

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



Reducción de tiempos de reporte aplicando Herramientas
de Manufactura Esbelta en un Laboratorio Químico de
Análisis de Minerales en la Libertad

Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Ingeniería
Industrial que presenta:

William Santiago Nuñez López

Asesor:

Cesar Augusto Corrales Riveros


Lima, 2026

Informe de Similitud

Yo, César Augusto Corrales Riveros, docente de docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor del trabajo de investigación titulado **REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE REPORTE APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN UN LABORATORIO QUÍMICO DE ANÁLISIS DE MINERALES EN LA LIBERTAD**, del autor **William Santiago, Núñez López**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 20 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 30/12/2025.
- He revisado con detalle dicho reporte y confirmo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio alguno.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 30 de Diciembre de 2025

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Corrales Riveros, César Augusto</u>	
DNI:07218351	Firma: 
ORCID: 0000-0002-1508-8100	

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad reducir los tiempos de reporte en la empresa *Laboratorio de Minerales SAC*, ubicada en Trujillo, durante el año 2024, mediante la aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta, específicamente la metodología 5S y el sistema Kanban. En primera instancia, se realizó un análisis de la situación actual, identificando que los tiempos de entrega de resultados en varios análisis excedían las especificaciones requeridas, debido a deficiencias en la organización, limpieza, trazabilidad y control del flujo de muestras.

Posteriormente, se desarrolló un diagnóstico de los principales problemas, determinando que la desorganización en las áreas de trabajo, la falta de mantenimiento preventivo, el uso ineficiente del tiempo y la ausencia de un sistema visual de control constituían las causas raíz de las demoras.

La propuesta de mejora consistió en implementar la metodología 5S para optimizar el orden, limpieza y estandarización de los procesos, así como el sistema Kanban para monitorear en tiempo real el avance de las muestras y priorizar tareas. Como resultado, se logró una reducción significativa de los tiempos de reporte y un incremento en la capacidad de análisis del laboratorio.

En la evaluación económica, considerando un horizonte de 9 meses, un COK de 15,10% anual y un ahorro mensual total de S/ 5,296, se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 4253.45, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 21% mensual.

Se concluye que la integración de las herramientas 5S y Kanban permite mejorar sustancialmente los tiempos de entrega, incrementar la capacidad productiva y generar beneficios económicos significativos para el laboratorio, sentando las bases para la implementación de estrategias de mejora continua en el futuro.

Palabras clave: Manufactura Esbelta, 5S, Kanban, reducción de tiempos.

Contenido

Índice de Figuras	iv
Índice de Tablas.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	2
1.1.Introducción a la Manufactura Esbelta	2
1.2.Principios de la Manufactura Esbelta	4
1.3.Pilares de la Manufactura Esbelta	5
1.4.La muda.....	8
1.5.Herramientas de la Manufactura Esbelta.....	14
1.5.1. 5'S.....	14
1.5.2. Kanban.....	18
1.5.3. QFD.....	21
1.5.4. Modelo Cano	22
1.5.5. Diagrama Ishikawa.....	24
1.5.6. VSM	25
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	28
2.1. Descripción de la empresa.....	28
2.2. Visión y Misión	29
2.3. Organización de la empresa.....	30
2.3.1. Descripción y análisis del estilo de liderazgo y de los procesos de comunicación en la organización	31
2.4. Productos	32
2.5.Indicadores de desempeño de la empresa.....	33
2.6.Descripción general del proceso productivo.....	37
2.6.1. Presentación de la cadena de valor	37
2.6.2. Presentación del mapa de procesos.....	38
2.6.3. Presentación de los diagramas de flujos en la empresa	39
2.6.3.1. Diagrama de Flujo del área de Recepción (ATC).....	39
2.6.3.2. Diagrama de Flujo del área de Laboratorio	41
2.6.3.3. Diagrama de Flujo del área de Operaciones	42
2.7.Diagrama de recorrido	43
2.8.Diagrama de Operaciones.....	44
CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO	51
3.1. Aplicación de herramienta QFD para evaluación de la relación estrategia-procesos.....	51
3.2. Modelo Cano	53

3.2.1. Análisis de la voz del cliente según herramienta QFD	53
3.3. Desarrollo del VSM estado actual	59
3.3.1. Selección de la línea de producción a estudiar	59
3.3.2. Selección de familia de productos a estudiar	61
3.3.3. Desarrollo de Mapa de Flujo de Valor estado actual (VSM).....	62
3.3.4. Identificación de métricas Lean	65
3.4. Diagrama Ishikawa	68
3.5. Problemática principal	68
3.6. Identificación de desperdicios de VSM estado actual	73
3.7. Principales oportunidades de mejora cuantificadas	76
3.8. Propuesta del proceso a futuro (VSM futuro).....	77
3.9. Herramientas para aplicar en la implementación y control del proceso mejorado	79
CAPITULO IV. POPUESTA DE MEJORA.....	82
4.1. Metodología 5s	82
4.1.1. Comité de Seguimiento	82
4.1.2. Etapa 1. Clasificación (<i>Seiri</i>).....	84
4.1.3. Etapa 3. Limpieza (<i>Seiso</i>).....	96
4.1.4. Etapa 4. Estandarizar (<i>Seiketsu</i>).....	99
4.2. Sistema Kanban	101
CAPITULO V. EVALUACIÓN ECONÓMICA	104
5.1. Diagrama de Gantt.....	104
5.2. Costos de personal	107
5.3. Costos de implementación.....	107
5.3.1. Capacitaciones	107
5.3.2. Materiales	108
5.4. Ahorro generado por la implementación	109
5.4.1. Ahorro de 5S.....	109
5.4.2. Ahorro de Kanban	111
5.5. Cálculo de costo de oportunidad	112
5.6. Flujo de caja de proyecto.....	112
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
6.1. Conclusiones.....	114
6.2. Recomendaciones	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

Índice de Figuras

Figura 1. Principios básicos del pensamiento lean	5
Figura 2. Etapas de las 5S	15
Figura 3. Ejemplo de tarjeta rota para identificación de elementos inútiles	16
Figura 4. Reglas en las que se basa la metodología Kanban	20
Figura 5. Dimensiones de la calidad en modelo Kano	22
Figura 6. Pasos para trazar un mapa de flujo de valor	25
Figura 7. Organigrama de la empresa Laboratorio de Minerales SAC	30
Figura 8. Tablero de indicadores de desempeño	34
Figura 9. % de error en valores de análisis de laboratorio – Primer trimestre del año 2024	34
Figura 10. Resultados de entregas a tiempo en análisis de minerales – Primer trimestre 2024	35
Figura 11. Grado de satisfacción del cliente – Primer trimestre 2024	37
Figura 12. Cadena de Valor empresa Laboratorio de Minerales SAC	38
Figura 13. Mapa de Procesos Laboratorio de Minerales SAC	39
Figura 14. Diagrama de Flujo del área de Recepción (ATC)	40
Figura 15. Diagrama de Flujo del área de Laboratorio	41
Figura 16. Diagrama de Flujo del área de Operaciones	42
Figura 17. Diagrama de recorrido del proceso productivo	43
Figura 18. DOP de preparación mecánica - muestra molida	45
Figura 19. DOP de preparación mecánica - muestra en pulpa	46
Figura 20. DOP de preparación mecánica - muestra en roca	47
Figura 21. DOP de preparación mecánica - muestra newmont	48
Figura 22. DOP de fundición - análisis gravimétrico y newmont	49
Figura 23. DAP de preparación mecánica - análisis newmont	50
Figura 24. Diagrama QFD Estrategias Actuales-Procesos de Laboratorio de Minerales SAC	52
Figura 25. Matriz QFD de requerimientos del cliente con características del servicio	53
Figura 26. Diagrama del modelo Cano	59
Figura 27. Diagrama de Pareto de Análisis reportados	60
Figura 28. Configuración de parámetros	62
Figura 29. VSM estado actual	64
Figura 30. T/C vs takt time en el área de fundición	67

Figura 31. Reporte de OEE desde el 01/06 al 07/06	67
Figura 32. Análisis de Ineficiencias por subproceso	68
Figura 33. Motivos de ineficiencias producción – 2024	69
Figura 34. Análisis de ineficiencias producción – 2024	69
Figura 35. Diagrama Ishikawa del tiempo de entrega de resultados	71
Figura 36. VSM estado futuro	78
Figura 37. Diagrama de Pareto de tiempos improductivos mensuales (min)	80
Figura 38. Diagrama de secuencia de clasificación de objetos	85
Figura 39. Etiqueta para cajas con objetos necesarios	86
Figura 40. Etiqueta para caja con objetos innecesarios	86
Figura 41. Desorden en el área de preparación de mineral	90
Figura 42. Desorden en el área de fundición	90
Figura 43. Desorden en el área de análisis volumétrico	90
Figura 44. Área ordenada de materiales de fundición	94
Figura 45. Área ordenada y señalizada preparación de mineral	94
Figura 46. Estante para contramuestras	95
Figura 47. Estante para bandejas y tamices	95
Figura 48. Soporte para reactivos y material de vidrio	95
Figura 49. Ficha estándar para evaluación de auditorías	99
Figura 50. Práctica Operativa de Operación de Balanzas	100
Figura 51. Kanban visual	102
Figura 52. Diagrama de Gantt de implementación 5S	105
Figura 53. Diagrama de Gantt para sistema Kanban	106

Índice de Tablas

Tabla 1. Reporte de quejas de clientes – mes de abril 2024.....	36
Tabla 2. Requerimientos del cliente en matriz QFD	54
Tabla 3. Encuesta de satisfacción al cliente.....	56
Tabla 4. Tabla de criterios según modelo Cano	57
Tabla 5. Categorización del servicio de análisis.....	58
Tabla 6. Reporte de muestras analizadas de acuerdo con el análisis requerido	60
Tabla 7. Formación de familias	61
Tabla 8. Cálculo de métricas	66
Tabla 9. HH por motivos de ineficiencia en subproceso producción	68
Tabla 10. Horarios de entrega de resultados.....	70
Tabla 11. Problemas identificados mediante herramientas de análisis.....	72
Tabla 12. Análisis diagrama Ishikawa.....	73
Tabla 13. Listado de objetos útiles y descartados.....	87
Tabla 14. Lista de objetos por ordenar	91
Tabla 15. Lista de responsabilidades de limpieza	96
Tabla 16. Rango de evaluación de auditorías	97
Tabla 17. Análisis de muestras por código.....	103
Tabla 18. Costos de hora – hombre	107
Tabla 19. Detalle Costo de Capacitación 5S y Kanban.....	107
Tabla 20. Detalle de costos por auditorías.....	108
Tabla 21. Detalle de materiales empleados	108
Tabla 22. Ahorro de las 5S	110
Tabla 23. Ahorro en Kanban	111
Tabla 24. Flujo de caja de proyecto.....	113
Tabla 25. Ratios económicos.....	113

INTRODUCCIÓN

En un entorno empresarial altamente competitivo, las organizaciones industriales se ven en la necesidad de optimizar continuamente sus procesos para mejorar la eficiencia operativa, reducir desperdicios y elevar los niveles de calidad y satisfacción del cliente. En este contexto, la metodología de manufactura esbelta (Lean Manufacturing) se presenta como una estrategia eficaz para lograr estos objetivos mediante herramientas como 5S y Kanban, que permiten una mejor organización, control y flujo de los procesos productivos.

En el capítulo 1 se presenta el Marco Teórico abordando los principios de la manufactura esbelta y profundizando en herramientas específicas como las **5S** y el sistema Kanban. Se analizan sus fundamentos, beneficios y casos de aplicación en entornos industriales, estableciendo la base teórica que respalda la propuesta de mejora.

En el capítulo 2 se presenta la información general de la empresa objeto de estudio, estructura organizacional, líneas de producción y principales productos o servicios. Asimismo, se detallan los procesos clave que intervienen en su operación, con énfasis en el área donde se aplicará el análisis y diagnóstico.

En el capítulo 3 se realiza un análisis detallado del proceso productivo actual, identificando problemas, cuellos de botella, desperdicios y deficiencias operativas mediante herramientas como diagramas de flujo, análisis causa-efecto y observación directa. Los hallazgos obtenidos permiten establecer una línea base sobre la cual se propondrán las mejoras en los capítulos siguientes.

En el capítulo 4 se presentan resultados obtenidos en el diagnóstico, se formulan propuestas de mejora basadas en la implementación de 5S y Kanban, enfocadas en la reducción de desperdicios, mejora del flujo de trabajo y orden del área operativa. Se incluyen planes de acción, cronogramas de implementación y estimación de beneficios esperados.

En el capítulo 5 se hace la evaluación económica de las propuestas de mejora en donde se obtiene un VAN de S/. 4253.45 y un TIR de 21%, los cuales indicarán si el proyecto es económicamente viable.

Finalmente, en el capítulo 6 se muestran las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

El marco teórico no solo brinda una revisión de los aportes académicos y prácticos sobre la optimización de procesos, sino que también permite identificar enfoques metodológicos adecuados para enfrentar los problemas diagnosticados en la organización objeto de estudio.

La Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) se ha consolidado como una metodología efectiva para mejorar la eficiencia operativa, reducir desperdicios y obtener resultados más ágiles y confiables en distintos entornos industriales y de servicios. Al centrarse en eliminar actividades que no aportan valor y optimizar el flujo de los procesos, esta filosofía proporciona un fundamento sólido para examinar y plantear mejoras dentro de un laboratorio químico, donde la rapidez y la precisión de los informes representan elementos esenciales para la competitividad.

