad. Ante cualquier tipo de problemática pueden hallarse una gran variedad de causas que la originan, entre ellas no todas son lo suficientemente importantes, pues según el análisis de Vilfredo Pareto el 80 % de las causas son de poca importancia y solo el 20% restante es importante, de ahí nace el principio 80-20. Incluso cuando se busca dar solución a una problemática no se puede atacar todas las causas a la vez, debido principal mente a factores como el tiempo y el dinero, por ello el uso de este diagrama es bastante beneficioso cuando se tiene varias causas o fenómenos que provoquen una problemática.

Pasos para hacer un diagrama de Pareto:

1. Es necesario delimitar la problemática o lugar de mejora que se va a atender, también tener claro el objetivo que se persigue. Se prosigue a visualizar o imaginar que tipo de diagrama de Pareto puede ser útil para localizar prioridades o entender mejor la problemática.
2. Con base a lo que menciono anteriormente se discute y decide el tipo de datos que se van a emplear, también los factores que sería importante estratificar.
3. Si la información se va a tomar de reportes anteriores o se va a recolectar, es recomendable definir el periodo del que se tomaran los datos y especificar a la persona responsable de ello.
4. Al terminar de obtener los datos se construye una tabla donde se identifique la frecuencia de cada error, su porcentaje y demás información.
5. Se decide el criterio en el que se va a trabajar los diferentes factores será directamente la frecuencia o si será indispensable multiplicarla por su costo

o intensidad que corresponde.

6. Documentación de referencias del diagrama de Pareto, como son los títulos, periodos, áreas de trabajo.

7. Se realiza la interpretación del diagrama de Pareto.

(D' Alessio, 2002).

Diagrama de causa y efecto

Una de las herramientas más usadas en el diagnóstico de procesos busca relacionar uno de los principales problemas que atraviesa una organización con sus posibles causas para lo cual será necesario hacer uso del pensamiento creativo y conocimiento a detalle del proceso. El diagrama causa y efecto es también conocido como diagrama de espina de pescado, dado que en lo que sería la cabeza del pescado se coloca el inicial problema de desempeño, en las espinas estructurales se colocan las categorías más relevantes de las posibles causas planteadas y las espinas pequeñas que se desligan de las estructurales, se colocan las causas probables específicas (Krajewski, Malhotra y Ritzman, 2013).

Diagrama de análisis de procesos

Es una versión más detallada del diagrama de operaciones, por lo que adicionan las siguientes actividades:

- Demora
- Transporte
- Almacenaje
- Operación

El desarrollo de este diagrama permitirá conocer con mayor detalle el proceso de fabricación, de manera que se pueda analizar cada proceso y reconocer los tiempos de retraso, incorrecto manejo de materiales, y a su vez si la distribución de la planta es adecuada para el proceso (Oficina Internacional del Trabajo, 1996).

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

11. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

El cronograma de actividades realizadas en el periodo de residencias profesionales el cual lo podemos observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Cronograma de actividades. Fuente: Ing. Rogelio Diosdado Palomino, 2022.

Actividades por Quincena	Ago -1 ^a	Ago- 2 ^a	Sept - 1 ^a	Sept - 2 ^a	Oct - 1 ^a	Oct- 2 ^a	Nov - 1 ^a	Nov - 2 ^a	Dic- 1 ^a
Capacitación en las áreas de laboratorio.									
Análisis de tiempos y movimientos en preparación mecánica									
Implementación de 5's en área de micro balanza.									
Diseño de experimentos factoriales en área de vía seca.									
Plan de capacitación									

Capacitación en el área de preparación mecánica de muestras.

Se me capacito en el proceso de preparación mecánica para poder conocer cada actividad que se desempeña en esta operación, se dio a conocer los riesgos, peligros y como protegerse de ellos. En la Figura 6 se puede ver la capacitación de preparación mecánica.



Figura 6. Capacitación de preparación mecánica. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se me otorgo la información sobre los pasos para realizar el proceso de preparación mesanina y son los siguientes:

1. El supervisor de turno verificara las muestras que el personal de geología entrega, que estén debidamente identificadas, procediendo a pesas la muestra correspondiente. Determinar condiciones inadecuadas de las muestras como puede ser que estén rotas las bolsas, se encuentre contaminada la muestra, deberá informar de inmediato al área de geología.
2. Operadores de preparación mecánica de rocas hace una segunda verificación, que las muestras estén debidamente identificadas.
3. El operador de preparación coloca las muestras en una charola, y procede a su secado en un horno a una temperatura de 100° C, como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Muestra colocada en charola. Fuente: elaboración propia, 2022.

4. La muestra se saca del horno, dejándola enfriar a temperatura ambiente.
5. Se procede a encender quebradora de quijadas para que la muestra se triture dejándola a un tamaño de $\frac{1}{4}$ ". Figura 8.



Figura 8. Quebradora de quijada. Fuente: elaboración propia, 2022.

6. Con el fin de reducir el tamaño de la partícula a +10 mallas, se emplean una quebradora de cono, la quebradora se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Quebradora de cono. Fuente: elaboración propia, 2022.

7. Ya que la totalidad de la muestra ha sido reducida de tamaño y con la ayuda del cuarteador Jhons se cuartea la muestra las veces que sea necesario hasta obtener una muestra de 600 gramos aproximadamente. Figura 10.



Figura 10. Cuarteador Jhons. Fuente: elaboración propia. 2022.

8. Se hace una etiqueta con el número de identificación de la muestra, y la etiqueta que tenía de geología se regresa en la bolsa donde se recibió la muestra.
9. La muestra se pulveriza a -100 mallas con la ayuda de un pulverizador de anillos (Figura 11). Se le sugiere que cada cambio de muestra, el equipo se limpie con sílice o vidrio para evitar la contaminación de muestras.



Figura 11. Pulverizadores de discos. Fuente: elaboración propia, 2022.

10. Se homogeniza y divide la muestra en 3 partes iguales, la primera es enviada al laboratorio de ensayos, los dos restantes se guardan para que sirvan de testigos. Durante todo el proceso se debe tener bien identificada la muestra (Figura 12) dejándose en resguardo durante un mes.
11. Como control de calidad se están realizando muestras duplicadas para evaluar todo el proceso desde la entrega hasta el reporte del análisis final.



Figura 12. Muestra ya terminada en sobre. Fuente: elaboración propia.

Ayuda visual en diagrama de flujo.

Se elaboro un diagrama de flujo donde se puede ver las actividades que realiza un operador en el proceso de preparación mecánica, el diagrama lo podemos observar en la Figura 13.

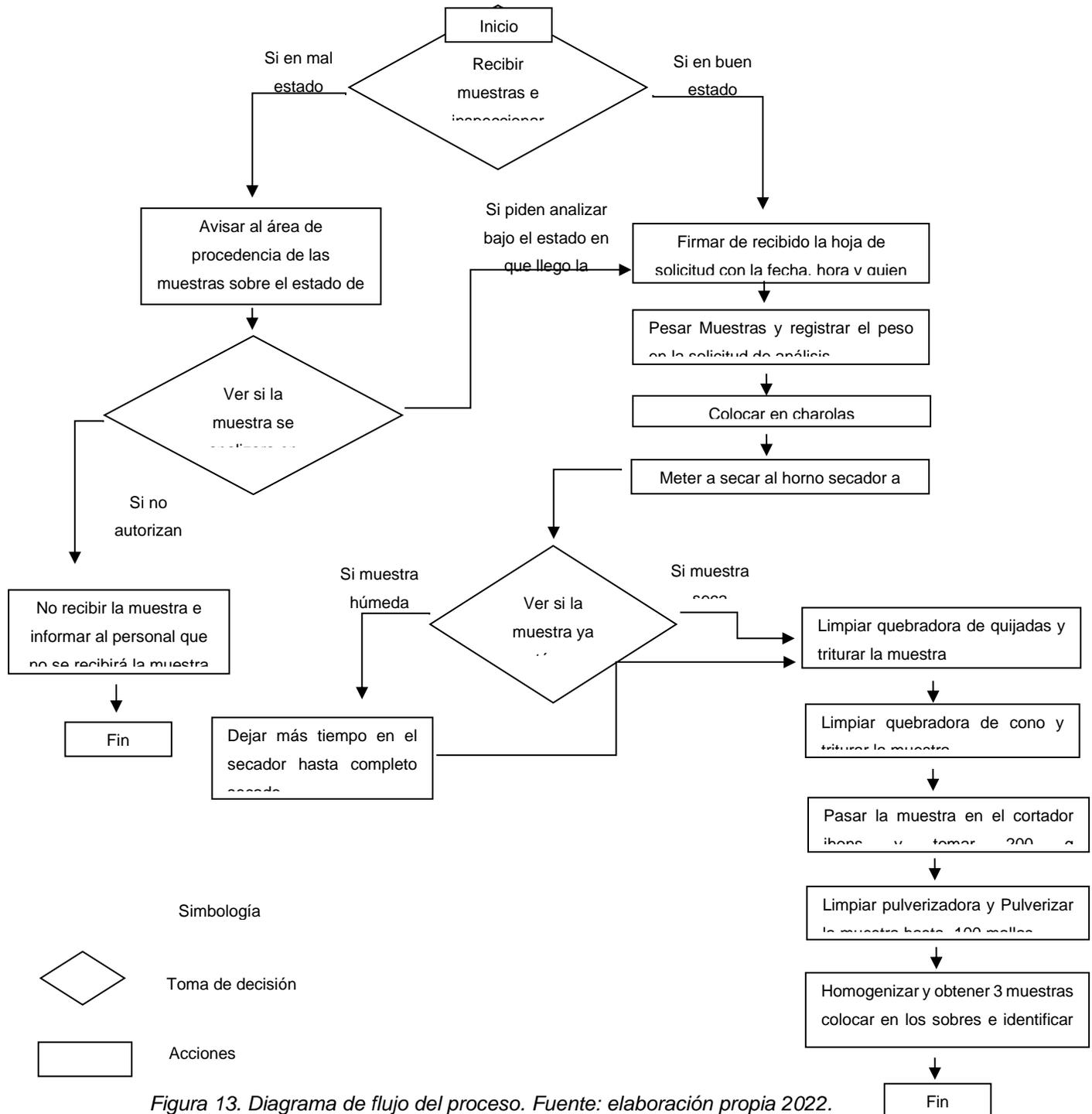


Figura 13. Diagrama de flujo del proceso. Fuente: elaboración propia 2022.

Capacitación en el área de vía seca.

Se impartió una capacitación en área de vía seca donde me proporcionaron suficiente información de los pasos a realizar y puntos importantes a considerar en cuestión de seguridad. En la Figura 14 se observa la capacitación del proceso mencionado.



Figura 14. Capacitación de vía seca. Fuente: elaboración propia, 2022.

Estudio de tiempos y movimientos.