1.1. Introducción a la Manufactura Esbelta

En la actualidad, las empresas del sector industrial deben enfrentar el reto de encontrar e implementar nuevas metodologías organizativas y de producción que les permitan ser competitivas en un mercado global. El modelo de manufactura esbelta, denominado Manufactura Esbelta, representa una opción establecida y su implementación y posibilidad deben ser evaluadas por cualquier empresa que aspire a ser competitiva (Matias, 2013). Las empresas buscan optimizar sus costos y fortalecer su nivel competitivo (Correa, 2007) al mismo tiempo que procuran consolidar una ventaja estratégica en un entorno global caracterizado por cambios acelerados y una demanda variable. En este contexto, los consumidores requieren bienes que cumplan estándares de calidad, se ajusten a sus necesidades específicas y sean suministrados de manera continua y en plazos reducidos. (Ibarra & Ballesteros, 2017).

Una de las metas estratégicas de cualquier empresa debería ser implementar técnicas de mejora continua en sus sistemas productivos e instalaciones, con la participación y el compromiso de todos los miembros de la organización: directivos y, sobre todo, empleados de línea. Womack & Jones (1990) sostienen que “las metodologías japonesas de fabricación proporcionan pautas para observar las fábricas, desde la perspectiva de la mejora continua y la transformación de los procesos” (pág. 11).

Esta visión crítica de las fábricas en relación con su operativa, procedimientos, productos y servicios permite identificar y reducir los desechos de la compañía (Imai, 1998). Los desperdicios se definen como procesos o actividades que utilizan más recursos

de los estrictamente necesarios, identificados como sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesamiento, inventario, movimiento y defectos (Matias, 2013).

El núcleo de los sistemas de Manufactura Esbelta radica en que los responsables de la producción operen de manera sistémica, estructurada e integrada, implementando técnicas de mejora continua en procesos productivos para reducir y eliminar el desperdicio (Arrieta, 2007), así como fomentar una nueva cultura orientada a identificar formas de realizar mejoras en la planta productiva, tanto a nivel de puesto de trabajo como de línea de producción (Matias, 2013).

Las compañías de manufactura pueden aumentar su competitividad a través de la innovación y/o la mejora continua (Rajadell & Sanchez, 2010). La innovación tecnológica ofrece importantes avances distribuidos en el tiempo, pero carece de continuidad, mientras que las técnicas de Manufactura Esbelta generan mejoras pequeñas y constantes ya que integran métodos que lo permiten. Por lo tanto, las empresas que son innovadoras y, además, adherentes a esta filosofía alcanzarán un ritmo de mejora y aumento de la competitividad que será óptimo y perdurable en el tiempo.

Otro fundamento que respalda la adopción de la Manufactura Esbelta es su capacidad para reducir los costos globales del proceso productivo, especialmente aquellos de carácter indirecto, sin afectar los niveles de calidad y logrando, además, una disminución en los tiempos de ciclo. Cabe resaltar que esta filosofía se aplica con mayor frecuencia en sistemas productivos de tipo seriado, continuo o repetitivo, donde se elaboran grandes volúmenes de productos homogéneos a ritmos elevados, permitiendo un flujo constante de materiales a lo largo del proceso (Rajadell & Sanchez, 2010).

El sector de los laboratorios de análisis de minerales ha mostrado una tendencia favorable en los años recientes; al ser estos producidos en lotes, la implementación de técnicas de Manufactura Esbelta facilitaría la disminución en los tiempos de análisis y, sobre todo, aumentaría la satisfacción del cliente.

1.2. Principios de la Manufactura Esbelta

Los conceptos fundamentales del pensamiento Lean se centran en el flujo de la producción a lo largo de la cadena de valor de la organización. Esto significa no enfocarse en la mejora de productos, áreas o tecnologías de forma aislada, sino en reducir los desperdicios presentes en toda la cadena (Fernandez, Taccone, & Thomson, 2012)

Así, se necesitará menos espacio, esfuerzo, tiempo y dinero para alcanzar la producción, logrando un proceso más económico, de mayor calidad y con mejor capacidad de respuesta.

Estos principios son resumidos en el libro “Lean Thinking” de Womack & Jones (1996), en un modelo de pensamiento de cinco etapas. Éstas son (Ver Figura 1):

1. Detallar cuál es el valor según la perspectiva del cliente.
Realizar únicamente "lo que se requiere, en el momento adecuado y en la cantidad justa".
 - Lo que se requiere: indica la referencia que solicita el cliente.
 - Cuando se requiere: en el instante en que lo solicita el cliente.
 - En la cantidad justa: ni más ni menos de lo solicitado.
2. Determinar las etapas en la cadena de valor para producir estos artículos y procurar suprimir todas las que no aporten valor. La calidad debe ser un componente esencial del proceso. El trabajador tiene la facultad de interrumpir el procedimiento si hay posibilidad de generar piezas defectuosas (Jidoka) (Ibarra & Ballesteros, 2017).
3. Asegurarse de que los pasos que aportan valor al producto se ejecuten de forma secuencial, con el objetivo de alcanzar un flujo fluido hacia el cliente. El tiempo total de procesamiento debe ser el menor posible. Es el tiempo total que se emplea desde la llegada de la materia prima a nuestras instalaciones hasta la salida del producto final para nuestro cliente. (Ibarra & Ballesteros, 2017)
4. Al implementar un proceso de producción continua, permitir que sea el cliente quien, a través de la solicitud directa del producto, comience el proceso productivo (Pull)
5. Garantizados los pasos anteriores, reiniciar el proceso de manera cíclica, buscando un estado de perfección en el que se cree valor sin la existencia de desperdicio.

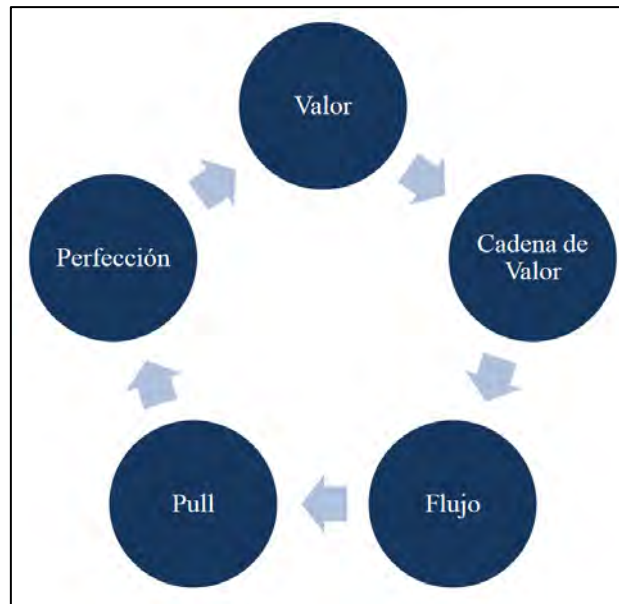


Figura 1. Principios básicos del pensamiento lean
Fuente. Womack & Jones (1996)

Para lograr la efectiva aplicación del pensamiento Lean, este proceso debe asimilarse y convertirse en un elemento fundamental de la cultura de la organización, que deberá proporcionar los recursos y eliminar cualquier obstáculo que impida el avance. Únicamente esta transformación cultural y organizativa hará posible aprovechar el potencial de esta metodología y garantizar que las mejoras se mantengan en el tiempo. Es importante tener en cuenta que estos cinco pasos son sencillos de recordar, pero resultan muy complicados de lograr si no se enfrentan con seriedad. (Fernandez, Taccone, & Thomson, 2012)

1.3. Pilares de la Manufactura Esbelta

Según Rajadell & Sánchez (2010):

"La implementación de Lean Manufacturing en una planta industrial requiere el entendimiento de ciertos conceptos, herramientas y técnicas para lograr tres metas: rentabilidad, competitividad y satisfacción de todos los clientes." (pág. 22).

Tal como se ha escrito, los pilares de la Manufactura Esbelta son:

- La filosofía de la mejora continua: el concepto Kaizen.
- Control total de la calidad: calidad que se garantiza para todas las actividades.
- Herramienta *Just In Time* (JIT).

Primer Pilar: *Kaizen*

Kaizen refleja el comportamiento en las organizaciones como un componente de aprendizaje o desarrollo constante y promueve la cultura laboral (Grau & Bala, 2019)

La palabra japonesa *Kaizen* proviene de dos términos japoneses, "Kai" (改) que significa cambio y "Zen" (善) que implica continuo. Así, *Kaizen* se enfoca en transformar para avanzar (Pumisacho & Alvarado, 2018).

Ciertos autores argumentan que *Kaizen* no se trata únicamente de mejora continua, sino que también es el método y el resultado de la gestión de recursos humanos y no humanos en la búsqueda de la excelencia en los negocios (Macpherson, Kavan, & Jaquinto, 2015). Así, *Kaizen*, en su enfoque de mejora continua, subraya que el esfuerzo constante de todos los individuos dentro de la organización es esencial para alcanzar mejoras que favorezcan la obtención de resultados excepcionales a largo plazo (Pumisacho & Alvarado, 2018).

La mejora *Kaizen* presenta ciertas características que la distinguen de la innovación. La innovación conlleva un avance cuantitativo que resulta en un cambio de nivel, que suele ser logrado por especialistas; en cambio, el enfoque *Kaizen* se basa en una suma constante y gradual de mejoras menores realizadas por todos los trabajadores (aún los directivos).

El término *Kaizen* debe entenderse como lo óptimo en aspectos tanto espirituales como físicos. Incluye tres elementos fundamentales: la percepción (identificar los problemas), la generación de ideas (encontrar soluciones innovadoras) y, por último, la toma de decisiones, su ejecución y evaluación de resultados, es decir, seleccionar la opción más adecuada, organizar su implementación y ejecutarla (para lograr un efecto específico) (Rajadell & Sanchez, 2010).

Por otro lado, en un proceso de mejora constante las personas forman el capital más relevante, según Taichi Ohno, es que “los recursos humanos son un aspecto que supera cualquier medida”. La habilidad de esos recursos puede ampliarse sin fin cuando cada persona comienza a reflexionar; los operarios están en constante conexión con el entorno laboral, son los más interesados en la disposición del puesto, los más aptos para detectar los problemas antes que nadie y, en muchas ocasiones, los más capacitados para concebir soluciones de mejora.

Segundo Pilar: Control de la Calidad

Las palabras Control Total de la Calidad fueron empleadas por primera vez por el norteamericano Feigenbaum, en la revista *Industrial Quality Control* en mayo de 1957,

Feigenbaum (1991) afirmaba que “cada uno de los departamentos de la empresa necesita participar en el control de la calidad, ya que la responsabilidad de esto recae en los trabajadores de todos los niveles” (pág. 100). Según el Ishikawa (1986), el Control Total de la Calidad tiene tres rasgos fundamentales:

- Cada uno de los departamentos está involucrado en el control de calidad. El control de calidad en la producción (a través del autocontrol y otras técnicas) disminuye los costes de fabricación y los errores, asegurando precios bajos para el consumidor y beneficios para la compañía.
- Todos los trabajadores están involucrados en el control de calidad, pero también se cuentan en esta tarea, proveedores, distribuidores y otras personas vinculadas a la empresa.
- La gestión de la calidad está completamente vinculada a las demás funciones de la organización.

Tercer pilar: *Just In Time* (JIT)

El sistema de producción *Just In Time* (JIT) fue concebido por Taichi Ohno, quien se desempeñó como vicepresidente de *Toyota Motor Corporation*, con la finalidad de disminuir costos mediante la eliminación sistemática de desperdicios. Para ello, Ohno retomó y perfeccionó conceptos propuestos previamente por Henry Ford y Walter Shewhart entre las décadas de 1920 y 1930, dando lugar a una filosofía de excelencia productiva que superó los modelos anteriores. Gracias a los beneficios obtenidos, esta filosofía fue progresivamente adoptada por numerosas industrias japonesas y, posteriormente, despertó el interés de empresas en Europa y Estados Unidos. Aunque no todas las organizaciones emplean la denominación *Just In Time* (JIT), algunas compañías han desarrollado sus propios términos: IBM lo denomina “producción de flujo continuo”, Hewlett-Packard “sistema de producción sin almacén” o “fabricación repetitiva”, Motorola “fabricación de ciclo corto”, mientras que otras simplemente se refieren a él como “sistema Toyota” (Rajadell & Sanchez, 2010)

El concepto de *Just in Time* (JIT) no se limita a un método de control de materiales e inventarios, aplicable solo a grandes corporaciones multinacionales, sino que representa una filosofía de gestión cuyo objetivo primordial es eliminar cualquier tipo de desperdicio y aprovechar al máximo las habilidades de todos los trabajadores. (Bounine & Suzaki, 1989)

JIT busca ofrecer lo necesario (es decir, materiales, componentes, productos) en la cantidad adecuada en el lugar pertinente y en el momento oportuno. JIT optimiza la eficacia y proporciona reacciones rápidas ante las modificaciones (TMMK, 2006). IT disminuye el inventario y el re trabajo, además de mejorar la calidad al identificar y facilitar la solución de problemas de calidad en tiempo real (Grau & Bala, 2019) Entre las técnicas JIT se encuentran *Hejunka*, *Kanban* y *Value Stream Mapping* (VSM). *Hejunka* intenta equilibrar la producción en términos de volumen y tipo de producto (como el modelo de automóvil) en respuesta a la fluctuante demanda del cliente (TMMK, 2006). En conclusión, VSM es un método de optimización del valor que busca maximizar los recursos humanos, materiales e informativos para llevar a cabo los procesos empresariales y productivos de forma eficaz (Sundar, Balaji, & Satheesh, 2014)

1.4.La muda

En el contexto Lean, la erradicación sistemática del desperdicio se lleva a cabo mediante tres etapas que buscan la eliminación sistemática del desperdicio y de todo lo que resulte improductivo, innecesario o sin valor añadido, y que se denomina Hoshin (Matias, 2013):

- Reconocer el desperdicio y el valor añadido dentro de nuestros procesos.
- Actuar para eliminar el desperdicio aplicando la técnica Lean más adecuada.
- Estandarizar el trabajo con mayor carga de valor añadido para, posteriormente, volver a iniciar el ciclo de mejora.

El concepto clave del Hoshin es que todo el personal implicado busque, soluciones que se puedan aplicar de inmediato, tanto en la optimización de la organización del puesto de trabajo como en las instalaciones o los flujos de producción. Un aspecto fundamental del éxito del sistema radica en la participación de todo el equipo, desde la dirección hasta los trabajadores (Matias, 2013)

El Sistema de Producción de Toyota (TPS) constituye un método efectivo para la fabricación de productos, ya que actúa como una herramienta eficiente para lograr el objetivo final: la rentabilidad. Para alcanzar este propósito, el objetivo fundamental del sistema de producción de Toyota es la disminución de costos, o el aumento de la productividad. La disminución de gastos y el aumento de la eficiencia se logran a través de la eliminación de diferentes desperdicios, como el exceso de inventario y la mano de obra sobrante (Monden , 1994).

Existen 7 tipos de desperdicios dentro del Sistema de Producción de Toyota (TPS) (Correa, 2007):

1. Sobreproducción. - Hacer más de lo que el cliente ha solicitado
2. Inventario. - Más producto a la mano del que el cliente necesita
3. Transporte. - Mover el producto más de lo que es necesario
4. Espera. - Cualquier momento en el que el valor no puede ser agregado por causa del retraso.
5. Movimiento. - Cualquier movimiento extra del operador cuando él o ella está realizando una secuencia de trabajo
6. Sobre procesamiento. - Hacer más cosas al producto de las que el cliente pidió
7. Corrección. - Cualquier cosa no “hecha bien a la primera” que requiera trabajo o inspección. Incluye scrap y asuntos de apariencia.

De acuerdo con Correa (2007) se detalla a continuación estos desperdicios.

Sobreproducción.

El desperdicio por sobreproducción ocurre cuando se producen más unidades de las necesarias o se diseñan o invierten equipos con una capacidad superior a la requerida. Asimismo, la producción excesiva implica dedicar tiempo a crear un producto que no se requiere en absoluto, lo cual representa un consumo innecesario de recursos que, a su vez, genera un aumento en las actividades de transporte y en los niveles de inventario. En numerosas ocasiones, la razón de este tipo de desperdicio se encuentra en la capacidad excesiva de las máquinas. Los trabajadores, inquietos por no reducir las tasas de producción, utilizan la capacidad sobrante produciendo materiales en exceso.

a) Características:

- Gran volumen de inventario.
- Falta de un plan para la eliminación sistemática de problemas de calidad.
- Equipos de gran tamaño.
- Lotes de fabricación de gran tamaño.
- Desequilibrio en la producción.
- Falta de un plan para la erradicación sistemática de problemas de calidad.
- Equipamiento obsoleto.
- Necesidad de mucho espacio para almacenaje.

b) Causas posibles:

- Procesos no capaces y poco fiables.

- Uso limitado de la automatización.
- Tiempos de cambio y de preparación elevados
- Respuesta a las previsiones, no a las demandas.
- Ausencia de comunicación.
- c) Acciones Lean para este tipo de desperdicio
 - Flujo pieza a pieza (lote unitario de producción).
 - Implementación del sistema pull mediante kanban.
 - Acciones de reducción de tiempos de preparación SMED.
 - Nivelación de la producción.
 - Estandarización de las operaciones.

Exceso de inventario.

El derroche por almacenamiento surge de contar con un exceso de inventario que supera lo requerido para cubrir las demandas más urgentes. La acumulación de material, tanto antes como después del proceso, señala que el flujo de producción no es ininterrumpido. El cuidado de inventarios ayuda a ocultar los problemas, pero nunca los soluciona.

a) Características

- Excesivo espacio del almacén.
- Contenedores o cajas demasiado grandes.
- Rotación baja de existencias.
- Costes de almacén elevados.
- Excesivos medios de manipulación (carretillas elevadoras, etc.).

b) Causas posibles:

- Procesos con poca capacidad.
- Cuellos de botella no identificados o fuera de control.
- Tiempos de cambio de máquina o de preparación de trabajos excesivamente largos.
- Previsiones de ventas erróneas.
- Sobreproducción.
- Reprocesos por defectos de calidad del producto.
- Problemas e ineficiencias ocultas.

c) Acciones Lean para este tipo de desperdicio

- Nivelación de la producción.
- Distribución del producto en una sección específica. Fabricación en células.
- Sistema JIT de entregas de proveedores.
- Monitorización de tareas intermedias.
- Cambio de mentalidad en la organización y gestión de la producción.

Tiempos de espera.

La pérdida de tiempo de espera es el tiempo que se pierde debido a una serie de trabajos o un proceso ineficaz. Los procesos mal estructurados pueden ocasionar que ciertos operarios queden inactivos, mientras que otros están abrumados de tareas. Por esta razón, es fundamental analizar detenidamente cómo disminuir o erradicar el tiempo de inactividad durante la producción.

a) Características:

- El operario espera a que la máquina termine.
- Exceso de colas de material dentro del proceso.
- Paradas no planificadas.
- Tiempo para ejecutar otras tareas indirectas.
- Tiempo para ejecutar reproceso.
- La máquina espera a que el operario acabe una tarea pendiente.
- Un operario espera a otro operario.

b) Causas posibles:

- Métodos de trabajo no estandarizados.
- Layout deficiente por acumulación o dispersión de procesos.
- Desequilibrios de capacidad.
- Falta de maquinaria apropiada.
- Operaciones retrasadas por omisión de materiales o piezas.
- Producción en grandes lotes.
- Baja coordinación entre operarios
- Tiempos de preparación de máquina /cambios de utillaje elevados.

c) Acciones Lean para este tipo de despilfarro:

- Nivelación de la producción. Equilibrado de la línea.

- Layout específico de producto. Fabricación en células en U.
- Automatización con un toque humano (Jidoka).
- Cambio rápido de técnicas y utillaje (SMED).
- Adiestramiento polivalente de operarios.
- Sistema de entregas de proveedores.
- Mejorar en manutención de la línea de acuerdo a secuencia de montaje.

Transporte y Movimientos innecesarios

El desperdicio por transporte surge de un desplazamiento o manejo de materiales que no son necesarios. Los equipos y las líneas de producción deberían estar lo más próximos posible, y los materiales deberían transferirse directamente de una estación de trabajo a la siguiente sin hacer filas en inventarios. En este contexto, resulta fundamental mejorar la ubicación de las máquinas y las rutas de los proveedores. Asimismo, cuanto más se trasladan los objetos de un lugar a otro, mayores son las oportunidades de que se deterioren.

a) Características

- Los contenedores son demasiado grandes, o pesados, difíciles de manipular.
- Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales.
- Los equipos de manutención circulan vacíos por la planta.

b) Causas posibles:

- Layout obsoleto.
- Gran tamaño de los lotes.
- Procesos deficientes y poco flexibles.
- Programas de producción no uniformes.
- Tiempos de preparación elevados.
- Excesivos almacenes intermedios.
- Baja eficiencia de los operarios y las máquinas.
- Reprocesos frecuentes.

c) Acciones Lean para este tipo de despilfarro:

- Layout del equipo basado en células de fabricación flexibles.
- Cambio gradual a la producción en flujo según tiempo de ciclo fijado.
- Trabajadores polivalentes o multifuncionales.

- Reordenación y reajuste de las instalaciones para facilitar los movimientos de los empleados.

Defectos, rechazos y reprocesos.

Uno de los desperdicios más tolerados en la industria es el generado por errores, a pesar de que supone una pérdida significativa de productividad. Esto se debe a que incluye el trabajo adicional que se debe llevar a cabo debido a que el proceso productivo no se realizó de manera adecuada desde un principio. Para obtener productos terminados con la calidad requerida y eliminar la necesidad de trabajo o revisiones adicionales, los procesos de producción deben estar diseñados para resistir errores. Además, sería necesario un control de calidad en tiempo real para que las fallas en el proceso productivo se identifiquen al momento en que ocurren, reduciendo así la cantidad de piezas que necesitan una inspección adicional o la repetición de trabajos.

a) Características:

- Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero.
- Planificación inconsistente.
- Calidad cuestionable.
- Flujo de proceso complejo.
- Recursos humanos adicionales necesarios para inspección y reprocesos.
- Espacio y técnicas extra para el reproceso.
- Maquinaria poco fiable.
- Baja motivación de los operarios.

b) Causas posibles:

- Movimientos innecesarios.
- Proveedores o procesos no capaces.
- Errores de los operarios.
- Formación o experiencia de los operarios inadecuada.
- Técnicas o utillajes inapropiados.
- Proceso productivo deficiente o mal diseñado.

c) Acciones Lean para este tipo de despilfarro:

- Automatización con toque humano (Jidoka).
- Estandarización de las operaciones.

- Implantación de elementos de aviso o señales de alarma (Andon).
- Mecanismos o sistemas anti-error (Poka-Yoke).
- Incremento de la fiabilidad de las máquinas.
- Implantación mantenimiento preventivo.
- Aseguramiento de la calidad en puesto.
- Producción en flujo continuo para eliminar manipulaciones de las piezas de trabajo.
- Control visual: Kanban, 5S y Andon.
- Mejora del entorno de proceso.

1.5. Herramientas de la Manufactura Esbelta

Estas técnicas pueden implantarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso. (Matias, 2013)

- Las 5S. Metodología orientada a optimizar las condiciones laborales mediante una adecuada organización, orden y limpieza en los espacios de trabajo.
- SMED. Conjunto de procedimientos destinados a reducir los tiempos de preparación o cambio de herramientas en los procesos productivos.
- Estandarización. Herramienta que busca desarrollar instrucciones escritas o visuales que describan el método óptimo para ejecutar una tarea.
- TPM. Sistema integral de mantenimiento productivo total que tiene como objetivo eliminar las pérdidas asociadas a las detenciones o fallas de los equipos.
- Control visual. Grupo de técnicas de señalización y comunicación visual diseñadas para proporcionar a todos los colaboradores una comprensión inmediata del estado de los procesos y del progreso de las actividades de mejora.

1.5.1. 5'S

El concepto de las 5S se centra en establecer y conservar espacios de trabajo más limpios, ordenados y seguros. En otras palabras, busca brindar una mayor “calidad de vida” en el entorno laboral, ya que se trata de una mejora desarrollada por las personas y para beneficio de ellas mismas. (Correa, 2007)

La metodología 5S consiste en aplicar de manera sistemática principios de orden y limpieza en el área de trabajo, los cuales, aunque ya estaban presentes en los enfoques tradicionales de organización de los procesos productivos, no se utilizaban de forma estructurada ni metodológica. (Matias, 2013)

Las 5'S son:

- *Seiri*: Separar
- *Seiton*: Ordenar e Identificar
- *Seiso*: Limpieza
- *Seiketsu*: Estandarizar
- *Shitsuke*: Sistematizar o disciplina

Produce resultados tangibles y cuantificables para todos, con gran componente visual y de alto impacto en un corto tiempo plazo de tiempo. (Matias, 2013)

La figura 2 especifica las etapas de la herramienta 5S.