En el área de preparación mecánica de rocas se comenzó a trabajar con la recolección de tiempos en las distintas operaciones que se llevaron a cabo en preparación de muestras, las muestras que se recibieron para preparar son muestras tomadas de la mina subterránea de la misma unidad, las muestras son recibidas por operarios de preparación pertenecientes del laboratorio de ensayos, las muestras son pesadas en una báscula, el peso se registra, las muestras son pasadas por varios procesos que se muestran en el siguiente orden:

- Muestras pasan por quebradora de quijada
- Muestras pasan por quebradora de cono
- Se coloca un papel extra con descripción de muestra
- Muestras pasan por cuarteadores jones
- Muestras se pasan a secar en un secador a 100°C
- Mientras las muestras se secan se identifican 3 bolsas por muestra

- Las muestras ya estando secas se pasan a pulverizar por 1 minuto en pulverizador
- Muestra pulverizada se agrega a las 3 bolsas ya previamente identificadas

Maquinaria utilizada:

- Bascula: sirve para que el operador pese las muestras.
- Quebradora de quijada o mandíbula: es utilizada para reducir el tamaño de la roca.
- Quebradora de cono: es utilizada para reducir el tamaño de la muestra que sale de la quebradora de quijada.
- Extractor de polvos: Ayuda a mantener el área libre de polvos.
- Compresor de aire: Es utilizada para el funcionamiento de los pulverizadores.
- Horno secador: Es utilizado para secar las muestras y posteriormente pulverizar.
- Pulverizadores: Son utilizados para pulverizar las muestras.
- Mesa de preparación de muestras con extracción de polvos.

Herramientas utilizadas:

- | | |
|------------|------------|
| • Brocha | • Cepillo |
| • Espátula | • Plumón |
| • Charolas | • Lapicero |
| • Bolsas | • Rafia |

Equipo de protección personal (EPP):

- | | |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| • Zapato de seguridad | • Protección respiratoria contra polvos |
| • Ropa adecuada para el trabajo (no holgada) | • Lentes |
| • Guantes de nitrilo | • Sordinas |
| • Guantes de carnaza | |

Actividades en el estudio de tiempos.

Se recolecto los tiempos con un cronometro, y para capturar los tiempos de cada operación se usó una hoja impresa, posteriormente a ello los datos se capturaron en una hoja de cálculo de Excel, el operador estudiado estuvo enterado de que este estudio se llevaría a cabo y de misma forma los supervisores correspondientes de los turnos. Con la información recolectada se realizó lo que sigue a continuación.

Diagrama bimanual método actual.

Se elaboró un diagrama bimanual en la actividad de quebradora de quijada, se muestra en la Figura 15.

Diagrama Bimanual				Resumen									
Diagrama Num.	1	Hoja Num.	1 De 4	En la quebradora de quijada o mandibula es la primera actividad de preparación mecánica, el operador se encarga de pasar la muestra por la quebradora para adecuar el tamaño de la roca a un tamaño que se pueda quebrar en la siguiente actividad.									
Dibujo y Pieza:													
Operación: Quebradora de quijada													
Lugar: Laboratorio de ensayes													
Método: Actual Propuesto													
Operario (s) :		Ficha Num.											
Fernando Ponce Mares		1											
Compuesto por:	Oscar	Fecha:	12/09/2022										
Aprobado por:	Rogelio	Fecha:	03/10/2022										
				Símbolo		Símbolo							
Descripción de Movimientos Mano Izquierda				○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	Descripción de Movimientos Mano Izquierda	
Encender quebradora				1				1				Colocar Charola en base	
Tomar muestra					1			1				Vaciar muestra en quebradora	
Limpieza de quebradora				1				1				Apagar quebradora	
Total				2	1	0	0	2	1	0	0		

Figura 15. Diagrama bimanual método actual. Quebradora de quijada. Fuente: elaboración Propia, 2022.

Se elaboró un diagrama bimanual con el método actual, en la actividad de quebradora de cono, se observa en la Figura 16.

Diagrama Bimanual				Resumen									
Diagrama Num.	1	Hoja Num.	2 De 4	En la quebradora de cono se reduce el tamaño de la roca a un tamaño que las rocas se puedan trabajar en el cortador Jhones.									
Dibujo y Pieza:													
Operación: Quebradora de cono													
Lugar: Laboratorio de ensayes													
Método: Actual Propuesto													
Operario (s) :		Ficha Num.											
Fernando Ponce Mares		1											
Compuesto por:	Oscar	Fecha:	12/09/2022										
Aprobado por:	Rogelio	Fecha:	03/10/2022										
				Símbolo		Símbolo							
Descripción de Movimientos Mano Izquierda				○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	Descripción de Movimientos Mano Izquierda	
Encender quebradora				1				1				Vaciar muestra en quebradora de cono	
Con brocha pasar la muestra que no se a quebrado				1				1				Vaciar muestra en charola lado izquierdo	
Vaciar muestra en charola lado derecho				1				1				Apagar quebradora	
Limpieza de quebradora				1				1				Llevar muestra a mesa	
Total				4	0	0	0	3	1	0	0		

Figura 16. Diagrama bimanual método actual. Quebradora de cono. Fuente: elaboración propia, 2022.

Medición del trabajo de preparación mecánica de rocas.

Se elaboró la medición del trabajo en preparación mecánica de rocas de cada una de las cuatro actividades, y ahora se muestran los resultados del método que se denominaba actual del proceso. Se observó diez veces al operador de como realizó muestras y así se obtuvo el tiempo promedio de cada elemento o actividad. En la Figura 19 podemos observar la medición del trabajo de la actividad de quebradora de quijadas.

Fecha:	19/09/2022		Elaboro:		Jose Oscar Orenday		Proceso:		Quebradora de quijada		
Estudio Num.	1		Autorizo:		Ing. Rogelio Diosdado		Lugar:		Preparación mecánica		
Hoja Num:	1 de 4		Operador:		Fernando Ponce		Empresa:		Minera Real de Ángeles SA de CV.		
Elementos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo promedio
Encender quebradora	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.11
Colocar charola en base	0.12	0.12	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.12
Tomar muestra	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.10
Vaciar muestra en quebradora	0.2	0.22	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.21
Limpieza de quebradora	0.3	0.31	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.31
Apagar quebradora	0.05	0.08	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.07

Figura 19. Medición del trabajo método actual. Quebradora de quijada. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se elaboró una medición del trabajo con el método actual, en la actividad de quebradora de cono, en la Figura 20 podemos observar la medición.

Fecha:	19/09/2022		Elaboro:		Jose Oscar Orenday		Proceso:		Quebradora de cono		
Estudio Num.	1		Autorizo:		Ing. Rogelio Diosdado		Lugar:		Preparación mecánica		
Hoja Num:	2 de 4		Operador:		Fernando Ponce		Empresa:		Minera Real de Ángeles SA de CV.		
Elementos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo promedio
Encender quebradora	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.12	0.1	0.1	0.2	0.112
Vaciar muestra en quebradora	0.25	0.26	0.25	0.25	0.24	0.25	0.23	0.24	0.25	0.24	0.25
Pasar la muestra que no se quebrado	0.4	0.4	0.46	0.47	0.41	0.45	0.45	0.43	0.44	0.4	0.43
Vaciar muestra en charola lado izquierdo	0.15	0.16	0.15	0.15	0.17	0.14	0.15	0.15	0.16	0.15	0.15
Apagar quebradora	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.10
Limpieza de quebradora	0.32	0.3	0.35	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.12
Llevar muestra a mesa	1.1	0.9	1	1	1.1	1.1	1	1.2	1.1	1.3	1.08

Figura 20. Medición del trabajo método actual. Quebradora de cono. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se elaboró una medición del trabajo con el método actual, en la actividad de cortador Jhones, en la Figura 21 podemos observar la medición.

Fecha:	19/09/2022		Elaboro:		Jose Oscar Orenday				Proceso:		Cortador Jhones	
Estudio Num.	1		Autorizo:		Ing. Rogelio Diosdado				Lugar:		Preparación mecánica	
Hoja Num:	3 de 4		Operador:		Fernando Ponce				Empresa:		Minera Real de Ángeles SA de CV.	
Elementos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo promedio	
Vaciar muestra en cortador	0.2	0.2	0.2	0.2	0.21	0.2	0.22	0.2	0.2	0.21	0.204	
Vaciar muestra en cortador	0.21	0.2	0.22	0.2	0.2	0.21	0.2	0.23	0.2	0.22	0.21	
Vaciar muestra en cortador	0.21	0.22	0.23	0.2	0.2	0.2	0.2	0.21	0.24	0.2	0.21	
Vaciar el sobrante en bolsa que se recibió	0.32	0.3	0.32	0.31	0.3	0.33	0.3	0.32	0.3	0.31	0.31	
Muestra se vacía en la charola 600 gr	0.15	0.16	0.14	0.15	0.15	0.16	0.17	0.12	0.15	0.15	0.15	
Charola con muestra se almacena en secador	0.4	0.4	0.4	0.45	0.4	0.42	0.4	0.4	0.4	0.42	0.409	
Llevar muestra sobrante a almacén de sobrantes	2.2	2.1	2.2	2	2.1	2.15	1.99	2.7	2.2	2.1	2.174	
Identificar 3 bolsas o sobres	1.51	1.6	1.4	1.52	1.5	1.53	1.5	1.52	1.42	1.5	1.5	

Figura 21. Medición del trabajo método actual. Cortador Jhones. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se elaboró una medición del trabajo con el método actual, en la actividad de pulverización, en la Figura 22 podemos observar la medición.

Fecha:	19/09/2022		Elaboro:	Jose Oscar Orenday				Proceso:	Pulverización		
Estudio Num.	1		Autorizo:	Ing. Rogelio Diosdado				Lugar:	Preparación mecánica		
Hoja Num:	4 de 4		Operador:	Fernando Ponce				Empresa:	Minera Real de Ángeles SA de CV.		
Elementos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo promedio
Sacar muestra de secador	0.21	0.2	0.2	0.21	0.2	0.23	0.2	0.2	0.21	0.22	0.208
Llevar muestra a mesa de preparación	0.3	0.31	0.3	0.33	0.32	0.3	0.3	0.33	0.31	0.32	0.31
Vaciar muestra en los discos	0.11	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.11	0.14	0.12	0.12	0.11
Llevar discos a pulverizador	0.12	0.15	0.15	0.15	0.16	0.15	0.15	0.16	0.14	0.15	0.15
Encender pulverizador 1 minuto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
Llevar discos a mesa de trabajo	0.13	0.1	0.11	0.12	0.11	0.11	0.09	0.11	0.12	0.1	0.11
Vaciar muestra pulverizada en tapete	0.34	0.31	0.3	0.3	0.3	0.31	0.32	0.3	0.31	0.33	0.312
Dividir la muestra en 3 partes	0.25	0.25	0.26	0.25	0.26	0.24	0.25	0.24	0.25	0.25	0.25
Tomar bolsa	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.11
Vaciar 200 gramos de muestra	0.14	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.16	0.14	0.15	0.15	0.147
Tomar bolsa	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Vaciar 200 gramos de muestra	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16	0.14	0.15	0.15	0.16	0.15
Tomar bolsa	0.1	0.11	0.1	0.1	0.12	0.1	0.1	0.09	0.1	0.1	0.102
Vaciar 200 gramos de muestra	0.16	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.15	0.16	0.14	0.14	0.149
Llevar una muestra a laboratorio	2.2	2	2.1	2.2	2.23	2.1	2	2.14	2.11	2	2.108
Llevar las otras dos a almacén de sobrantes	2.9	2.8	2.5	3	2.8	3.1	3	3.1	2.6	3	2.88
Total, de tiempo aproximado del proceso de preparación mecánica de muestras para 1 unidad.											56.4216

Figura 22. Medición del trabajo método actual. Pulverización. Fuente: elaboración propia, 2022.