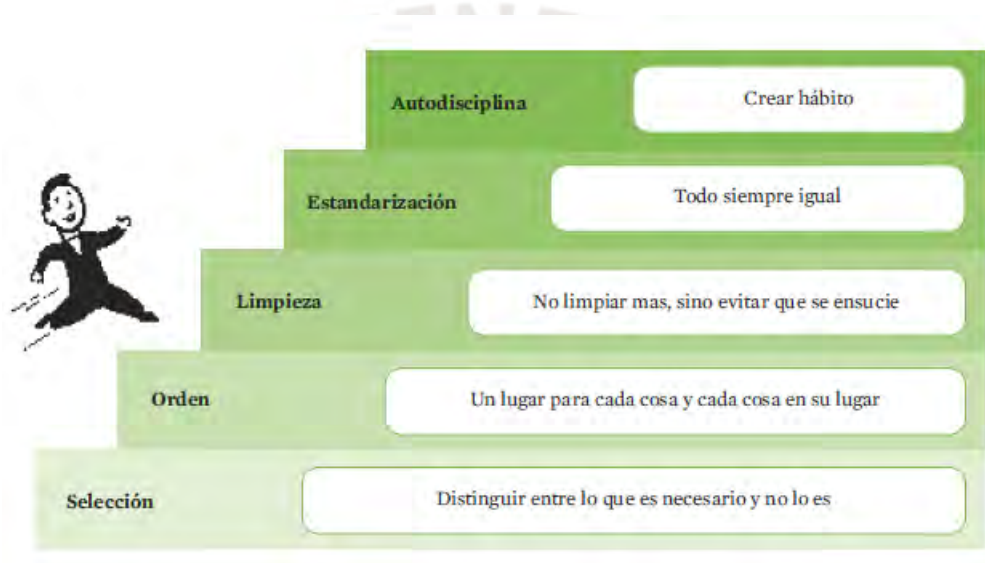


Figura 2. Etapas de las 5S
Fuente. Matias (2013)

Seiri (Eliminar)

La primera de las 5S implica clasificar y deshacerse de todos los elementos que no son necesarios o útiles para la tarea que se lleva a cabo en el área laboral (Correa, 2007). La cuestión principal que se plantea es: “¿este objeto es útil o no?”. Este paso implica distinguir lo necesario de lo innecesario y gestionar adecuadamente el flujo de materiales para evitar estorbos y elementos prescindibles que generen desperdicios, como manipulaciones y transportes adicionales, pérdida de tiempo al buscar objetos, acumulación de material obsoleto o falta de espacio. En la práctica, el proceso es sencillo: se emplean tarjetas rojas (Figura 3) para señalar los elementos que podrían ser descartados y, posteriormente, se determina si deben considerarse desechos. (Matias, 2013)

TARJETA ROJA			
NOMBRE DEL ARTÍCULO			
CATEGORÍA	1. Maquinaria	6. Producto terminado	
	2. Accesorios y herramientas	7. Equipo de oficina	
	3. Equipo de medición	8. Limpieza	
	4. Materia Prima		
	5. Inventario en proceso		
FECHA	Localización	Cantidad	Valor
RAZÓN	1. No se necesita	5. Contaminante	
	2. Defectuoso	6. Otros	
	3. Material de desperdicio		
	4. Uso desconocido		
ELABORADA POR		Departamento	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar	5. Otros	
	2. Vender		
	3. Mover a otro almacén		
	4. Devolución proveedor		
FECHA DESCHECHO			

Figura 3. Ejemplo de tarjeta rota para identificación de elementos inútiles
Fuente. Matias (2013)

Seiton (Ordenar)

Este paso consiste en ordenar los elementos previamente identificados como necesarios, de modo que puedan localizarse con facilidad. Para ello, se establece y señala claramente el lugar donde deben ubicarse, facilitando tanto su búsqueda como su devolución a la posición asignada (Correa, 2007). La implantación del seiton comporta:

- Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
- Disponer de un lugar adecuado, evitando duplicidades; cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa.

Para aplicar este paso, es necesario determinar la ubicación de cada elemento y establecer su forma de organización, considerando la frecuencia con la que se utiliza y criterios de seguridad, calidad y eficiencia. El objetivo es lograr el nivel de orden requerido para producir con eficacia y calidad, proporcionando a los trabajadores un entorno laboral que facilite la ejecución adecuada de sus tareas.. (Matias, 2013)

Seiso (Limpieza e inspección)

Seiso hace referencia a la acción de limpiar e inspeccionar el entorno con el fin de detectar y eliminar posibles fallas, es decir, actuar de manera preventiva para evitar defectos (Matias, 2013). Además de la limpieza de los espacios de trabajo y de los equipos, este principio implica diseñar soluciones que reduzcan o impidan la acumulación de suciedad y que contribuyan a crear ambientes laborales más seguros (Correa, 2007)

Su aplicación comporta:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
- Mantener los elementos en condiciones óptimas implica reponer aquello que haga falta (como cubiertas de máquinas, herramientas o documentos), adecuar los materiales para lograr un uso más eficiente (mediante conexiones rápidas, reubicaciones, entre otros) y restaurar los equipos que no funcionan correctamente o que solo cuentan con reparaciones temporales, como relojes o utensilios. En esencia, se busca que todo quede en un estado equivalente al del “primer día”.

Seiketsu (Estandarizar)

La etapa de *Seiketsu* permite afianzar los logros obtenidos en las tres primeras “S”, ya que la sistematización de estos avances garantiza su permanencia en el tiempo. La estandarización implica aplicar un método definido para ejecutar cada procedimiento, asegurando que el orden y la organización se mantengan como elementos esenciales (Matias, 2013). Para fomentar esta cultura, pueden emplearse diversas herramientas, como la colocación de fotografías del área de trabajo en condiciones óptimas (ayudas visuales), de modo que todos los colaboradores tengan una referencia clara del estado que debe conservarse. Otra herramienta es la elaboración de normas que especifiquen las responsabilidades de cada empleado respecto al mantenimiento de su puesto de trabajo y la periodicidad con la que deben realizar dichas acciones. (Correa, 2007)

Su aplicación comporta las siguientes ventajas:

- Mantener los niveles conseguidos con las tres primeras “S”.
- Elaborar y cumplir estándares de limpieza y comprobar que éstos se aplican correctamente.
- Transmitir a todo el personal la idea de la importancia de aplicar los estándares.

- Crear los hábitos de la organización, el orden y la limpieza.
- Evitar errores en la limpieza que a veces pueden provocar accidentes.

Para implantar una limpieza estandarizada, el procediendo puede basarse en tres pasos:

- Asignar responsabilidades sobre las 3S primeras. Los operarios deben saber qué hacer, cuándo, dónde y cómo hacerlo.
- Integrar las actividades de las 5S dentro de los trabajos regulares.
- Chequear el nivel de mantenimiento de los tres pilares. Una vez se han aplicado las 3S y se han definido las responsabilidades y las tareas a hacer, hay que evaluar la eficiencia y el rigor con que se aplican.

***Shitsuke* (Disciplina)**

Shitsuke se entiende como disciplina y tiene como propósito convertir en hábito el uso de los métodos estandarizados, promoviendo la aceptación y aplicación constante de las normas. Su implementación está estrechamente vinculada con el desarrollo de una cultura de autodisciplina que garantice la continuidad del programa de las 5S. Esta fase resulta simultáneamente la más sencilla y la más compleja: sencilla porque se basa en cumplir de manera regular las normas establecidas y conservar las condiciones alcanzadas; y compleja porque su eficacia depende del nivel de compromiso y adopción del espíritu de las 5S por parte de todos los involucrados durante el proceso de implantación. Para fortalecer esta etapa, el líder del programa Lean puede implementar diversos mecanismos de control visual, como flechas direccionales, señalizaciones de ubicación, luces y alarmas para detectar fallas, cubiertas transparentes en las máquinas para facilitar la inspección, o herramientas codificadas por colores según el tipo de producto o equipo (Matias, 2013)

1.5.2. Kanban

Según Acevedo et al. (2001), Kanban es una técnica de gestión de la producción basada en un sistema pull o de “halar”, que se sustenta en la autogestión de los procesos y elimina la necesidad de una programación centralizada. Este método permite producir y trasladar únicamente lo que es requerido por los procesos posteriores, manteniendo en circulación solo las cantidades necesarias para asegurar la continuidad del consumo. Si la demanda se detiene, la producción también se interrumpe. En esencia, Kanban constituye una herramienta clave para alcanzar la producción Justo a Tiempo (JIT).

Acevedo et al. (2001) señalan que, con la implementación de Kanban, el sistema de información se simplifica, pues ya no es necesario elaborar planes detallados para cada etapa o subdivisión del proceso productivo. En su lugar, solo se requiere comunicar la demanda al proceso final o a la línea de montaje. Esto se resume en el principio de que “el proceso siguiente retira las piezas o el trabajo del proceso anterior”.

La metodología Kanban se fundamenta en los siguientes principios (Mitra & Mitrani, 1990):

- Calidad desde el primer intento: Cada actividad debe ejecutarse correctamente desde el inicio, priorizando la precisión por encima de la rapidez, ya que resulta más costoso corregir errores posteriores que realizar el trabajo bien desde el principio.
- Reducción del desperdicio: Se busca realizar únicamente las tareas necesarias, evitando actividades secundarias o que no agreguen valor al proceso.
- Mejora continua: Los procesos deben evolucionar de manera constante, ajustándose progresivamente a los objetivos planteados.
- Flexibilidad: Las tareas se seleccionan en función de las necesidades reales, permitiendo priorizar o reorganizar el trabajo entrante según los requerimientos del momento.
- Relaciones sostenibles con proveedores: Se promueve desarrollar y mantener vínculos duraderos con los proveedores para favorecer la estabilidad y eficiencia del sistema productivo.

Arango, Campuzano y Zapata (2015) señalan que la metodología Kanban se fundamenta en un conjunto de seis reglas, representadas en la figura 4. En la aplicación de este tipo de herramientas es frecuente encontrar tarjetas adheridas a un tablero o superficie visible, conocidas como “Tareas Kanban”, que permiten gestionar y visualizar el flujo de trabajo.

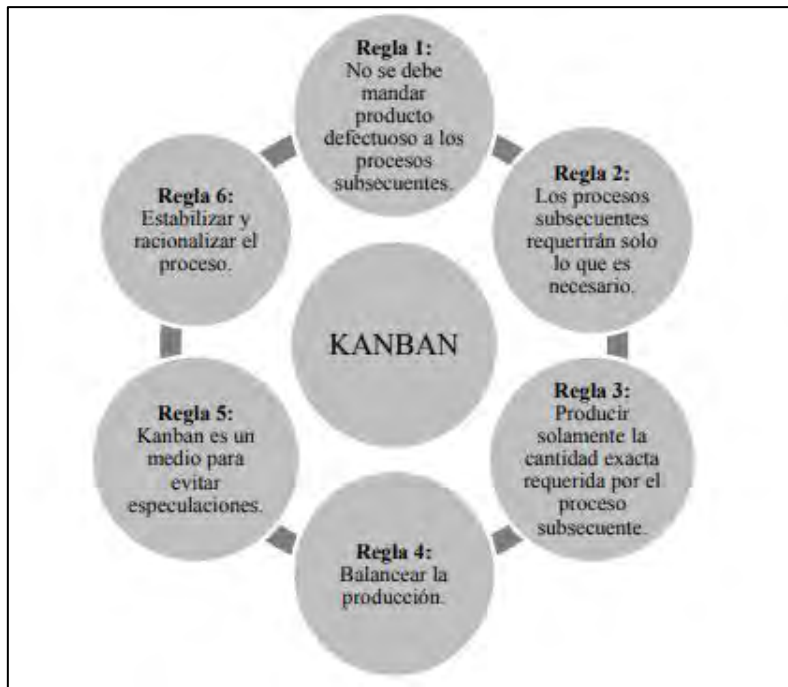


Figura 4. Reglas en las que se basa la metodología Kanban
Fuente. Arango et al. (2015)

Metodología

La adopción de la metodología Kanban se fundamenta en el cumplimiento de las seis reglas básicas mostradas en la figura 4, tal como lo describen Raymond (2006) y otros autores. Por su parte, Ballesteros (2008) señala que la aplicación adecuada de Kanban requiere desarrollar cuatro fases esenciales:

Fase 1: Capacitar a todo el personal en los principios de Kanban y en los beneficios asociados a su utilización.

Fase 2: Introducir Kanban en los componentes que presentan mayores dificultades, con el fin de facilitar su manufactura y revelar problemas ocultos. Durante esta etapa, el entrenamiento continúa directamente en la línea de producción.

Fase 3: Extender la implementación al resto de componentes. En este proceso, es fundamental considerar las opiniones de los operadores, dado que son quienes tienen mayor conocimiento del sistema, además de informarles previamente cuando se intervendrá en su área de trabajo.

Fase 4: Realizar una revisión del sistema Kanban, evaluando los puntos de reorden y los niveles establecidos para dicho reabastecimiento.

Es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el funcionamiento correcto de este sistema:

- a) Ningún trabajo debe ser hecho por fuera de secuencia.

b) Si se encuentra algún problema, notificar al supervisor inmediatamente. El desempeño del sistema Kanban en la metodología propuesta se evalúa mediante la vigilancia de los siguientes elementos:

Se siguen las seis reglas de *Kanban*.

- Los niveles de las áreas de inventario/ *WIP* (trabajo en proceso) están claramente marcadas.
- Una tarjeta *Kanban*/ etiquetado/ código de barras en cada contenedor.
- Un inventario exacto.
- Cantidad mínima de *WIP* (trabajo en progreso) entre las estaciones.
- Capacitación en *Kanban* a todos los niveles de la planta.
- *Kanban* establece las prioridades de material del operador.
- Flujo de materiales en FI-FO (primeras entradas – primeras salidas)

En un proceso de manufactura, los componentes asociados a la referencia del producto a elaborar se trasladan desde las etapas superiores hacia las inferiores del proceso. Una tarjeta Kanban marca el inicio de una actividad e incluye información como la identificación del componente, su nombre, el tiempo estimado de ejecución, la persona responsable, entre otros datos relevantes. Cada tarjeta presenta un estado pendiente, en proceso o finalizada y esta información es visible para todo el equipo, lo que contribuye a reducir la burocracia y facilita la coordinación del trabajo.

1.5.3. QFD

Glen Mazur, en su manual *Comprehensive Quality Function Deployment Overview*, describe el QFD como un sistema de gestión de la calidad orientado a generar valor mediante la identificación de las necesidades del cliente, tanto explícitas como implícitas. Estas necesidades se transforman posteriormente en acciones o características de diseño, las cuales se despliegan de manera estructurada en toda la organización. (Mazur, 2000)

Marvin E. González define el QFD como una metodología que convierte la voz del cliente en parámetros de diseño, los cuales pueden ser difundidos de manera transversal entre los departamentos de planeación, ingeniería, manufactura, ensamble y servicio. Según Arroyave, Maya y Orozco (2007), el QFD facilita la transferencia, a lo largo de los procesos organizacionales, de las características o atributos de calidad que el cliente requiere. Esto incrementa la eficacia de los procesos para garantizar dichos

atributos y permite que las organizaciones superen las expectativas del cliente. (Arroyave, Maya, & Orozco, 2007)

1.5.4. Modelo Cano

El modelo Kano constituye una herramienta valiosa que permite a las organizaciones identificar y comprender las necesidades de sus clientes, facilitando el diseño de productos y servicios capaces de satisfacerlas de manera efectiva.