Márgenes y tolerancias.

Los márgenes y tolerancias se tomaron en cuenta, cuando se obtuvo los tiempos estándares del proceso, ya que el operario no mantiene el mismo ritmo en las primeras horas de trabajo en comparación con las horas de finalización del turno. Ya que hay un desgaste físico e intelectual se requerirá de tiempo adicional para contrarrestar como, por ejemplo:

- Tiempos personales
- Fatiga
- Retrasos inevitables

Tolerancias.

En la Figura 23 podemos observar las tolerancias que se necesitan para calcular el tiempo estándar.

SUPLEMENTOS	%	%
Fatiga	0.05	5%
Tiempos personales	0.06	6%
Retrasos inevitables	0.04	4%
Total	0.15	15%

Figura 23. Tolerancias. Fuente: elaboración propia, 2022.

Tiempos estándares de preparación mecánica.

Se calculó los tiempos estándar de las cuatro actividades de preparación mecánica, es el método actual que se tuvo anteriormente. Se calculó con las tolerancias que se mostraron en la Figura 24.

Fecha:	20/09/2022	Elaboro:	Jose Oscar Orenday	Proceso:	Quebradora de quijada
Estudio Num.	1	Autorizo:	Ing. Rogelio Diosdado	Lugar:	Preparación mecánica
Hoja Num:	1 de 4	Operador:	Fernando Ponce	Empresa:	Minera Real de Ángeles SA de CV.
Elementos	Tiempo promedio		Tiempo estándar		
Encender quebradora	0.110		0.1139		
Colocar charola en base	0.118		0.1221		
Tomar muestra	0.101		0.1045		
Vaciar muestra en quebradora	0.213		0.2205		
Limpieza de quebradora	0.310		0.3209		
Apagar quebradora	0.068		0.0704		

Figura 24. Tiempo estándar método actual. Quebradora de quijada. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se calculó el tiempo estándar en la actividad de quebradora de cono, en la Figura 25 podemos observar.

Fecha:	20/09/2022	Elaboro:	Jose Oscar Orenday	Proceso:	Quebradora de cono
Estudio Num.	1	Autorizo:	Ing. Rogelio Diosdado	Lugar:	Preparación mecánica
Hoja Num:	2 de 4	Operador:	Fernando Ponce	Empresa:	Minera Real de Ángeles SA de CV.
Elementos	Tiempo promedio		Tiempo estándar		
Encender quebradora	0.112		0.1159		
Vaciar muestra en quebradora	0.246		0.2546		
Pasar la muestra que no se quebrado	0.431		0.4461		
Vaciar muestra en charola lado izquierdo	0.153		0.1584		
Apagar quebradora	0.100		0.1035		
Limpieza de quebradora	0.125		0.1290		
Llevar muestra a mesa	1.080		1.1178		

Figura 25. Tiempo estándar método actual. Quebradora de cono. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se calculó el tiempo estándar en la actividad de cortador Jhones, en la Figura 26 podemos observar.

Fecha:	20/09/2022	Elaboro:	Jose Oscar Orenday	Proceso:	Cortador Jhones
Estudio Num.	1	Autorizo:	Ing. Rogelio Diosdado	Lugar:	Preparación mecánica
Hoja Num:	3 de 4	Operador:	Fernando Ponce	Empresa:	Minera Real de Ángeles SA de CV.
Elementos	Tiempo promedio		Tiempo estándar		
Vaciar muestra en cortador	0.204		0.2111		
Vaciar muestra en cortador	0.209		0.2163		
Vaciar muestra en cortador	0.211		0.2184		
Vaciar el sobrante en bolsa que se recibió	0.311		0.3219		
Muestra se vacía en la charola 600 gr	0.150		0.1553		
Charola con muestra se almacena en secador	40.300		41.7105		
Llevar muestra sobrante a almacén de sobrantes	2.174		2.2501		
Identificar 3 bolsas o sobres	1.500		1.5525		

Figura 26. Tiempo estándar método actual. Cortador Jhones. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se calculó el tiempo estándar en la actividad de pulverización, en la Figura 27 podemos observar.

Fecha:	20/09/2022	Elaboro:	Jose Oscar Orenday	Proceso:	Pulverización
Estudio Num.	1	Autorizo:	Ing. Rogelio Diosdado	Lugar:	Preparación mecánica
Hoja Num:	4 de 4	Operador:	Fernando Ponce	Empresa:	Minera Real de Ángeles SA de CV.
Elementos	Tiempo promedio		Tiempo estándar		
Sacar muestra de secador	0.208		0.3430		
Llevar muestra a mesa de preparación	0.312		0.4470		
Vaciar muestra en los discos	0.110		0.2450		
Llevar discos a pulverizador	0.148		0.2830		
Encender pulverizador 1 minuto	1.000		1.1350		
Llevar discos a mesa de trabajo	0.110		0.2450		
Vaciar muestra pulverizada en tapete	0.312		0.4470		
Dividir la muestra en 3 partes	0.250		0.3850		
Tomar bolsa	0.110		0.2450		
Vaciar 200 gramos de muestra	0.147		0.2820		
Tomar bolsa	0.100		0.2350		
Vaciar 200 gramos de muestra	0.150		0.2850		
Tomar bolsa	0.102		0.2370		
Vaciar 200 gramos de muestra	0.149		0.2840		
Llevar una muestra a laboratorio	2.108		2.2430		
Llevar las otras dos a almacén de sobrantes	2.880		3.0150		
Total, del tiempo estándar del proceso de preparación mecánica para 1 unidad			60.2695		

Figura 27. Tiempo estándar método actual. Pulverización. Fuente: elaboración propia, 2022.

Plan sugerido para preparación mecánica.

Se habló con el jefe de departamento de laboratorio de ensayos y con el jefe del departamento de geología donde, se debatió con ellos sobre no dejar dos sobrantes o testigos de cada muestra recibida, normalmente se preparaba una muestra para laboratorio y dos para almacén de sobrantes, este debate era necesario para eliminar tiempos en la preparación de muestras, se llegó a un acuerdo de solo tomar dos testigos de cada muestra recibida, con los siguientes estudios se pudo ver un mejor resultado y reducción de tiempo en el proceso de preparación mecánica de muestras.

Diagrama bimanual método propuesto.

Se elaboró un diagrama bimanual con el método propuesto en la actividad de quebradora de quijada, en la Figura 28 podemos observar el diagrama.

Diagrama Bimanual				Resumen							
Diagrama Num.	1	Hoja Num.	1 De 4	En la quebradora de quijada o mandíbula es la primera actividad de preparación mecánica, el operador se encarga de pasar la muestra por la quebradora para adecuar el tamaño de la roca a un tamaño que se pueda quebrar en la siguiente actividad.							
Dibujo y Pieza:											
Operación: Quebradora de quijada											
Lugar: Laboratorio de ensayos											
Método: Actual Propuesto											
Operario (s) : Fernando Ponce Mares											
Fecha: 26/09/2022											
Aprobado por: Rogelio											
Fecha: 03/10/2022											
		Simbolo		Simbolo							
Descripción de Movimientos Mano Izquierda		○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	Descripción de Movimientos Mano Izquierda	
Encender quebradora		1				1				Colocar Charola en base	
Tomar muestra			1			1				Vaciar muestra en quebradora	
Limpieza de quebradora		1				1				Apagar quebradora	
Total		2	1	0	0	2	1	0	0		

Figura 28. Diagrama bimanual método propuesto. Quebradora de quijada. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se elaboró un diagrama bimanual con el método propuesto en la actividad de quebradora de cono, en la Figura 29 podemos observar el diagrama.

Diagrama Bimanual											
Diagrama Num.	1	Hoja Num. 2	De 4								
Dibujo y Pieza:		Resumen En la quebradora de cono se reduce el tamaño de la roca a un tamaño que las rocas se puedan trabajar en el cortador Jhones.									
Operación:	Quebradora de cono										
Lugar:	Laboratorio de ensayos										
Método:				Actual	Propuesto						
Operario (s) :		Ficha Num.									
Fernando Ponce Mares		1									
Compuesto por:	Oscar	Fecha:	26/09/2022								
Aprobado por:	Rogelio	Fecha:	03/10/2022								
		Símbolo		Símbolo							
Descripción de Movimientos Mano Izquierda		○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	Descripción de Movimientos Mano Izquierda	
Encender quebradora		1				1				Vaciar muestra en quebradora de cono	
Con brocha pasar la muestra que no se a quebrado		1				1				Vaciar muestra en charola lado izquierdo	
Vaciar muestra en charola lado derecho		1				1				Apagar quebradora	
Limpieza de quebradora		1					1			Llevar muestra a mesa	
Total		4	0	0	0	3	1	0	0		

Figura 29. Diagrama bimanual método propuesto. Quebradora de cono. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se elaboró un diagrama bimanual con el método propuesto en la actividad de cortador Jhones, en la Figura 30 podemos observar el diagrama.

Diagrama Bimanual											
Diagrama Num.	1	Hoja Num. 3	De 4								
Dibujo y Pieza:		Resumen El cortador Jhones se utiliza para dividir la muestra por mitad cada vez que se vacía en el dispositivo.									
Operación:	Cortador Jhones										
Lugar:	Laboratorio de ensayos										
Método:				Actual	Propuesto						
Operario (s) :		Ficha Num.									
Fernando Ponce Mares		1									
Compuesto por:	Oscar	Fecha:	26/09/2022								
Aprobado por:	Rogelio	Fecha:	03/10/2022								
		Símbolo		Símbolo							
Descripción de Movimientos Mano Izquierda		○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	Descripción de Movimientos Mano Izquierda	
Vaciar muestra en cortador		1				1				Vaciar muestra en cortador	
Vaciar muestra en cortador		1				1				Vaciar el sobrante en bolsa que se recibió	
Muestra se vacía en la charola 400 gr		1							1	Charola con muestra se almacena en secador	
Llevar muestra sobrante a almacén de sobrantes					1	1				Identificar 2 bolsas o sobres	
Total		3	0	0	1	3	0	0	1		

Figura 30. Diagrama bimanual método propuesto. Cortador Jhones. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se elaboró un diagrama bimanual con el método propuesto en la actividad de pulverización, en la Figura 31 podemos observar el diagrama.