Figura 5. Dimensiones de la calidad en modelo Kano

Fuente. Kano y col. (1984)

La teoría de la calidad atractiva propuesta por Kano et al. (1984) clasifica los atributos de calidad en cinco categorías, según la relación entre el nivel de cumplimiento del atributo y el grado de satisfacción del cliente (ver Figura 05):

- **Atributos de calidad unidimensional:** generan satisfacción cuando se cumplen e insatisfacción cuando no se alcanzan. Mantienen una relación lineal y positiva con la satisfacción del cliente: a mayor grado de cumplimiento, mayor satisfacción, y viceversa. En el modelo de Kano, este comportamiento lineal solo se presenta en los requisitos de una sola dimensión.

Atributos de calidad requerida: Corresponden a requisitos básicos del producto o servicio. Su ausencia provoca una fuerte insatisfacción, pero su cumplimiento no incrementa la satisfacción, pues se consideran aspectos mínimos esperados. Son determinantes a nivel competitivo, y su incumplimiento puede hacer que los clientes rechacen el producto o servicio.

- **Atributos de calidad atractiva:** Son los que generan mayor impacto en la satisfacción. Aunque el cliente no los exprese de forma explícita ni los espere necesariamente, su presencia aumenta la satisfacción de manera desproporcionada. Si no se cumplen, la satisfacción no disminuye. Estos atributos permiten diferenciar el producto o servicio frente a la competencia.
- **Atributo de calidad indiferente:** Son aquellos cuya presencia o ausencia no produce efectos perceptibles en la satisfacción del cliente.
- **Atributo de calidad inversa:** Son características cuya presencia genera insatisfacción, mientras que su ausencia provoca satisfacción en el cliente.

La figura 5 presenta cinco líneas o curvas discontinuas que representan cómo varía la satisfacción del cliente (eje y) en función del grado de presencia de un atributo de calidad (eje x), correspondientes a las cinco categorías establecidas en el modelo.

Los autores originales del modelo de Kano desarrollaron un método para clasificar los atributos de calidad mediante un cuestionario estructurado que incluye pares de preguntas una funcional y otra disfuncional para cada atributo del producto o servicio evaluado.

Cada par de preguntas se compone de dos elementos:

- Una pregunta funcional: Indaga cómo valora el consumidor la presencia de un determinado atributo en el producto o servicio.
- Una pregunta disfuncional: Explora la valoración del consumidor cuando dicho atributo no está presente en el producto o servicio.

Cuando el consumidor responde a cada una de las preguntas del par correspondiente a un atributo puede escoger entre cinco respuestas posibles:

1. Me gusta.
2. Espero que sea así.
3. Soy neutral.
4. Puedo aceptar que sea de esa manera.

5. Me disgusta que sea así.

Para facilitar la comprensión por parte del encuestado, estas alternativas fueron adaptadas a las siguientes:

1. Muy satisfecho
2. Satisfecho
3. Indiferente
4. Insatisfecho
5. Muy satisfecho

Se requieren las respuestas a las preguntas funcionales y no funcionales para clasificar un atributo del producto / servicio en una de las cinco categorías de calidad del modelo: atractiva (*attractive*, A), unidimensional (*one-dimensional*, O), básica (*must-be*, M), indiferente (*indifferent*, I) o inversa (*reverse*, R).

1.5.5. Diagrama Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, también denominado diagrama de causa-efecto o de espina de pescado, es una herramienta de análisis de calidad que facilita la identificación, organización y representación estructurada de las posibles causas de un problema. Fue diseñado por Kaoru Ishikawa en la década de 1940 y, desde entonces, se ha consolidado como una de las herramientas más empleadas en la Gestión de la Calidad Total (TQM) y en la Manufactura Esbelta (Hernández, 2018)

Según (Paredes & Castillo, 2020), este diagrama permite analizar un problema a partir de la identificación de sus causas raíz, las cuales se agrupan visualmente en categorías que ayudan a comprender su origen y sus interrelaciones. Así, el análisis trasciende los síntomas visibles y se enfoca en los factores estructurales que provocan ineficiencias o defectos dentro de un proceso.

Las causas identificadas en un Diagrama de Ishikawa suelen organizarse bajo el enfoque de las 6M, un modelo ampliamente utilizado en el análisis de calidad que permite agrupar los factores que pueden influir en la ocurrencia de un problema (Gutiérrez Pulido, 2016)

- Método: Incluye procedimientos inadecuados, ausencia de estandarización o formas de trabajo que generan variabilidad.

- Mano de obra: Falta de capacitación, errores humanos o sobrecarga laboral.
- Máquinas: Equipos defectuosos, mantenimiento insuficiente o baja disponibilidad.
- Materiales: Insumos no conformes o con variabilidad en su calidad.
- Medición: Falta de control metrológico, errores en registros o calibraciones.
- Medio ambiente: Factores externos o condiciones del entorno laboral que afectan el desempeño.

1.5.6. VSM

Un Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Mapping, VSM) es una herramienta cualitativa utilizada en los sistemas de manufactura esbelta para identificar y eliminar el desperdicio o muda dentro de un proceso productivo. Esta herramienta comprende la representación del estado actual, el estado futuro y un plan de implementación que permite transitar de un escenario a otro. (Krajewsky & Malhotra, 2008)

El mapa de flujo de valor abarca la totalidad de la cadena, desde la recepción de las materias primas hasta la entrega del producto terminado al cliente. Para su elaboración, se siguen una serie de etapas que permiten visualizar de manera integral el flujo de materiales e información. Los pasos principales se encuentran representados en la Figura 06.



Figura 6. Pasos para trazar un mapa de flujo de valor
Fuente. (Rother & Shook, 2003)

Se elegirá la línea de producción con el mayor nivel de producción, utilizando el diagrama de Pareto como herramienta de selección, con el propósito de lograr un efecto relevante en el rendimiento productivo de la familia de productos objeto de estudio.

Según Rother & Shook (2003), el desarrollo de un VSM se realiza en una serie de pasos estructurados que garantizan la comprensión integral del proceso:

a) Selección del producto o familia de productos.

Se selecciona una línea de producción o un servicio que resulte representativo y que tenga un impacto significativo en los resultados organizacionales, ya que será el punto de partida para elaborar el mapa de flujo de valor. Esta elección debe fundamentarse en criterios como el volumen manejado, la frecuencia de operación y la importancia que dicho proceso tiene para el cliente.

b) Elaboración del mapa del estado actual.

Se realiza la observación directa del proceso, registrando los tiempos de ciclo (cycle time), los tiempos de espera (lead time), los inventarios en proceso, los flujos de información y la frecuencia de entrega. El propósito de esta etapa es comprender cómo fluye realmente el trabajo y en qué puntos se generan pérdidas.

Posteriormente, se representa gráficamente el flujo de materiales e información utilizando los símbolos estandarizados del VSM. Este diagrama permite visualizar el recorrido completo de la muestra o producto, los puntos de decisión, las esperas y las conexiones entre actividades.

A partir del análisis del mapa del estado actual, se identifican las actividades que no agregan valor como reprocesos, demoras o movimientos innecesarios y se priorizan las oportunidades de mejora según su impacto en el desempeño del proceso.

c) Diseño del mapa del estado futuro.

Se plantea una versión mejorada del proceso, orientada a la eliminación de desperdicios e incorporando herramientas Lean como 5S, Kanban o Jidoka. Este mapa del estado futuro describe cómo debería operar el flujo de valor bajo condiciones óptimas, asegurando un proceso más ágil, eficiente y alineado con los requerimientos del cliente.

d) Plan de implementación.

Finalmente, se definen acciones concretas, responsables, plazos y métricas de seguimiento que permitan materializar el estado futuro propuesto, asegurando la sostenibilidad de las mejoras y su integración efectiva dentro del proceso productivo. (Serrano, Ochoa, & Castro, 2008).

El VSM no solo permite visualizar los flujos productivos, sino también alinear al equipo de trabajo hacia una visión común de mejora continua. De este modo, facilita la toma de decisiones basada en datos reales y evidencias visuales, promoviendo una comprensión compartida del proceso y orientando los esfuerzos hacia la eliminación sistemática de desperdicios.



CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

En este capítulo se presenta una visión general de la organización en estudio, con el fin de comprender su estructura, recursos y procesos principales. Este análisis es necesario para situar la problemática en su contexto real y dimensionar el impacto que tienen los tiempos de reporte en el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la empresa.

En primer lugar, se desarrolla la Descripción de la empresa, donde se abordan aspectos institucionales, organizativos y operativos que servirán como base para comprender posteriormente el diagnóstico de la problemática y la propuesta de mejora.

2.1. Descripción de la empresa

Empresa: Laboratorio de Minerales SAC

Laboratorio de Minerales SAC es una empresa independiente fundada en agosto del 2017, cuenta con más de 6 años de presencia y experiencia en el servicio de molienda de minerales y análisis de minerales como Laboratorio de tercera parte, dirigido a mineros formales y en proceso de formalización.

Laboratorio de Minerales S.A.C. es una empresa que brinda servicios de molienda y análisis en concentrados polimetálicos, muestras geoquímicas y minerales afines, además ofrece servicios de pruebas para procesos e investigaciones metalúrgicas.

Cuenta con un área de Laboratorio químico en el cual se ubican tres sectores bien definidos, área de preparación mecánica de muestras, área de fundición y área de vía húmeda. Asimismo, se elaboran pruebas metalúrgicas de lixiviación y flotación de minerales.

En el servicio de minerales, se cuenta con área de molienda donde se produce la conminución del mineral desde un chancado primario pasando con un posterior chancado secundario hasta obtener la granulometría adecuada indicando la conformidad del cliente.

La Dirección se compromete a establecer y mantener una POLÍTICA DEL SISTEMA DE GESTIÓN que afecta y es responsabilidad de cada una de las personas que componen la empresa y que se basa en el cumplimiento de los siguientes principios:

- ✓ Trabajar en la mejora continua de los procedimientos y métodos de ensayo ya implantados, con el fin de asegurar que los resultados obtenidos cumplen con los requisitos establecidos y las necesidades de nuestros clientes y otras partes interesadas.

- ✓ Asegurar la disponibilidad de personal calificado para el desempeño de las funciones asignadas y mejorar la competencia técnica a través de la formación y participación en ejercicios de verificación externa de la calidad.
- ✓ Actuar siempre con responsabilidad y transparencia garantizando la imparcialidad, confidencialidad y compromiso de satisfacción con los clientes.

2.2. Visión y Misión

Visión.

Brindar servicios de molienda de mineral análisis químico-metalúrgico de alta calidad, confiabilidad y oportunos, siguiendo los lineamientos de la NTP-ISO/IEC 17025 a un precio competitivo, utilizando la tecnología de vanguardia y capital humano calificado.

Misión.

Ser líderes productivos y competitivos a nivel nacional en nuestro rubro, con el personal comprometido en la búsqueda de la mejora continua de nuestros servicios, orientados a satisfacer las expectativas de nuestros clientes.

Valores:

- ✓ Compromiso. Conecta a los productos, servicios y otras iniciativas que impactan dentro y fuera de la organización.
- ✓ Honestidad. Actuar de manera transparente y confiable con los clientes y colaboradores internos.
- ✓ Responsabilidad. Aceptar la responsabilidad de las acciones, la mejor forma de generar confianza interna y externamente.
- ✓ Calidad. Mejores estándares para los servicios.

Objetivos Estratégicos:

- ✓ Disminuir el porcentaje de reclamos de los clientes al 2% para finales del año 2024
- ✓ Lograr una participación en el mercado del 20 % para el 2025
- ✓ Brindar la mejor experiencia al cliente en el mercado, medida por el tiempo de respuesta, los comentarios de los clientes y el reconocimiento de la marca
- ✓ Mejorar un consumo óptico de Energía Eléctrica en la producción menor al 100% para el año 2025
- ✓ Lograr la acreditación de la norma ISO/IEC 17025 para el año 2025

2.3. Organización de la empresa

En la figura 07 muestra la estructura organizacional de la empresa, la cual presenta una distribución jerárquica, con una estructura estática, su estructura funcional tiene como máxima autoridad al gerente general, al cual le reportan directamente el jefe de calidad e indirectamente el jefe de mantenimiento. Estas dos jefaturas son las líneas de mando principales por debajo de la Gerencia General. La empresa tiene una estructura pequeña, que se caracteriza por operaciones específicas a la molienda de minerales polimetálicos, análisis de minerales polimetálicos y su posterior servicio de distribución.

La toma de decisiones está centralizada en las jefaturas funcionales, la organización no tiene una toma de decisiones ágiles, la cultura organizacional carece de la creatividad e innovación en sus procesos, puesto que en la estructura jerárquica de los miembros subalternos carecen de empoderamiento. Por su naturaleza, la organización impacta en situaciones de estrés y conflicto entre las áreas para alcanzar las metas planteadas por la gerencia general.

En el caso del área de Calidad, tiene una estructura ligera, conformada por jefatura, supervisión, analista y preparación mecánica; sin embargo, tiene participación y liderazgo en todos los procesos de la organización.