Diagrama Bimanual				Resumen							
Diagrama Num.	1	Hoja Num.	4 De 4	Pulverizar es la actividad de reducir el tamaño de la muestra menor a 100 micras con ayuda de discos de acero.							
Dibujo y Pieza:											
Operación:	Pulverización										
Lugar:	Laboratorio de ensayos										
Método:	Actual	Propuesto									
Operario (s) :	Fernando Ponce Mares										
Compuesto por:	Oscar	Fecha:	26/09/2022								
Aprobado por:	Rogelio	Fecha:	03/10/2022								
Descripción de Movimientos Mano Izquierda		Símbolo				Símbolo				Descripción de Movimientos Mano Izquierda	
		○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽		
Sacar muestra de secador	1									1	Llevar muestra a mesa de preparación
Vaciar muestra en los discos	1									1	Llevar discos a pulverizador
Encender pulverizador 1 minuto	1									1	Llevar discos a mesa de trabajo
Vaciar muestra pulverizada en tapete	1					1					Dividir la muestra en 2 partes
Tomar bolsa	1					1					Vaciar 200 gramos de muestra
Tomar bolsa	1					1					Vaciar 200 gramos de muestra
Llevar una muestra a laboratorio					1					1	Llevar las otras dos a almacén de sobrantes
Total		6	0	0	1	3	3	0	1		

Figura 31. Diagrama bimanual método propuesto. Pulverización. Fuente: elaboración propia, 2022.

Medición del trabajo método propuesto.

Se realizó una medición del trabajo con método propuesto en la actividad de quebradora de quijada, podemos observar la medición en la Figura 32.

Fecha:	27/09/2022		Elaboro:	Jose Oscar Orenday				Proceso:	Quebradora de quijada		
Estudio Num.	1		Autorizo:	Ing. Rogelio Diosdado				Lugar:	Preparación mecánica		
Hoja Num:	1 de 4		Operador:	Fernando Ponce				Empresa:	Minera Real de Ángeles SA de CV.		
Elementos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo promedio
Encender quebradora	0.11	0.1	0.11	0.1	0.12	0.1	0.1	0.1	0.1	0.13	0.107
Colocar charola en base	0.1	0.11	0.12	0.11	0.12	0.11	0.1	0.12	0.1	0.1	0.11
Tomar muestra	0.09	0.1	0.1	0.1	0.08	0.1	0.1	0.1	0.12	0.17	0.11
Vaciar muestra en quebradora	0.21	0.2	0.26	0.19	0.21	0.2	0.2	0.21	0.26	0.23	0.22
Limpieza de quebradora	0.33	0.3	0.31	0.3	0.3	0.35	0.36	0.4	0.31	0.3	0.33
Apagar quebradora	0.04	0.06	0.04	0.03	0.06	0.08	0.07	0.09	0.1	0.11	0.07

Figura 32. Medición del trabajo método propuesto. Quebradora de quijada. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se realizó una medición del trabajo con método propuesto en la actividad de quebradora de cono, podemos observar la medición en la Figura 33.

Fecha:	27/09/2022		Elaboro:		Jose Oscar Orenday		Proceso:		Quebradora de cono		
Estudio Num.	1		Autorizo:		Ing. Rogelio Diosdado		Lugar:		Preparación mecánica		
Hoja Num:	2 de 4		Operador:		Fernando Ponce		Empresa:		Minera Real de Ángeles SA de CV.		
Elementos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo promedio
Encender quebradora	0.06	0.08	0.03	0.05	0.09	0.07	0.09	0.09	0.06	0.11	0.073
Vaciar muestra en quebradora	0.28	0.18	0.19	0.25	0.24	0.26	0.22	0.24	0.21	0.25	0.23
Pasar la muestra que no se quebrado	0.39	0.38	0.34	0.4	0.38	0.43	0.46	0.43	0.44	0.39	0.40
Vaciar muestra en charola lado izquierdo	0.17	0.16	0.16	0.2	0.17	0.16	0.15	0.16	0.19	0.13	0.17
Apagar quebradora	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.10
Limpieza de quebradora	0.34	0.32	0.3	0.4	0.36	0.29	0.22	0.3	0.31	0.39	0.32
Llevar muestra a mesa	1	0.8	0.69	0.9	1	0.85	0.9	0.92	1	0.8	0.886

Figura 33. Medición del trabajo método propuesto. Quebradora de cono. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se realizó una medición del trabajo con método propuesto en la actividad de cortador Jhones, podemos observar la medición en la Figura 34.

Fecha:	27/09/2022		Elaboro:		Jose Oscar Orenday		Proceso:		Cortador Jhones		
Estudio Num.	1		Autorizo:		Ing. Rogelio Diosdado		Lugar:		Preparación mecánica		
Hoja Num:	3 de 4		Operador:		Fernando Ponce		Empresa:		Minera Real de Ángeles SA de CV.		
Elementos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo promedio
Vaciar muestra en cortador	0.21	0.2	0.22	0.21	0.19	0.23	0.24	0.22	0.2	0.19	0.211
Vaciar muestra en cortador	0.18	0.24	0.22	0.21	0.21	0.2	0.2	0.23	0.21	0.23	0.21
Vaciar muestra en cortador	0.19	0.2	0.21	0.2	0.23	0.24	0.2	0.2	0.26	0.2	0.21
Vaciar el sobrante en bolsa que se recibió	0.31	0.32	0.34	0.29	0.31	0.3	0.31	0.36	0.29	0.35	0.32
Muestra se vacía en la charola 400 gr	0.13	0.2	0.13	0.16	0.11	0.19	0.2	0.16	0.15	0.14	0.16
Charola con muestra se almacena en secador	27	27	27	27	27	27.6	27	27.5	26.8	27	27.09
Llevar muestra sobrante a almacén de sobranes	2	1.8	1.9	2.1	2.3	2.2	1.8	2.3	2.2	2	2.06
Identificar 2 bolsas o sobres	0.6	0.58	0.61	0.53	0.59	0.63	0.58	0.6	0.61	0.67	0.6

Figura 34. Medición del trabajo método propuesto. Cortador Jhones. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se realizó una medición del trabajo con método propuesto en la actividad de pulverización, podemos observar la medición en la Figura 35.

Fecha:	27/09/2022		Elaboro:		Jose Oscar Orenday		Proceso:		Pulverización		
Estudio Num.	1		Autorizo:		Ing. Rogelio Diosdado		Lugar:		Preparación mecánica		
Hoja Num:	4 de 4		Operador:		Fernando Ponce		Empresa:		Minera Real de Ángeles SA de CV.		
Elementos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Tiempo promedio
Sacar muestra de secador	0.2	0.21	0.22	0.2	0.22	0.26	0.24	0.2	0.24	0.23	0.222
Llevar muestra a mesa de preparación	0.26	0.38	0.32	0.3	0.34	0.3	0.32	0.33	0.35	0.33	0.32
Vaciar muestra en los discos	0.12	0.14	0.15	0.11	0.15	0.1	0.13	0.14	0.13	0.16	0.13
Llevar discos a pulverizador	0.15	0.16	0.15	0.14	0.15	0.16	0.14	0.15	0.16	0.13	0.15
Encender pulverizador 1 minuto	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.70
Llevar discos a mesa de trabajo	0.16	0.16	0.14	0.17	0.16	0.16	0.16	0.17	0.18	0.17	0.16
Vaciar muestra pulverizada en tapete	0.3	0.32	0.3	0.3	0.37	0.29	0.34	0.3	0.33	0.3	0.32
Dividir la muestra en 2 partes	0.24	0.25	0.26	0.24	0.23	0.24	0.25	0.25	0.26	0.23	0.25
Tomar bolsa	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Vaciar 200 gramos de muestra	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16	0.14	0.15	0.15	0.16	0.15
Tomar bolsa	0.1	0.11	0.1	0.1	0.12	0.1	0.1	0.11	0.1	0.1	0.10
Vaciar 200 gramos de muestra	0.15	0.15	0.14	0.15	0.16	0.16	0.18	0.17	0.16	0.15	0.157
Llevar una muestra a laboratorio	2	2.1	2.4	2	2.1	2.1	2.3	2.1	2.1	2.3	2.16
Llevar las otras dos a almacén de sobrantes	2.9	2.8	2.5	3	2.8	3.1	3	3.1	2.6	3	2.88
Total, de tiempo aproximado del proceso de preparación mecánica de muestras para 1 unidad.											41.77

Figura 35. Medición del trabajo método propuesto. Pulverización. Fuente: elaboración propia, 2022.

Tiempo estándar del método propuesto.

La tolerancia en el método propuesto se aplicó del mismo modo que en el método pasado. Se calculó el tiempo estándar con el método propuesto de la actividad de quebradora de quijada, podemos observar el tiempo estándar en la Figura 36.

Fecha:	28/09/2022		Elaboro:		Jose Oscar Orenday		Proceso:		Quebradora de quijada	
Estudio Num.	1		Autorizo:		Ing. Rogelio Diosdado		Lugar:		Preparación mecánica	
Hoja Num:	1 de 4		Operador:		Fernando Ponce		Empresa:		Minera Real de Ángeles SA de CV.	
Elementos	Tiempo promedio					Tiempo estándar				
Encender quebradora	0.107					0.1107				
Colocar charola en base	0.109					0.1128				
Tomar muestra	0.106					0.1097				
Vaciar muestra en quebradora	0.217					0.2246				
Limpieza de quebradora	0.326					0.3374				
Apagar quebradora	0.068					0.0704				

Figura 36. Tiempo estándar método propuesto. Quebradora de quijada. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se calculó el tiempo estándar con el método propuesto de la actividad de quebradora de cono, podemos observar el tiempo estándar en la Figura 37.

Fecha:	28/09/2022	Elaboro:	Jose Oscar Orenday	Proceso:	Quebradora de cono
Estudio Num.	1	Autorizo:	Ing. Rogelio Diosdado	Lugar:	Preparación mecánica
Hoja Num:	2 de 4	Operador:	Fernando Ponce	Empresa:	Minera Real de Ángeles SA de CV.
Elementos	Tiempo promedio		Tiempo estándar		
Encender quebradora	0.073		0.0756		
Vaciar muestra en quebradora	0.232		0.2401		
Pasar la muestra que no se quebrado	0.404		0.4181		
Vaciar muestra en charola lado izquierdo	0.165		0.1708		
Apagar quebradora	0.100		0.1035		
Limpieza de quebradora	0.323		0.3343		
Llevar muestra a mesa	0.886		0.9170		

Figura 37. Tiempo estándar método propuesto. Quebradora de cono. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se calculó el tiempo estándar con el método propuesto de la actividad de cortador Jhones, podemos observar el tiempo estándar en la Figura 38.

Fecha:	28/09/2022	Elaboro:	Jose Oscar Orenday	Proceso:	Cortador Jhones
Estudio Num.	1	Autorizo:	Ing. Rogelio Diosdado	Lugar:	Preparación mecánica
Hoja Num:	3 de 4	Operador:	Fernando Ponce	Empresa:	Minera Real de Ángeles SA de CV.
Elementos	Tiempo promedio		Tiempo estándar		
Vaciar muestra en cortador	0.211		0.2184		
Vaciar muestra en cortador	0.213		0.2205		
Vaciar muestra en cortador	0.213		0.2205		
Vaciar el sobrante en bolsa que se recibió	0.318		0.3291		
Muestra se vacía en la charola 600 gr	0.157		0.1625		
Charola con muestra se almacena en secador	27.090		28.0382		
Llevar muestra sobrante a almacén de sobrantes	2.060		2.1321		
Identificar 3 bolsas o sobres	0.600		0.6210		

Figura 38. Tiempo estándar método propuesto. Cortador Jhones. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se calculó el tiempo estándar con el método propuesto de la actividad de pulverización, podemos observar el tiempo estándar en la Figura 39.