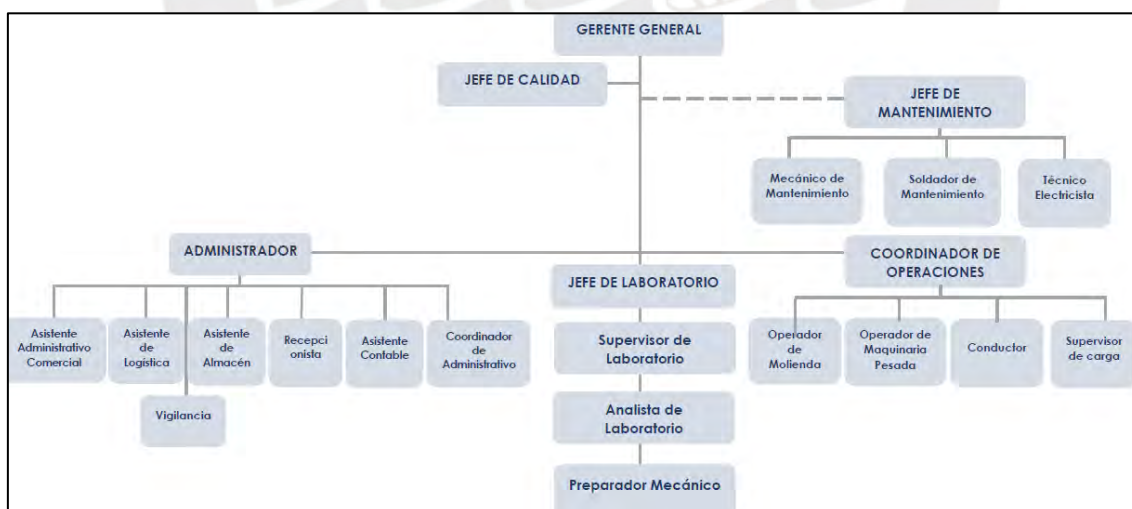


Figura 7. Organigrama de la empresa Laboratorio de Minerales SAC

Fuente. Elaboración propia

Las líneas sólidas graficadas que enlazan entre sí las distintas unidades administrativas corresponden a las de autoridad y responsabilidad, para este caso, la jefatura de calidad está a cargo de las unidades administrativas, operaciones y laboratorio.

La línea corta de trazo discontinua involucra una relación de coordinación y/o colaboración, para este caso, la unidad de mantenimiento coordina con la jefatura de calidad sobre el mantenimiento de los equipos. (Vallarino, 2009)

En la cima del organigrama, se encuentra la alta dirección (como el CEO o el director general). Esta unidad es responsable de la toma de decisiones estratégicas y la visión general de la empresa.

Justo debajo de la dirección general, se encuentran diferentes departamentos que se encargan de funciones específicas. Estos pueden incluir:

Recursos Humanos: Maneja la contratación, capacitación y bienestar de los empleados.

Contabilidad y Finanzas: Gestiona el presupuesto, contabilidad y análisis financiero.

Marketing y Ventas: Encargado de la promoción de productos y servicios y la relación con los clientes.

Atención al cliente: Gestionar y mejorar la experiencia del cliente antes, durante y después de la compra del servicio.

Producción u Operaciones: Realizar la actividad de molienda del mineral, blending y carguío de cargas de mineral.

Laboratorio: Realizar el análisis de los minerales indicados por el cliente otorgando resultados confiables.

Unidades Operativas: Dentro de los departamentos, puede haber subunidades o equipos especializados. Por ejemplo, en el área de laboratorio, existen 5 áreas de trabajo, área de vía húmeda, área de fundición, área de preparación mecánica y área de pruebas metalúrgicas, área instrumental.

2.3.1. Descripción y análisis del estilo de liderazgo y de los procesos de comunicación en la organización

La empresa tiene un estilo de liderazgo orientado a tareas, el cual se enfoca en la eficiencia y la ejecución de las actividades, entre las que destacan la molienda, los análisis de laboratorio y la logística de distribución.

Los procesos de comunicación son interdisciplinarios, la comunicación es fluida entre la jefatura del laboratorio y la coordinación de operaciones, manteniendo una

agenda de reuniones con frecuencia semanal en la cual se revisa la planificación de las prioridades de las metas a ejecutar, así como la disposición de los recursos necesarios que argumenten los responsables de cada proceso para el cumplimiento de los requisitos tanto de los clientes internos y externos.

La empresa ha definido como canales de comunicación interna el correo corporativo y plataformas digitales como Microsoft Teams para las reuniones virtuales y como soporte documentario que agilice el seguimiento de los resultados entre los clientes internos. Los cuales son presentados de forma clara y comprensible, acorde al estándar de los formatos y procedimientos de la empresa.

2.4. Productos

Servicios:

Análisis de Minerales Polimetálicos, muestras geoquímicas y minerales afines

- ✓ Determinación de Au y Ag por Gravimetría en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales a fines.
- ✓ Determinación de Humedad por Gravimetría en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales a fines.
- ✓ Determinación de Au por Absorción Atómica en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales Auríferos.
- ✓ Determinación de Au y Ag por Gravimetría (Retallas-Newmont) en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales a fines.
- ✓ Determinación de Au y Ag por Gravimetría en Carbón Activado.
- ✓ Determinación de S por Gravimetría en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales afines.
- ✓ Determinación de Cu por Volumetría en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales afines.
- ✓ Determinación de Pb por Volumetría en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales afines.
- ✓ Determinación de Zn por Volumetría en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales afines.
- ✓ Determinación de Ag, Cu, Fe, Pb, y Cd por Absorción Atómica en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales a fines.
- ✓ Determinación de As, Sb, Bi por Absorción Atómica en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales afines.

- ✓ Determinación de Oxido de Cu por Absorción Atómica en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales afines.
- ✓ Determinación de Oxido de Pb y Zn por Absorción Atómica en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales afines.
- ✓ Determinación de Au y Ag Soluble en cianuro por Absorción Atómica en Muestras Geoquímicas y Minerales a Auríferos.
- ✓ Determinación de Minerales por ICP en Concentrados Polimetálicos, Muestras Geoquímicas y Minerales afines.
- ✓ Determinación de Au y Ag por Gravimetría en muestras de Bullión.
- ✓ Determinación de Humedad Cenizas y Materia Volátil en Análisis Elemental de Carbón.

Pruebas Metalúrgicas (flotación y lixiviación)

- ✓ Prueba de recuperación de Oro y Plata por cianuración (agitación en tk).
- ✓ Prueba de recuperación de Oro y Plata por lixiviación (en columna).
- ✓ Prueba de Flotación bulk.
- ✓ Prueba de flotación selectiva.

Servicio de Molienda de mineral

- ✓ Molienda de mineral polimetálico (Pb-Cu / Zn)
- ✓ Molienda de mineral aurífero

Servicio de Transporte de Mineral

2.5. Indicadores de desempeño de la empresa

La figura 8 muestra los indicadores que se manejan en el área de producción, su descripción, la categoría a la que pertenecen y su forma de cálculo.

Nº	PROCESO	OBJETIVO GENERAL	INDICADOR	META	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
01	LABORATORIO	Alcanzar un 85% de servicios entregados a tiempo	$\frac{N^{\circ} \text{ INFORMES DE ENSAYO ATIEMPO}}{N^{\circ} \text{ INFORME DE ENSAYO TOTALES}} * 100$	>= 85%	MENSUAL
	OPERACIONES	Alcanzar un 85% de servicios entregados a tiempo	$\frac{N^{\circ} \text{ SERVICIO DE CARGA ATIEMPO}}{N^{\circ} \text{ SERVICIO DE CARGA TOTALES}} * 100$	>= 85%	MENSUAL
02	LABORATORIO/OPERACIONES	Alcanzar un 100% las quejas resueltas por parte de clientes	$\frac{N^{\circ} \text{ de QUEJAS RESUELTAS}}{N^{\circ} \text{ DE QUEJAS QUE PROCEDEN}} * 100$	100%	MENSUAL
03	CALIDAD	Alcanzar un grado de satisfacción del cliente del 80%.	$\frac{N^{\circ} \text{ ENCUESTAS FAVORABLES}}{N^{\circ} \text{ DE ENCUESTAS TOTALES}} * 100$	>= 80%	MENSUAL

Figura 8. Tablero de indicadores de desempeño

Fuente. Elaboración propia

1. Servicios entregados a tiempo.

El indicador ayuda a gestionar la entrega de los servicios en el plazo establecido, hacer seguimiento de las causas de fuera de tiempo.

Es coherente y su seguimiento apoya a la mejora y toma de acciones inmediatas y correctivas.

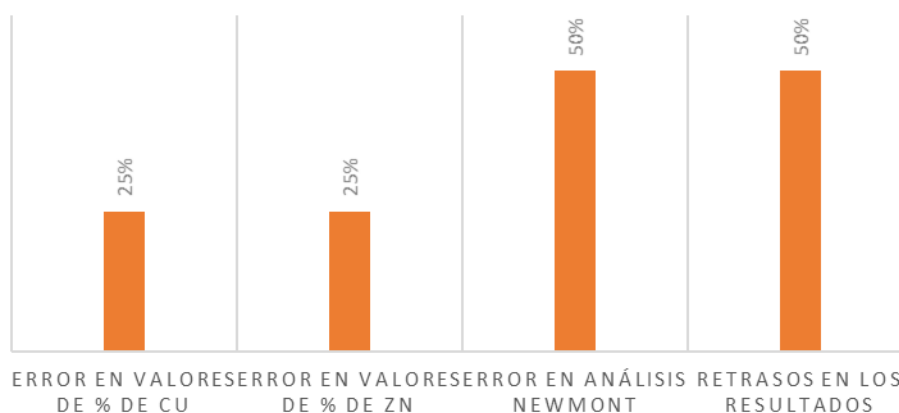


Figura 9. % de error en valores de análisis de laboratorio – Primer trimestre del año 2024

Fuente. Elaboración propia

En la figura 9 se aprecia en % de error en valores de análisis en laboratorio, el 50% lo ocupa retraso en los resultados y el error en análisis Newmont.

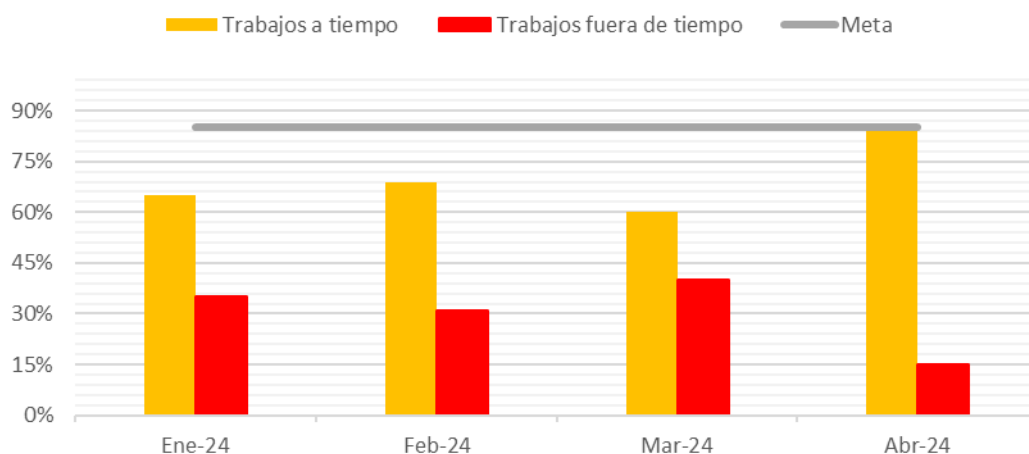


Figura 10. Resultados de entregas a tiempo en análisis de minerales – Primer trimestre 2024
Fuente. Elaboración propia

En la figura 10 se aprecia el gap entre la meta (85%) y el valor real de los trabajos a tiempo y fuera de tiempo, con la herramienta Ishikawa se validarán las posibles causas que puedan afectar la entrega de reportes a tiempo.

2. Quejas de los clientes.

El indicador no evidencia la criticidad de las quejas emitidas por los clientes, no es coherente para el tratamiento de la no conformidad originada por las quejas que tiene un impacto muy significativo en la provisión del servicio.

En la tabla 1 se aprecia el reporte de quejas de clientes en el mes de abril 2024, dando la repetitividad en aspectos como:

- Retrasos en los resultados
- Error en valores de % de Cobre, Zinc
- Error en ley de oro y Plata.

Tabla 1. Reporte de quejas de clientes – mes de abril 2024

Q-1- Abril2024	290324-1030 <hr/> 290324-1031	MINERA ENPROYEC S.A.C.	ERROR DE EJECUCIÓN DE INFORME. El informe metalúrgico faltaba el resultado del Concentrado de Au.
Q-2- Abril2024	060424-0132	EDUARDO SALVADOR CRUZ	ERROR DE LABORATORIO en resultado del Oro (Au) y Plata (Ag) del reporte Newmont
Q-3- Abril2024	070424-0231	CORPORACION MAXIMUS S.A.C.	ERROR DE LABORATORIO en resultado del Oro (Au)
Q-4- Abril2024	090424-0276	JONATHAN ARCE	ERROR DE LABORATORIO en resultado del Cobre (Cu)
Q-5- Abril2024	060424-0174	ARROYO RETO OSCAR	ERROR EJECUCION DE INFORME. Error en la elaboración del informe, se intercambió el % de As por el de Fe.
Q-6- Abril2024	130424-0416	MILY MORALES LAZARO	ERROR DEL SISTEMA, no se registró la observación de hacer el análisis Newmont.
Q-7- Abril2024	240424-0811 /240424-0818	J.J.O.Q. CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	ERROR DE LABORATORIO. Se realizó un reensayo para dicha verificación y se encontró un error de laboratorio en resultado de la Plata (Ag). El reensayo arrojó variación de resultados en Ag en las dos muestras de reensayo: de 8.141 a 7.248 y 8.343 a 7.289.
Q-8- Abril2024	240424-0807	VINCES CRUZ DIEGO ALEJANDRO	ERROR DE LABORATORIO. Se procedió a ejecutar el reensayo; muestra 656 difieren los resultados, muestra 807 ratifican los resultados.