Fecha:	28/09/2022	Elaboro:	Jose Oscar Orenday	Proceso:	Pulverización
Estudio Num.	1	Autorizo:	Ing. Rogelio Diosdado	Lugar:	Preparación mecánica
Hoja Num:	4 de 4	Operador:	Fernando Ponce	Empresa:	Minera Real de Ángeles SA de CV.
Elementos	Tiempo promedio		Tiempo estándar		
Sacar muestra de secador	0.222		0.3570		
Llevar muestra a mesa de preparación	0.323		0.4580		
Vaciar muestra en los discos	0.133		0.2680		
Llevar discos a pulverizador	0.149		0.2840		
Encender pulverizador 1 minuto	0.700		0.8350		
Llevar discos a mesa de trabajo	0.163		0.2980		
Vaciar muestra pulverizada en tapete	0.315		0.4500		
Dividir la muestra en 3 partes	0.245		0.3800		
Tomar bolsa	0.100		0.2350		
Vaciar 200 gramos de muestra	0.150		0.2850		
Tomar bolsa	0.104		0.2390		
Vaciar 200 gramos de muestra	0.157		0.2920		
Llevar una muestra a laboratorio	2.156		2.2906		
Llevar las otras dos a almacén de sobrantes	2.880		3.0150		
Total, del tiempo estándar del proceso de preparación mecánica para 1 unidad				44.8538	

Figura 39. Tiempo estándar método propuesto. Pulverización. Fuente: elaboración propia, 2022.

Implementación de 5's en área de micro balanza.

El área se llama micro balanza, en ella lo que se realiza es pesar dores (oro y plata) los cuales son producto de un proceso de ensaye al fuego, en la micro balanza se registran los pesos correspondientes a cada dore. La problemática es que no se tiene un orden en los materiales que utilizan al pesar, que son matraces de 10ml y matraces de 25ml, entre otros materiales de limpieza para dores, pinzas, cepillo y martillo. La solución de este problema es implementar las 5's. podemos observar la lista de materiales en la Tabla 2.

Tabla 2. Lista de materiales. Fuente: elaboración propia, 2022.

Nombre de material	Capacidad
Matraces	10 ml
Matraces	25 ml
Martillo	¼ libra
Cepillo	1"
Pinza de joyería	125 mm
Lupa	3 dioptrías
Copelas de magnetita	Nº 9

Croquis del área de trabajo.

Se realizó un croquis del área de micro balanza y podemos observarlo en la Figura 40.

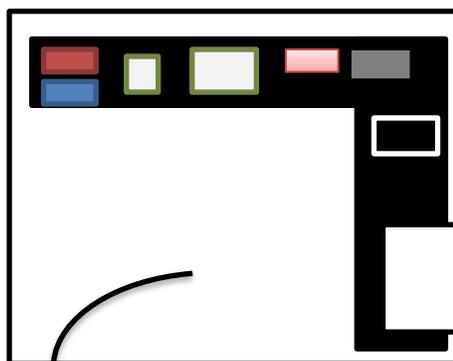


Figura 40. Croquis del área de trabajo. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se realizó una tabla con la simbología del croquis, podemos observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Simbología de croquis. Fuente: elaboración propia, 2022.

Simbología	Descripción
	Matraces de 10ml
	Micro balanza
	Matraces de 25ml
	Crisoles de porcelana
	Mesa de trabajo
	Puerta
	Estante para matraces de 100 ml
	Área de herramienta

Valor que se crea en el área de micro balanza.

La aleación es oxidada en de fusión mejor conocida como copelación a oxido de plomo, y de esa manera se obtiene un botón de metal (oro y plata) que es luego disgregado por un ataque acido quedando el oro libre de la plata, dependiendo del tamaño del dore de oro se podrá elegir el método que cuantificara al botón de oro. Si el botón de oro es grande, este se pesa en la micro balanza y si el dore de oro es pequeño se disgrega con ayuda de ácidos en matraces para luego ser cuantificados mediante el uso del espectrofotómetro de absorción atómica.

Paso 1 Seiri.

Se identificó los materiales que se usan mas seguido y los que casi nunca se utilizan para la actividad de micro balanza. Las categorías de uso se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Categoría de uso. Fuente: elaboración propia, 2022.

Baja	Crisol de porcelana	1 vez al mes
Media	Matraz de 25 ml	1 vez por semana
Alta	Matraz de 10 ml	1 vez al día
Nunca	Matraz de 100 ml	material no se usa

Paso 2 Seiton.

Acciones, dispositivos, reglas utilizadas para ordenar.

Se identificó el material que es más utilizado para poder pesar los dorees de oro y plata, clasificando el alto uso, medio uso y bajo uso. La clasificación de alto, medio y bajo uso se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5. Seiton. Fuente: elaboración propia, 2022.

Alto uso	Medio uso	Bajo uso
✓ Matraz 10 ml ✓ Herramientas	✓ Matraz de 25 ml	✓ Crisol de porcelana

Paso 3 Seiso.

Lista de acciones de limpieza

Se dio a conocer las actividades necesarias para llevar a cabo la limpieza del área de micro balanza y son las siguientes:

- ✓ Trapear piso
- ✓ Limpieza de mesa de trabajo
- ✓ Limpieza de materiales
- ✓ Pintar mesa

Todo ello con el objetivo de eliminar polvos, basura que pueden contaminar el producto del dore, no solo consiste en limpiar sino en eliminar la causa raíz de cualquier tipo de fuente de contaminación.

Paso 4 Seiketsu.

Procedimiento para asegurar el cumplimiento.

En este paso se elaboró un formato de llenado para identificar quien es el responsable de la limpieza en el área, y se puede identificar qué actividad de limpieza se realiza, en la Figura 41 podemos observar la plantilla de seguimiento de limpieza.

			PLANTILLA DE SEGUIMIENTO DE LIMPIEZA						Código: 9070
Lugar	Micro balanza de laboratorio de ensayos Unidad Asientos		GESTION DOCUMENTAL						Versión: 01
			SISTEMA INTEGRADO DE CONSERVACION						Fecha: 10/10/2022
ITEM	FEHCA	HORA	LIMPIEZA		PINTAR MESA		RESPONSABLE DE LIMPIEZA	VERIFICACION DE GESTION DOCUMENTAL	OBSERVACIONES
			LIMPIEZA DE PISO: TRAPEAR	LIMPIEZA DE MAERIAL Y MESA	1 VEZ POR SEMESTRE	1 VEZ AL AÑO			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Figura 41. Seguimiento de limpieza. Fuente: elaboración propia, 2022.

Paso 5 Shitsuke.

Mecanismos para mantener/mejorar el desempeño

Se elaboró un formato de check list para verificar uno cada día.

Se indicó realizar el llenado del check list uno por día en la respectiva área micro balanza, para poder llevar un control de limpieza y evitar posibles contaminaciones de las suciedades que se generan en el laboratorio, el formato de check list lo podemos observar en la Tabla 6.

Tabla 6. Check list. Fuente: elaboración propia, 2022.

Minera Real de Ángeles SA de CV.			Check List de Tareas Diarias	
Área			Fecha	
Operador				
Se debe de marcar con X si la tarea fue realizada				
	Barrer el área de trabajo			
	Trapear el área de trabajo			
	Hacer limpieza en las mesas de trabajo			
	Lavar materiales, matraces y crisoles			
	Ordenar materiales			
	Colocar herramientas en su lugar indicado			
Reviso		Jefe de departamento		

Diseño de experimentos factoriales en área de vía seca.

Medición del proceso

En este punto se usaron algunas de las herramientas de calidad para medir el proceso de vía seca, en el cual se prepararon un total de 45 muestras, 15 muestras preparadas con cada aditivo y los resultados fueron utilizados para estudiar el proceso con las herramientas. Se elaboró un diagrama de flujo donde podemos ver el proceso en sus distintas operaciones que componen el proceso de fundición, podemos observar el diagrama en la Figura 42.

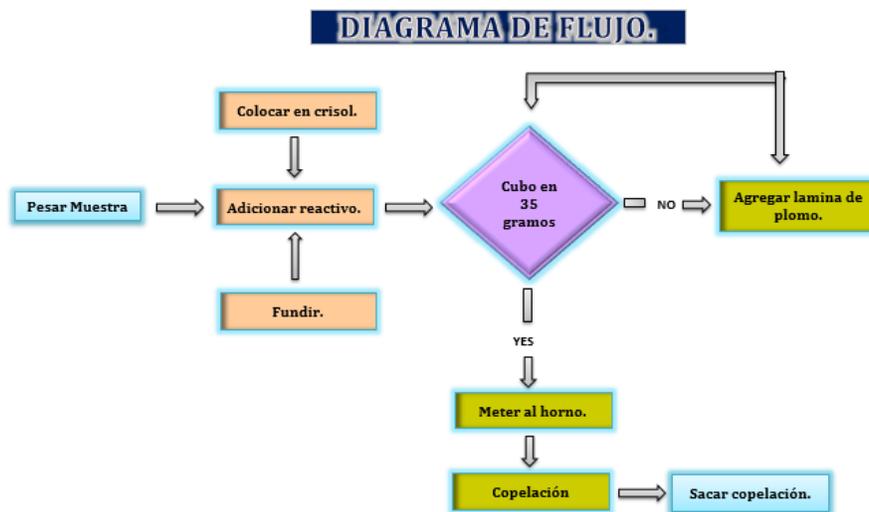


Figura 42. Diagrama de flujo. Fuente: elaboración propia, 2022.

Histograma de Peso de botón de plomo.

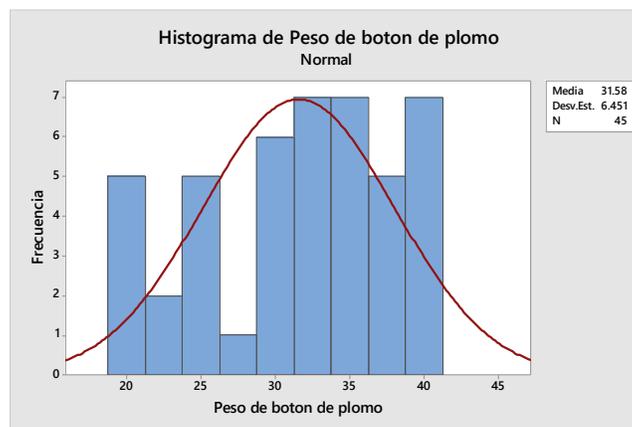


Figura 43. Histograma de botón de plomo. Fuente: elaboración propia.

Se elaboro un histograma con los pesos de plomo metálico, se puede observar el histograma en la Figura 43.

Diagrama de pareto de peso de boton de plomo.