Fuente. Elaboración propia

3. Satisfacción de los clientes.

El indicador refleja un alto grado de satisfacción del cliente, alcanzando un 86%; sin embargo, no es coherente con el registro de quejas en el mes donde la gravedad de cada queja ha dado como resultado la pérdida de varios clientes y con el seguimiento a clientes que dejaron de solicitar servicios.

Ensayos Newmont y análisis por volumetría de Cobre y Zinc son los análisis donde se presentan mayor cantidad de quejas por parte de clientes en base a tiempos de entrega y error en los resultados.

La figura 11 se aprecia el grado de satisfacción del cliente en el primer trimestre del año 2024, los valores proporcionados están por debajo de la meta propuesta en la figura 13.

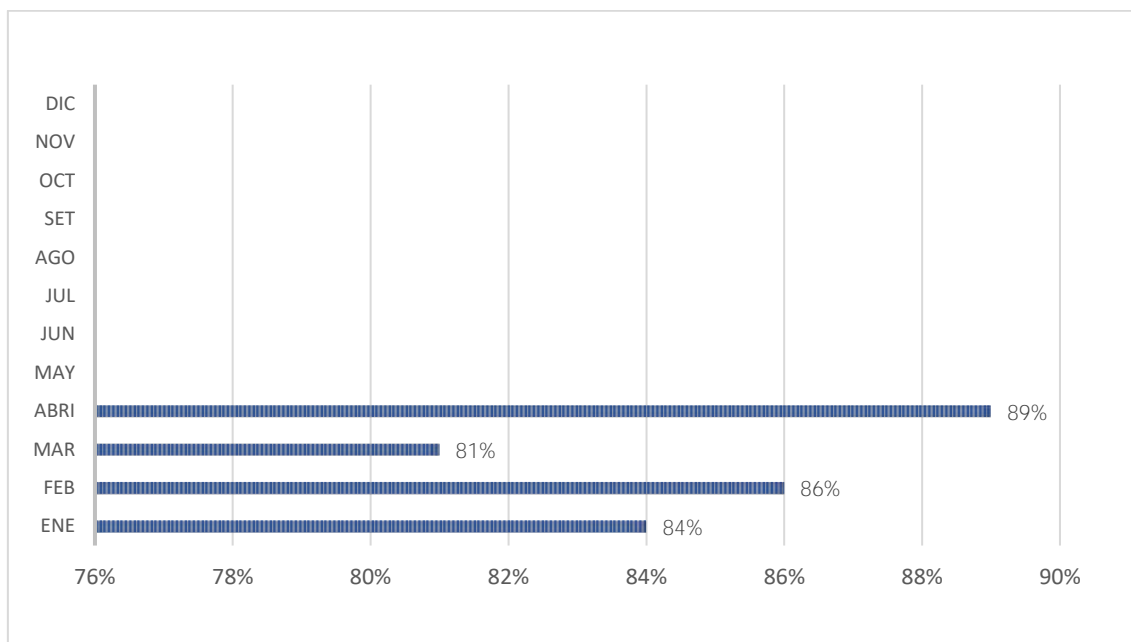


Figura 11. Grado de satisfacción del cliente – Primer trimestre 2024

Fuente. Elaboración propia

2.6. Descripción general del proceso productivo

2.6.1. Presentación de la cadena de valor

Cadena de Valor

La cadena de valor es una forma de análisis de la actividad empresarial mediante el cual se descompone una empresa en sus partes constitutivas, buscando identificar fuentes de ventaja competitiva en aquellas actividades generadoras de valor. (Quispe, 2013)

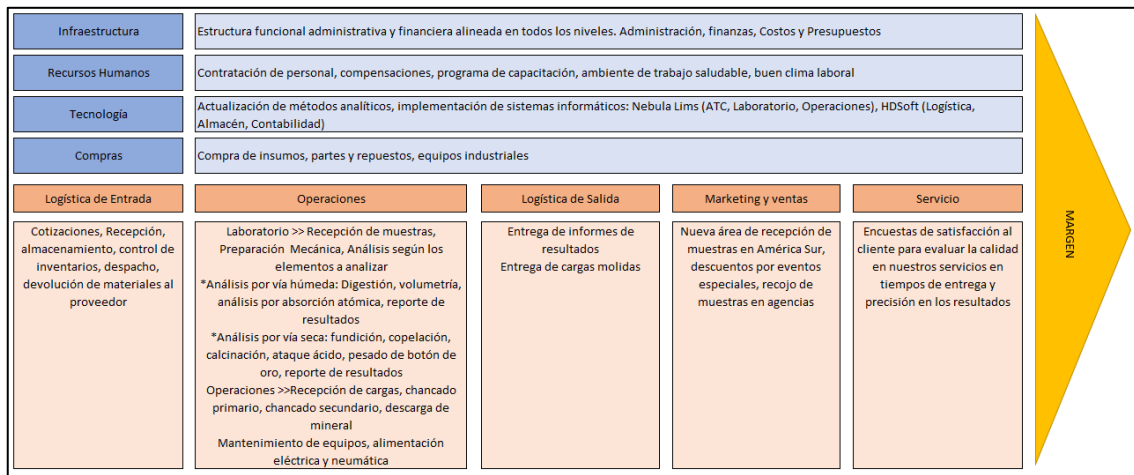


Figura 12. Cadena de Valor empresa Laboratorio de Minerales SAC
Fuente. Elaboración Propia

En la figura 12 se aprecia la cadena de valor de la empresa Laboratorio de Minerales SAC desde la logística de entrada hasta el servicio postventa de análisis de muestras mineralógicas y los procesos de soporte que ayudan a que el servicio facilitado conduzca a una mejora de la calidad en los resultados y aumentar la satisfacción del cliente.

El margen de la empresa está limitado por el valor de sus productos minerales, que son en función de los precios internacionales de los metales, y por los costos de sus actividades primarias y actividades de apoyo.

Dentro de las actividades primarias, sección Operaciones, se realiza diagrama de flujos de las distintas áreas para conocer el flujo de la muestra desde su ingreso hasta la comunicación de resultados al cliente. (Ver punto 2.5.3)

2.6.2. Presentación del mapa de procesos

Mapa de Procesos



Figura 13. Mapa de Procesos Laboratorio de Minerales SAC

Fuente. Elaboración propia

En la figura 13 se muestra al área de operaciones como el proceso clave de la empresa para la satisfacción del cliente, donde las etapas de recepción de muestras, ensayos físicoquímicos, emisión de informes son las partes principales en la elaboración del servicio.

En este mapa de procesos observamos que los procesos operativos comienzan con un primer proceso de gestión de producto y terminan con el producto en producción y el Soporte. En medio se tienen los procesos necesarios para el desarrollo del producto. Estos procesos son los que permiten a la compañía la consecución del producto/servicio para sus clientes.

2.6.3. Presentación de los diagramas de flujos en la empresa

A continuación, se presentan los diagramas de flujo de las áreas dentro de la empresa, donde se muestran la secuencia de actividades de inicio a fin.

2.6.3.1. Diagrama de Flujo del área de Recepción (ATC)

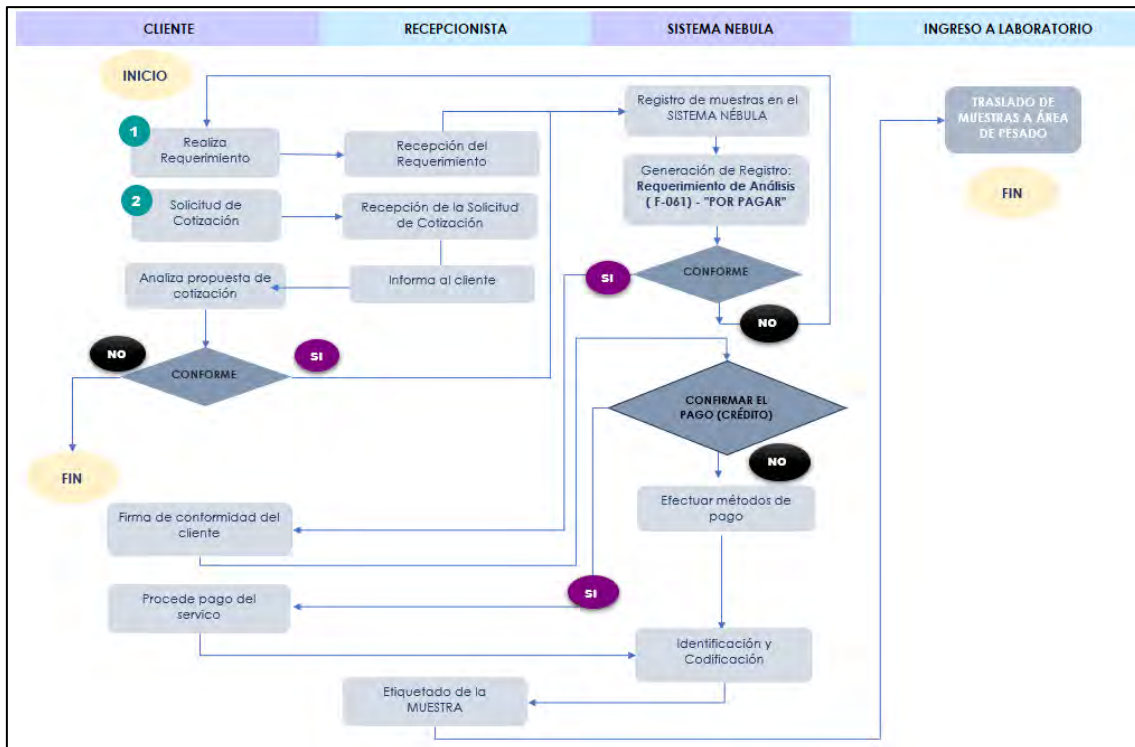


Figura 14. Diagrama de Flujo del área de Recepción (ATC)

Fuente. Elaboración propia

La figura 14 representa el diagrama de flujo del área de Recepción donde inicia en la etapa de recepción de la muestra por parte del cliente, se registra la muestra en el Sistema Nébula incluyendo la cantidad de elementos a analizar; una vez ingresado se genera el registro Requerimiento de Análisis donde el cliente firma que el pago y los elementos a ser analizados sean los conformes; si está conforme el cliente procede a cancelar el monto estimado. Posterior se procede a identificar y codificar las muestras para ser trasladadas al área de laboratorio.

2.6.3.2. Diagrama de Flujo del área de Laboratorio

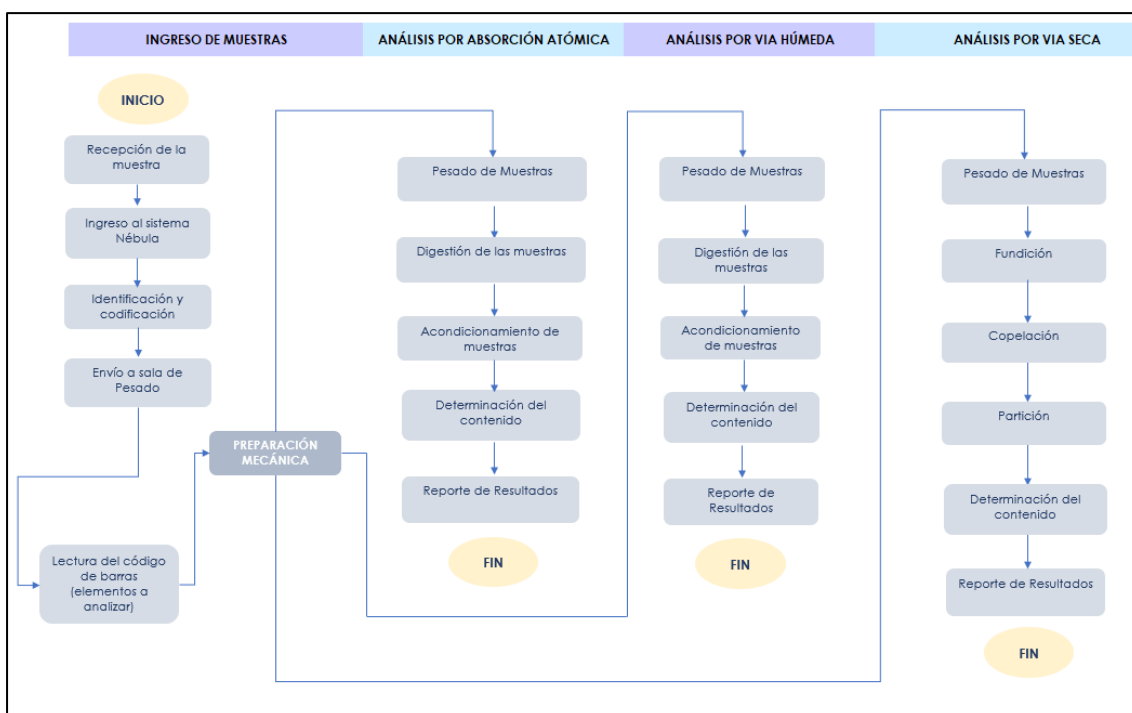


Figura 15. Diagrama de Flujo del área de Laboratorio
Fuente. Elaboración propia

La figura 15 representa el diagrama de flujo del área de Laboratorio, una vez el área de recepción traslada la muestra a la zona de recepción de muestras en el área de laboratorio, el operador escanea el código de barras de la muestra usando un escáner laser y automáticamente se ingresa al sistema Nébula, posteriormente es trasladado al área de preparación mecánica de muestras. Dependiendo del tipo de análisis, la muestra se prepara siguiendo procedimientos estandarizados que inicia en la etapa de secado, molido y pulverizado hasta obtener la granulometría adecuada. En caso, los elementos sean analizados por absorción atómica, las muestras serán llevadas al área de pesado de muestras, luego se procede a realizar la digestión de las muestras con 3 ácidos diferentes, se acondiciona la muestra y también el equipo para su lectura, se determina el contenido hasta obtener un resultado que posteriormente será reportado en el sistema.