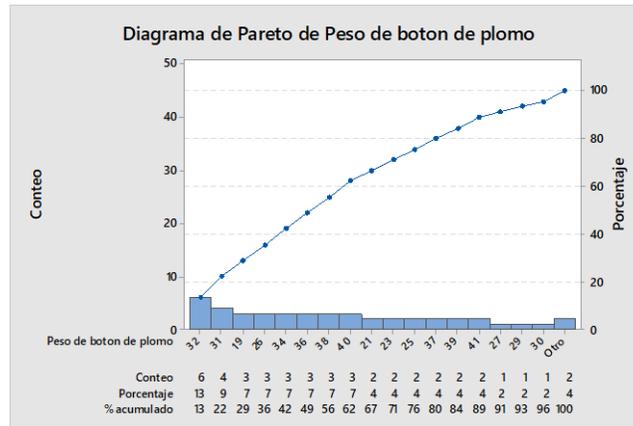


Figura 44. Diagrama de Pareto. Fuente: elaboración propia, 2022.

Se realizó un diagrama de pareto con los pesos en gramos del plomo metalico, podemos observar el diagrama en la Figura 44.

Gráfica de dispersión.

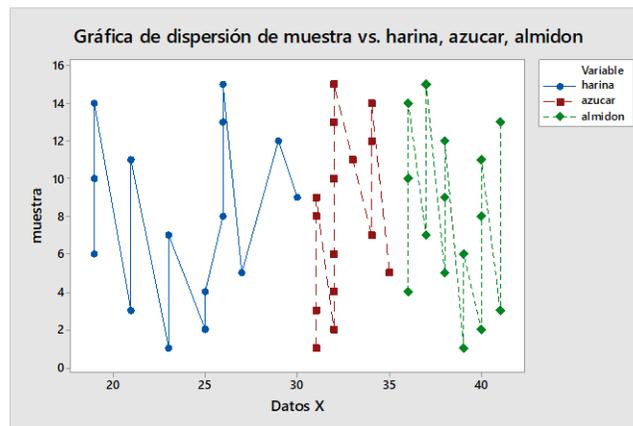


Figura 45. Grafica de dispersión de los pesos. Fuente: elaboración propia, 2022.

En la gráfica de dispersión de la Figura 45 se puede notar que la harina tiene mucha diferencia en los pesos de sus quince muestras, en donde está más ajustado es en azúcar y donde hay media variabilidad es en almidón.

Diagrama causa efecto.

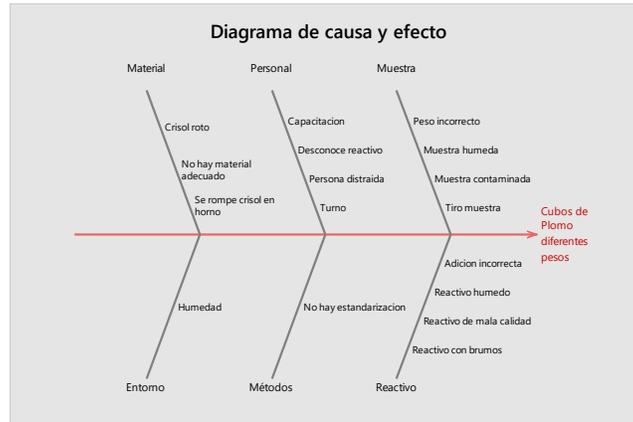


Figura 46. Diagrama Causa-Efecto. Fuente: elaboración propia, 2022.

En el diagrama causa y efecto de la Figura 46 se puede notar que la problemática es que hay pesos diferentes del botón de plomo, donde ya se ha analizado que el peso indicado es de 30 a 35 gramos, y la causa que puede estar afectando principalmente es que no hay un método estandarizado en la preparación de la muestra para hacer la fusión.

Medición de diseños de experimentos.

En laboratorio de ensayos el proceso de ensayo al fuego para hacer el ensayo de muestras de cabezas, colas y minas se tiene una variabilidad en tres aditivos y se quiere llegar a disminuir esta variabilidad dejando solo el mejor tratamiento, los tratamientos son azúcar, almidón y harina. Estos se adicionan antes de fundir la muestra, y al fundirse se debe obtener un cubo de plomo, el cual debe pesar entre 30 a 35 gramos, para ver cuál es el aditivo con más variabilidad o que afecta este proceso, se realizó el ejercicio en Minitab un diseño factorial que determinó cuál aditivo que conviene utilizar. Los resultados de pesos de plomos metálicos con los tres diferentes aditivos los podemos observar en la Tabla 7.

Tabla 7. Modelo elegido para el diseño de experimentos. Fuente: elaboración propia, 2022.

Muestra	Aditivos		
	Almidón	Azúcar	Harina
Cabezas	39	31	23
	40	32	25
	41	31	21
	36	32	25
	38	35	27
Colas	39	32	19
	37	34	23
	40	31	26
	38	31	30
	36	32	19
Minas	40	33	21
	38	34	29
	41	32	26
	36	34	19
	37	32	26

Planteamiento de hipótesis.

Se hizo el planteamiento de las hipótesis alternativas y nulas

H0: modelo f calculada > alfa se acepta hipótesis nula

H1: modelo f calculada < alfa se acepta hipótesis alterna

H0: muestra f calculada > alfa se acepta hipótesis nula

H1: muestra f calculada < alfa se acepta hipótesis alterna

H0: aditivos f calculada > alfa, se acepta hipótesis nula

H1: aditivos f calculada < alfa, se acepta hipótesis alterna

H0: interacción f calculada > alfa, se acepta hipótesis nula

H1: interacción f calculada < alfa, se acepta hipótesis alterna

Creación de arreglo ortogonal

Regresión factorial general: PESO DE PLOMO vs. MUESTRA, ADITIVOS

Información del factor

Factor Niveles Valores

MUESTRA 3 CABEZAS, COLAS, MINAS

ADITIVOS 3 ALMIDON, AZUCAR, HARINA

La tabla de análisis de varianza la podemos observar en la Tabla 8.

Tabla 8. Análisis de varianza. Fuente: elaboración propia, 2022.

Análisis de Varianza							
Fuente	G	SC	Contribució	MCAjust	Valor	F	Decisió
	L	Sec.	n	e	F	Calc	n
Modelo	8	1599.3	87.35%	199.922	31.08	2.18	H1
		8				0	Acepta
Lineal	4	1590.7	86.88%	397.689	0.46	2.60	H1
		6				6	Acepta
MUESTRA	2	5.91	0.32%	2.956	0.45	3.23	H1
						2	Acepta
ADITIVOS	2	1584.8	86.56%	792.422	123.1	3.23	H1
		4			7	2	Acepta
Interacciones	4	8.62	0.47%	2.156	0.34	2.60	H1
						6	Acepta
MUESTRA*ADITIV	4	9.62	0.47%	2.156	0.34	2.60	H1
OS						6	Acepta
Error	36	231.60	12.65%	6.433			
Total	44	1830.9	100%				
		8					

En la Tabla 9 podemos observar el valor de P y la decisión de las hipótesis.

Tabla 9. Valor P y decisión. Fuente: elaboración propia, 2022.

Fuente	Valor P	Decisión
Modelo	0.000	H1 SE ACEPTA
Lineal	0.000	H1 SE ACEPTA
MUESTRA	0.635	H0 SE ACEPTA
ADITIVOS	0.000	H1 SE ACEPTA
Interacciones de 2 términos	0.853	
MUESTRA*ADITIVOS	0.853	H0 SE ACEPTA
Error		
Total		

Decisiones para hipótesis.

H0: modelo f calculada > alfa, se acepta hipótesis nula

H1: modelo f calculada < alfa se acepta hipótesis alterna

H0: muestra f calculada > alfa se acepta hipótesis nula

H1: muestra f calculada < alfa se acepta hipótesis alterna

H0: aditivos f calculada > alfa, se acepta hipótesis nula

H1: aditivos f calculada < alfa, se acepta hipótesis alterna

H0: interacción f calculada > alfa, se acepta hipótesis nula

H1: interacción f calculada < alfa, se acepta hipótesis alterna

Se aceptó la hipótesis alterna afirmando que al menos un aditivo fue diferente y afecto al proceso de vía seca, se hizo el análisis con nivel de confianza de 95% con lo cual se obtuvo los valores para determinar cuáles fueron los tratamientos que afectaron directamente al proceso. Se calculó el valor de F en las tablas de Fisher para obtener los valores de F calculada y así ver que los valores son mayores que $\alpha = 0.05$.

Grafica de residuos.

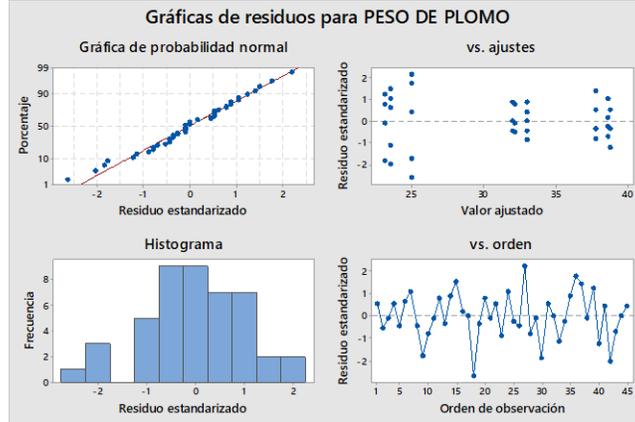


Figura 47. Gráficas de residuos. Fuente: elaboración propia, 2022.

En esta gráfica de la figura 47 podemos observar que el tratamiento o aditivo de azúcar es el que mantiene un peso del botón de plomo más estable, o menos variable que los demás.

Gráfica de efectos principales.

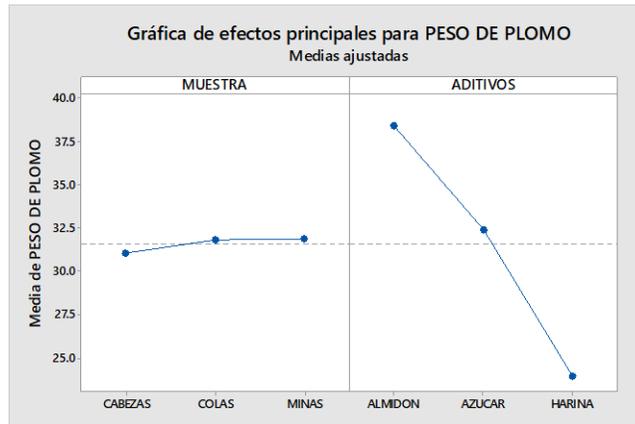


Figura 48. gráfica de efectos principales. Fuente: elaboración propia, 2022.

El resultado que nos arrojó lo podemos observar en Figura 48, esta gráfica también podemos notar que azúcar es el tratamiento que se mantiene en el límite superior a 30 gramos y menor a 35 gramos.

Gráfica de interacción.

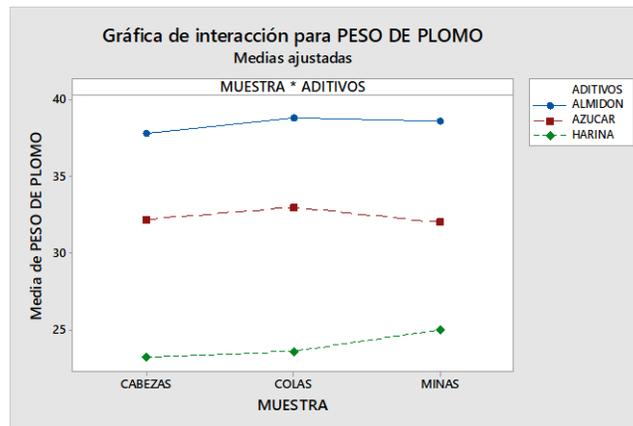


Figura 49. Gráfica de interacción. Fuente: elaboración propia, 2022.

En la Figura 49 se puede observar la gráfica de interacción se puede notar también que el tratamiento de azúcar es el que se mantiene con menos variabilidad y dentro del rango que nos afecta menos en el proceso de ensayo al fuego.

Hoja de operación estándar

Se elaboró una hoja de operación estándar para la actividad de fundición, podemos observar en Figura 50.

 Hoja de Operación Estandar HOJA 1/1					
Nombre de la Operación	PREPARACION DE MUESTRAS PARA FUNDICION	Nombre del Proceso	FUNDICION	PLANTA	LABORATORIO DE ENSAYE
				GERENCIA	0
Equipo de Seguridad	BOTAS CON CASQUILLO, GUANTES DE NITRIL, FAJA, UNIFORME COMPLETO, MASCARILLA CON CARTUCHOS Y LENTES		No. De Revisión	1	
Herramientas	ESPATULA, BROCHA, PINZA PARA CRISOL		Fecha	nov-22	
Tiempo de Aprendizaje	5 DIAS		Confirmado Por	Punto Revisado (Cambio)	EMISION
Modelo	MF9070			Supervisor Gral (Aprobó)	ROGELIO DIOSDADO PALOMINO
No. De Control	1			Supervisor (Elaboró)	JOSE OSCAR ORENDAY ORTIZ
No.	Pasos Principales	Tiempo	Punto Crítico (Razón)		Ilustración
1.-	PREPARAR CRISOL CON FUNDENTE	5 MIN	1. CONFIRMANDO NO HAYA PERSONAL A LA REDONDA O EN EL PASILLO FRONTAL (PROVOCAR ACCIDENTE) 2. CONFIRMANDO LA TOMA DE MATERIAL CON SEGURIDAD, BIEN CENTRADO (TIRAS MATERIAL) 3) CRISOL ROTO (CONTAMINAS MATERIAL)		
2.-	PESAR MUESTRA, VACIAR EN CRISOL Y ADICION DE AZUCAR	3 MIN	1. TENER CUIDADO DE NO CONTAMINAR LA MUESTRA (CONTAMINAS MATERIAL) 2 SE PIERDE LA MUESTRA ENTRE LAS DEMAS POR FALTA DE ORDEN (SE PIERDE EL MATERIAL) 3. COLOCAR EL MATERIAL A NIVEL DE PISO EN SU LOCALIZACION (CONTAMINAS MATERIAL)		
3.-	HOMOGENIZAR MUESTRA CON FUNDENTE, AZUCAR Y MUESTRA	4 MIN	1. EVITAR DERRAMAR REACTIVOS Y MUESTRA (EVITAR CONAMINAR MATERIAL) 2. RECOGER LOS REACTIVOS (GENERAR CONTAMINACION DE REACTIVOS)		
4.-	INTRODUCIR MUESTRA EN HORNO	45 MIN	1. NO TENER ORDEN CON LOS MATERIALES (GENERAS CONDICIONES INSEGURAS EN VIA SECA) 2. CHECAR LOS CRISOLES ANTES DE USARLOS SE ROMPEN CRISOLES DENTRO DEL HORNO 3. COLOCAR EN AREA ASIGNADA (GENERAS CONDICIONES INSEGURAS EN VIA SECA)		
5	RETIRAR MUESTRAS DE HORNO Y VACIAR EN LINGOTEAS, RETIRAR ESCORIA	10 MIN	1. OCACIONAR UN ACCIDENTE (GENERAS CONDICIONES INSEGURAS EN VIA SECA) 2. GENERAR SUCIEDAD CON LA ESCORIA (GENERAS CONDICIONES INSEGURAS EN VIA SECA)		
		67 MIN			
REGISTRO Y/O EJEMPLO DE ACCIDENTE/INCIDENTE/SUSTO Y/O DEFECTOS DE CALIDAD 1 NO USAR EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL 2 MANIPULAR SUSTANCIAS PELIGROSAS SIN ESTAR CAPACITADO 3 COMER EN LAS AREAS DE TRABAJO 4 USAR EL TELEFONO			NO. DE HOE		
			1		
				NOMBRE DE LA PARTE	No DE PARTE
					CANTIDAD

Figura 49. Hoja de operación estándar para preparación de muestras de fundición. Fuente: elaboración propia, 2022.

Plan de capacitación.

Se habló con el jefe de departamento para hacer un plan de capacitación sobre las áreas a las que se les implemento metodologías y herramientas de calidad para que siempre tengan el conocimiento y seguir aplicado las en la unidad minera.

Se realizó un plan de capacitación trimestral en los temas del nuevo método de preparación mecánica de muestras, el cual se ejecutó el día dos de diciembre del presente año.

El programa fue elaborado e implementado para capacitar a los operarios del departamento de laboratorio de ensayos.

A continuación, en la Figura podemos observar el plan de capacitación trimestral.

Tabla 10. Plan de capacitación. Fuente: elaboración propia, 2022.

Temas:	2022	2023			Impartida a:
	Diciembre	Marzo	Junio	Septiembre	
Nuevo método de preparación mecánica.	X				Operarios del Laboratorio.
Importancia de implementar 5's.		X			Operarios del Laboratorio.
Nuevo método de preparación de muestras en Vía seca.			X		Operarios del Laboratorio.
Hoja de operación estándar.				X	Operarios del Laboratorio.
Mejora continua.					X Operarios del Laboratorio.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

12. Resultados

Resultados de la capacitación en los procedimientos de trabajo en el laboratorio de ensayos.

Capacitación de preparación mecánica.

En la capacitación de preparación mecánica se aprendió los pasos que se realizan para realizar la operación, en sus cuatro actividades que lo conforman. La importancia de utilizar el equipo de protección personal, disposición final de residuos.

Capacitación de vía seca.

En esta capacitación nos brindó el conocimiento teórico y práctico de la actividad. Principalmente se recomienda el uso de protección personal adecuado para altas temperaturas, se debe conocer los peligros y riesgos que están presentes en el área, manejo seguro de sustancias peligrosas, conocer las sustancias, preparación de reactivos. Posteriormente preparar muestras para fundir, preparando en crisoles de barro con fundente, se agrega muestra, con una espátula homogenizar la muestra con el fundente, las muestras se pesan dependiendo el tipo de mineral que posee, a la muestra, una vez homogenizada la muestra se introducen los crisoles en la mufla durante una hora; al sacar los crisoles con muestra fundida se vacían en lingoteras de acero inoxidable, después de cinco minutos se retira la escoria de las muestras, quedara un cono de plomo, ese cono se debe hacer en forma de cubo con ayuda de un marro de media libra, y todos los cubos deben pesar aproximadamente treinta y cinco gramos. De lo contrario si los pesos tienen mucha variación, el siguiente proceso tendrá un retraso, algunas muestras tardaran más en terminar el proceso de copelación, y otras muestras terminaran antes. En la Figura 50 podemos observar el proceso de fundición.

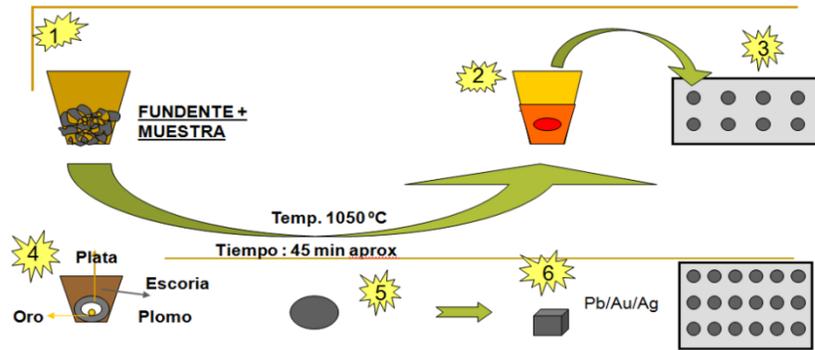


Figura 50. Proceso de fundición. Fuente: Procedimiento de seguro trabajo de vía seca, 2011.

Resultados del estudio de tiempos y movimientos.

Antes de implementarse el estudio de tiempos y movimientos se tuvo un método de trabajo que nunca se había estudiado ni cambiado, donde se observó y resulto una medición del trabajo = 56.4216 minutos y un tiempo estándar = 60.2695 minutos. Se analizó cuales actividades no agregan valor al producto para poder eliminarlos. Se hizo una propuesta para reducir el tiempo. Lo que resulto en el método propuesto fue una medición de trabajo = 41.77 minutos con un tiempo estándar = 44.8538. se redujo el tiempo en la preparación de bolsas, el secado, y pulverizado de muestras.

Resultados del diseño de experimentos.

El resultado obtenido del diseño de experimentos fue que el aditivo con el que mejor se adapta el proceso es con azúcar ya que es el que tiene menos variación en los pesos de plomo metálico, con ayuda de un HOE se estandarizo el proceso donde la preparación de las muestras solo será con azúcar. En la siguiente tabla se muestran los pesos del antes y después del plomo metálico, las especificaciones indican que debe pesar 35 gramos. En la Tabla 11 podemos observar los resultados del experimento.

Tabla 11. Antes y después de Diseño de experimentos. Fuente: elaboración propia, 2022.



Gráfica de caja.

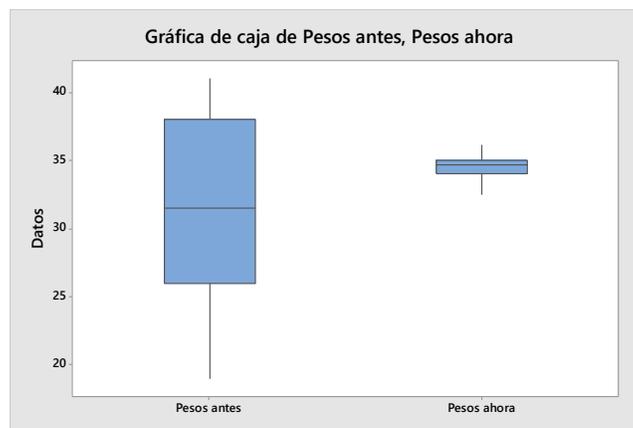


Figura 51. Grafica de cajas de pesos antes y ahora. Fuente: elaboración propia, 2022.

En la Figura 51 se puede observar que, en los pesos de plomo metálico de la gráfica, en la parte de pesos ahora, está ajustado a las necesidades especificadas en la empresa.

Gráfica circular.



Figura 52. Gráfica circular de pesos ahora y antes. Fuente: elaboración propia, 2022.

En la Figura 52 podemos observar las gráficas circulares de pesos ahora y antes se puede destacar que hay menos variaciones de pesos en los pesos de ahora.

Gráfica de intervalos.

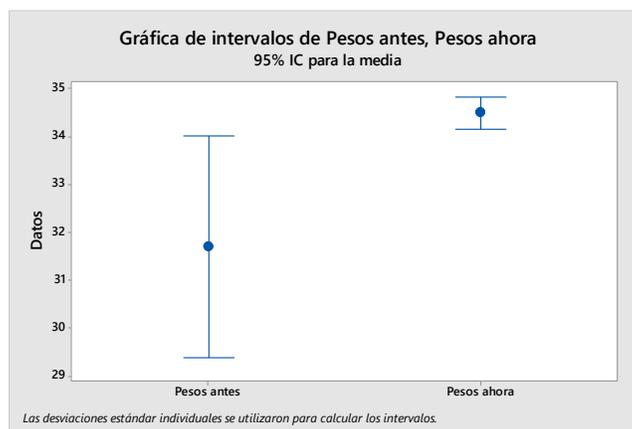


Figura 53. Gráfica de intervalos de pesos antes y después. Fuente: elaboración propia, 2022.

En la Figura 53 podemos identificar en esta grafica que el intervalo de los pesos de ahora se mantiene justa y en las especificaciones que se requieren para que el proceso de fundición sea estable en sus pesos de plomo metálico.

Histograma de pesos.

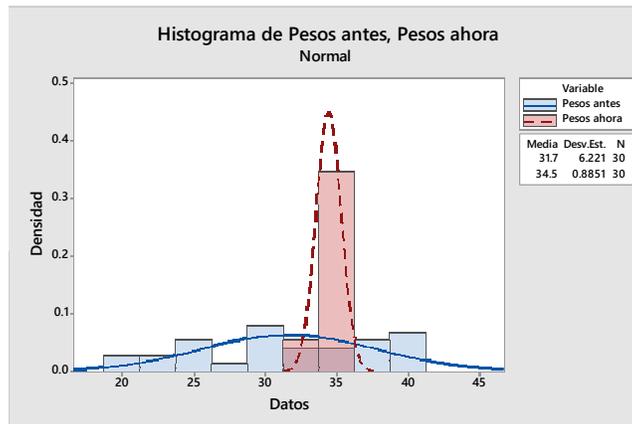


Figura 54. Histograma de pesos antes y después. Fuente: elaboración propia, 2022.

El histograma de la Figura 54 puede identificar que, en los pesos de ahora, tiene una media de 34.5 en gramos con una desviación estándar de 0.08851 esto con una población de 30, es aceptable para el proceso.

Resultados de implementación de 5's en el área de micro balanza

Es muy importante implementar esta metodología donde se marca una diferencia de tener herramientas y equipos en un orden, ayuda a ahorrar tiempo en la actividad, donde se puede destacar que es una metodología que se debe implementar en todas las áreas.

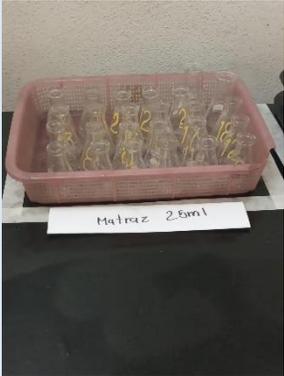
Los resultados del primer paso Seiri se pueden observar en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados de Seiri. Fuente: elaboración propia, 2022.

Baja	<p>Crisol de porcelana</p> 	1 vez al mes
Media	<p>Matraz 25 ml</p> 	1 vez por semana
Alta	<p>Matraz 10 ml</p> 	1 vez al día
Nunca	<p>Matraz de 100 ml</p> 	Material no se usa

Etiquetamiento y delimitado de los materiales utilizados en el área de trabajo, los resultados del segundo paso Seiton los podemos observar en la Tabla 13.

Tabla 13. Resultados de seiton. Fuente: elaboración propia, 2022.

Alto uso	Medio uso	Bajo uso
<p data-bbox="240 422 423 453">Matraz 10 ml</p> 	<p data-bbox="618 422 846 453">Matraz de 25 ml</p> 	<p data-bbox="992 422 1252 453">Crisol de porcelana</p> 
<p data-bbox="240 877 423 909">Herramientas</p> 		

Los resultados del paso 3 Seiso, los podemos observar en la tabla 14.

Tabla 14. Resultados de Seiso. Fuente: elaboración propia, 2022.

Antes	Después
	
	

El resultado del paso 4 Seiketsu lo podemos observar en la Figura 55.

Se capturaron los datos para el llenado del formato de plantilla de seguimiento de limpieza.

			PLANTILLA DE SEGUIMIENTO DE LIMPIEZA						Código: 9070
Lugar	Micro balanza de laboratorio de ensayos Unidad Asientos		GESTION DOCUMENTAL				Versión: 01		
			SISTEMA INTEGRADO DE CONSERVACION				Fecha: 10/10/2022		
ITEM	FEHCA	HORA	LIMPIEZA		PINTAR MESA		RESPONSABLE DE LIMPIEZA	VERIFICACION DE GESTION DOCUMENTAL	OBSERVACIONES
			LIMPIEZA DE PISO: TRAPEAR	LIMPIEZA DE MAERIAL Y MESA	1 VEZ POR SEMESTRE	1 VEZ AL AÑO			
1	10-oct	07:30 a. m.	Realizado	Realizado	Realizado	No	Erika Muñoz	Verificado	No hay pintura
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Figura 55. Plan de seguimiento de limpieza llenado, Fuente: elaboración propia, 2022

En la Tabla 15 podemos observar el llenado de Check list, resultado del paso 5 Shitsuke.

Tabla 15. Resultado de Check list de limpieza. Fuente: elaboración propia, 2022.

Minera Real de Ángeles SA de CV.			Check List de Tareas Diarias	
Área	Micro Balanza		Fecha	10/10/2022
Operador	Erika Muñoz			
Se debe de marcar con X si la tarea fue realizada				
X	Barrer el área de trabajo			
X	Trapear el área de trabajo			
X	Hacer limpieza en las mesas de trabajo			
X	Lavar materiales, matraces y crisoles			
X	Ordenar materiales			
X	Colocar herramientas en su lugar indicado			
Reviso	Jose Oscar Orenday	Jefe de departamento	Ing. Rogelio Diosdado P.	

En la tabla 16 podemos observar los resultados finales de implementar la metodología de 5's.

Tabla 16. Resultados finales de la implementación de 5's en el área de micro balanza. Fuente: elaboración propia, 2022.

Antes	Después
	
 	



Se ha planificado con el jefe de departamento continuar implementando la metodología de las 5's en las áreas que complementan el laboratorio ya que no se ha implementado antes y nos pudimos dar cuenta de la importancia que lleva hacerlo, considerando que el tener suciedad como polvos nos puede perjudicar en los resultados reales de las muestras, teniendo limpieza y orden se puede lograr entregar resultados a los clientes más exactos sin contaminantes que interfieran.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

13. Conclusiones del Proyecto

La importancia de hacer este proyecto sirve de aprendizaje de cómo es la realidad en lo teórico de las clases y que no se compara con aplicarlo en el campo laboral, tener que enfrentar la resistencia al cambio de los operadores, pero es una gran experiencia que para bien me sirve bastante ya que estuve aprendiendo junto a mi asesor de la empresa y los demás supervisores también me aconsejaron y apoyaron en todo momento. Espero seguir aprendiendo a usar e implementar estas y más herramientas en diversas empresas. La importancia del estudio de tiempos se me hizo interesante pero faltó más tiempo para llevar a cabo las actividades, no es sencillo hacer residencias, tener clases y trabajar. Me hubiera gustado sacarle más provecho a mi proyecto. Sin duda es una experiencia lo que aprendí lo llevaré a más procesos. Al realizar el proyecto me di cuenta de que me hace falta estudiar mucho sobre las herramientas estadísticas y herramientas de calidad, así como también necesito practicar mucho mi redacción, la ortografía debo mejorarla también. Me gustaría también llevar más este tipo de problemáticas, pero en empresas que no sean de minería.

CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS

14. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

1. Implementé capacitaciones que se imparten en la unidad.
2. Mejoré capacitaciones didácticas con los operadores de laboratorio de ensayos.
3. Implementé un estudio de tiempos y movimientos en el área de preparación mecánica de geologías.
4. Implementé 5's en el área de micro balanza del departamento asignado.
5. Formulé un diseño de experimentos factoriales.
6. Capacité operarios sobre las 5's.
7. Capacité operarios en el tema de las hojas de operación estándar.
8. Capacité operarios de preparación mecánica sobre el método propuesto de trabajo.
9. Desarrollé un plan de capacitación sobre los temas de mejora continua.
10. Apliqué los conocimientos adquiridos en los cursos de la especialidad de ingeniería industrial.
11. Capacité operarios sobre seguridad industrial.

CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN

15. Fuentes de información

Referencias de Libros

1. Jiménez Gonzales R. (2012). *Estadística Inferencial II*. Baja California.
2. Mayers Fred E. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos*. México.
3. Tanco M. (2009). *Diseño de experimentos*. Madrid.

Referencias de internet:

1. Aplicación de Ciclo Deming PDCA (2009). Ciclo de mejora de la gestión de procesos. Recuperado el 03 de octubre de 2022, de <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTECH-Gestion/issue/view/3>
2. Fuentes G. (2003). Estudio de tiempos y movimientos las operaciones realizadas en productos lácteos. USAC, Facultad de Ingeniería, Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1095_IN.pdf

CAPÍTULO 9: ANEXOS

17. Anexos



Minera Real de Ángeles, S.A. de C.V.
Unidad Asientos.

Asientos, Aguascalientes, 02 de diciembre de 2022

Asunto: **Carta de Liberación**

DR. JOSE ERNESTO OLVERA GONZALEZ
DIRECTOR DEL ISNTITUTO TECNOLOGIO DE PABELLON DE ARTEAGA
P R E S E N T E.

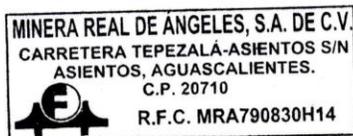
CON ATENCIÓN A JULISSA ELAYNE COSME CASTORENA
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN

Por este conducto, me permito informarle que C. JOSE OSCAR ORENDAY ORTIZ con número de matrícula A181050781, alumno de la carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL, ha concluido satisfactoriamente sus Prácticas Profesionales en MINERA REAL DE ANGENES S.A de C.V. en el proyecto "ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACION DE CADENA DE CUSTODIA EN EL AREA DE PREPARACION MECANICA DE LABORATORIO DE ENSAYE DE UNIDAD ASIENTOS".

Siendo su asesor empresarial el Ing. Rogelio Diosdado Palomino, cubriendo un total de 500 horas durante el periodo del 01 de agosto de 2022 al 02 de diciembre de 2022.

Sin otro particular por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,




Lic. Ricardo Esquivel Velazquez
CAPACITACION Y RECLUTAMIENTO
MINERA REAL DE ANGELES, S.A. DE C.V.

c.c.p/control escolar

MINERA REAL DE ANGELES S.A DE C.V.
Carretera Tepezala- Asientos S/N.
Mina Santa Francisca
Asientos, Aguascalientes. C.P. 20712
Tel. 01(496)967 6000
Fax. 01(496)967 6003
www.minerafrisco.com