Por otro lado, los elementos sean analizados por volumetría, se sigue el procedimiento estandarizado donde incluye el pesado de muestras, digestión ácida de muestras, el acondicionado y determinación del contenido del mineral, este resultado se reporta en el sistema.

Si los elementos a analizar son oro y plata, se procede a realizar análisis por vía seca, iniciando por la etapa de pesado de muestra incluyendo además fundente y a criterio

del fundidor se agrega salitre o carbonato de calcio dependiendo del tipo de mineral (óxido o sulfuro), todo el contenido es puesto dentro de los crisoles de arcilla y formando un batch se ingresa al horno para ser fundidos a 1050°C, una vez fundido es puesto sobre lingoteras para luego ser retirado el regulo de la escoria, se golpea el régulo con un martillo hasta formar un cubo que será puesto sobre una copela de porcelana; el batch de copelas es puesto dentro del horno de copelación a 950°C donde el plomo es absorbido por la copela formando un doré de oro y plata, este doré se digesta con ácido nítrico para separar el oro de la plata, por un lado se forma nitrato de plata y por el otro el botón de oro, posteriormente se procede a calcinar el botón de oro y luego ser pesado en la microbalanza. Los datos son reportados al sistema.

2.6.3.3. Diagrama de Flujo del área de Operaciones

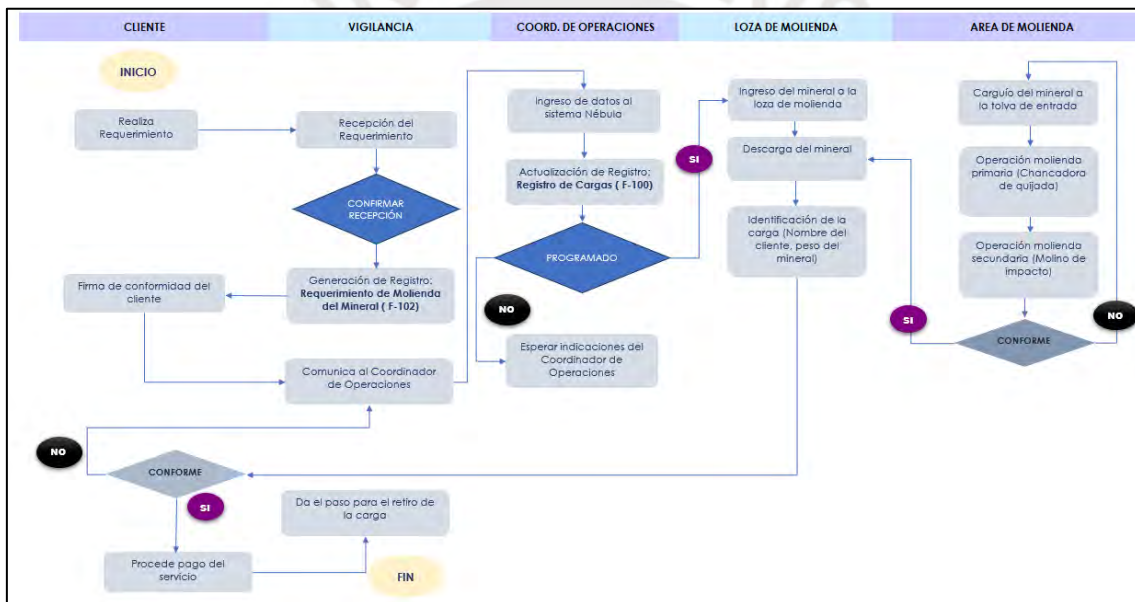


Figura 16. Diagrama de Flujo del área de Operaciones

Fuente. Elaboración propia

La figura 16 representa el diagrama de flujo del área de Operaciones, inicia en la recepción del requerimiento del cliente, si el cliente está conforme con el servicio brindado se procede a dar acceso a las instalaciones, una vez ingresada la carga se procede a descargar en la loza de molienda, se programa la molienda del mineral para luego ser transportado al área del molino, como primera etapa es chancado y luego es molido hasta obtener una granulometría adecuada, si el cliente está conforme se procede a realizar el pago de la molienda.

2.7. Diagrama de recorrido

En la figura 17 inicia con el diagrama de recorrido del proceso productivo para los diferentes análisis ofrecidos por la empresa, ensayos al fuego, ensayos vía húmeda y pruebas metalúrgicas.

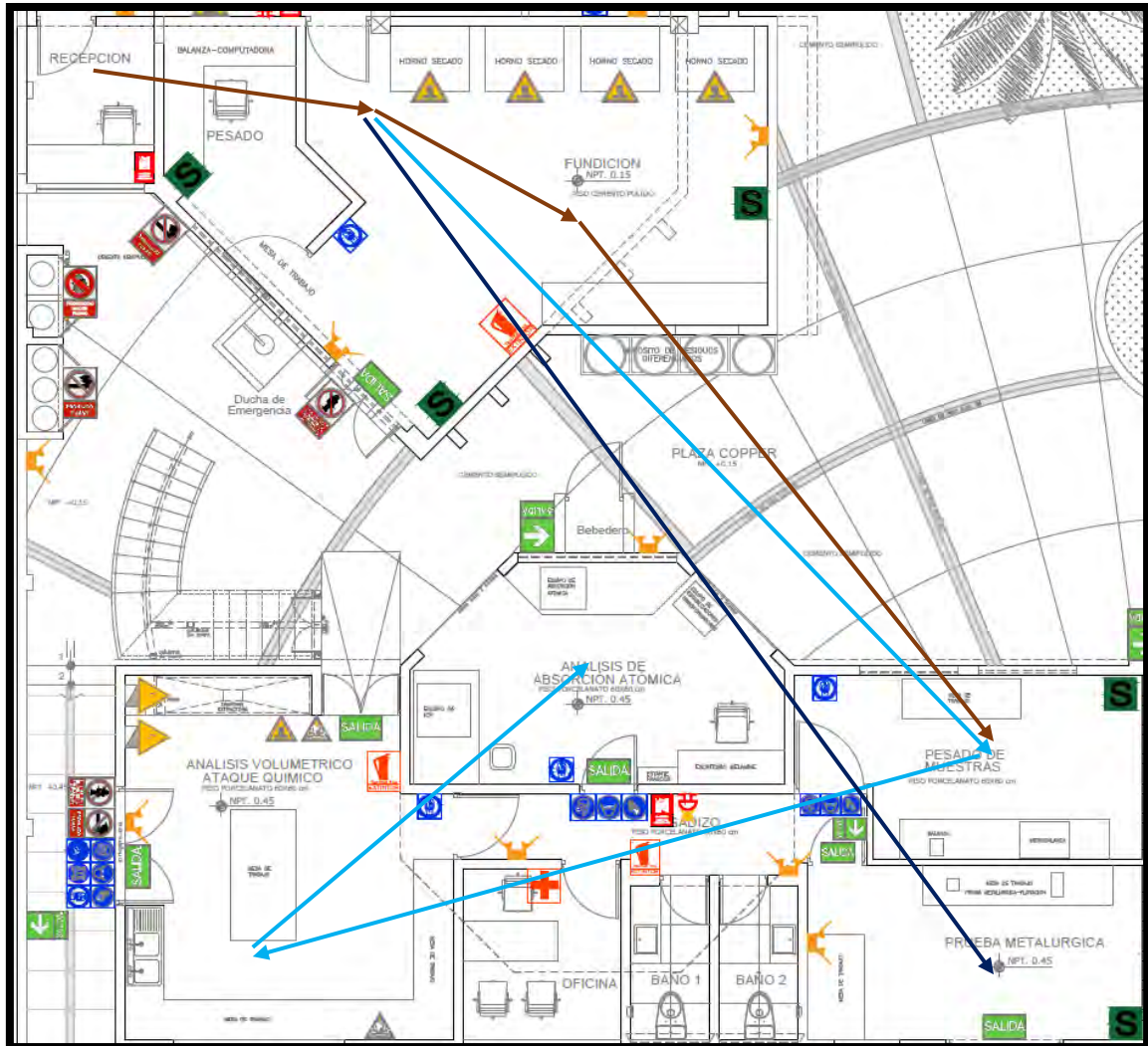


Figura 17. Diagrama de recorrido del proceso productivo
Fuente. Tomado dentro de la empresa

La figura 17 muestra el recorrido que realiza el operario durante el análisis de los minerales.

	Recorrido para ensayo al fuego
	Recorrido para análisis vía húmeda
	Recorrido para pruebas metalúrgicas

2.8. Diagrama de Operaciones

En las figuras 18 al 23 muestran los diagramas de operaciones relacionadas con la preparación mecánica de la muestra incluyendo el estado inicial de la muestra (seca o húmeda), se detallan tanto las actividades manuales como las realizadas por equipos, indicando puntos donde se requiere inspección o control de calidad. Es fundamental para asegurar la representatividad de la muestra.

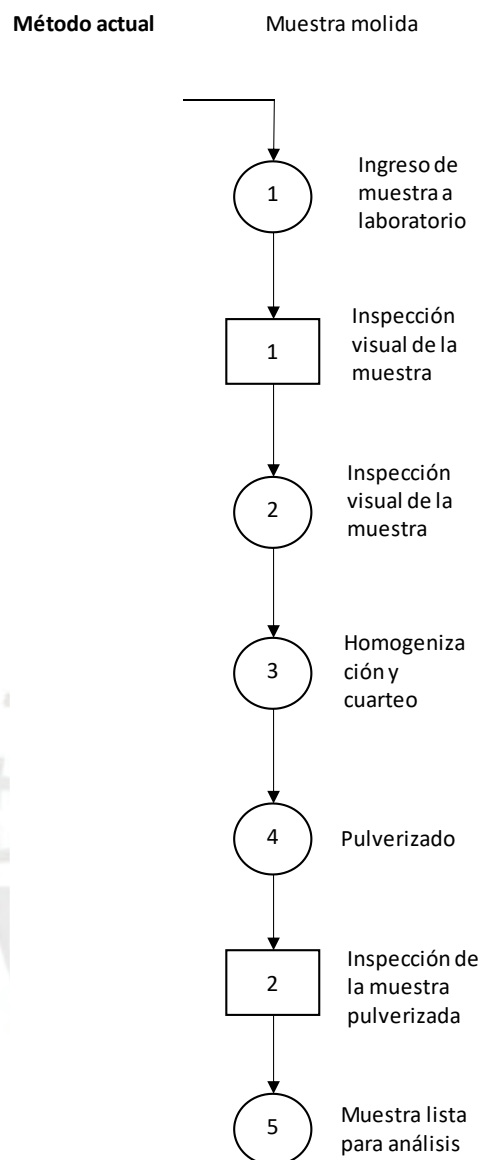
Las figuras 18 al 23 muestran un diagrama de análisis de proceso que permite visualizar con claridad las operaciones (secado, trituración, pulverización), las inspecciones críticas (verificación de granulometría, control de contaminación cruzada), y los tiempos asociados a cada etapa, facilitando la optimización del proceso y garantizando la representatividad y calidad de la muestra analítica.

Si la muestra ingresa húmeda el proceso se hace más largo por el tiempo de secado de la muestra, en el día, ingresan muestras secas y húmedas, y las muestras son trabajadas de acuerdo con el ingreso.

Para los análisis de ensayo al fuego se sigue un proceso de preparación estándar de acuerdo con la marcha analítica establecida. Si el mineral óxido, sulfuro, carbón activado contiene oro grueso u oro libre, la ley de oro y plata se determina mediante el análisis Newmont, se sigue varias etapas adicionales antes de continuar con el proceso de preparación estándar, como se muestra en la figura 22.

El estudio de tiempo de la figura 23 muestra que hay actividades que no agregan valor y sumados a lo desarrollado por el diagrama de Ishikawa se pretende desarrollar oportunidades de mejora en cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de equipos, los más críticos, chancadoras, pulverizadoras y balanzas. Entrenar al personal en realizar las actividades de preparación mecánica, evaluar el cambio de accesorios como tamices, ollas de pulverizado, etc. Actualizar el procedimiento de preparación mecánica de muestras.

DOP del proceso de preparación mecánica



Resumen	
Actividad	Cantidad
Operación	5
Inspección	2
Mixta	-
Total	7

Figura 18. DOP de preparación mecánica - muestra molida
Fuente. Elaboración propia

Método actual

Muestra en pulpa

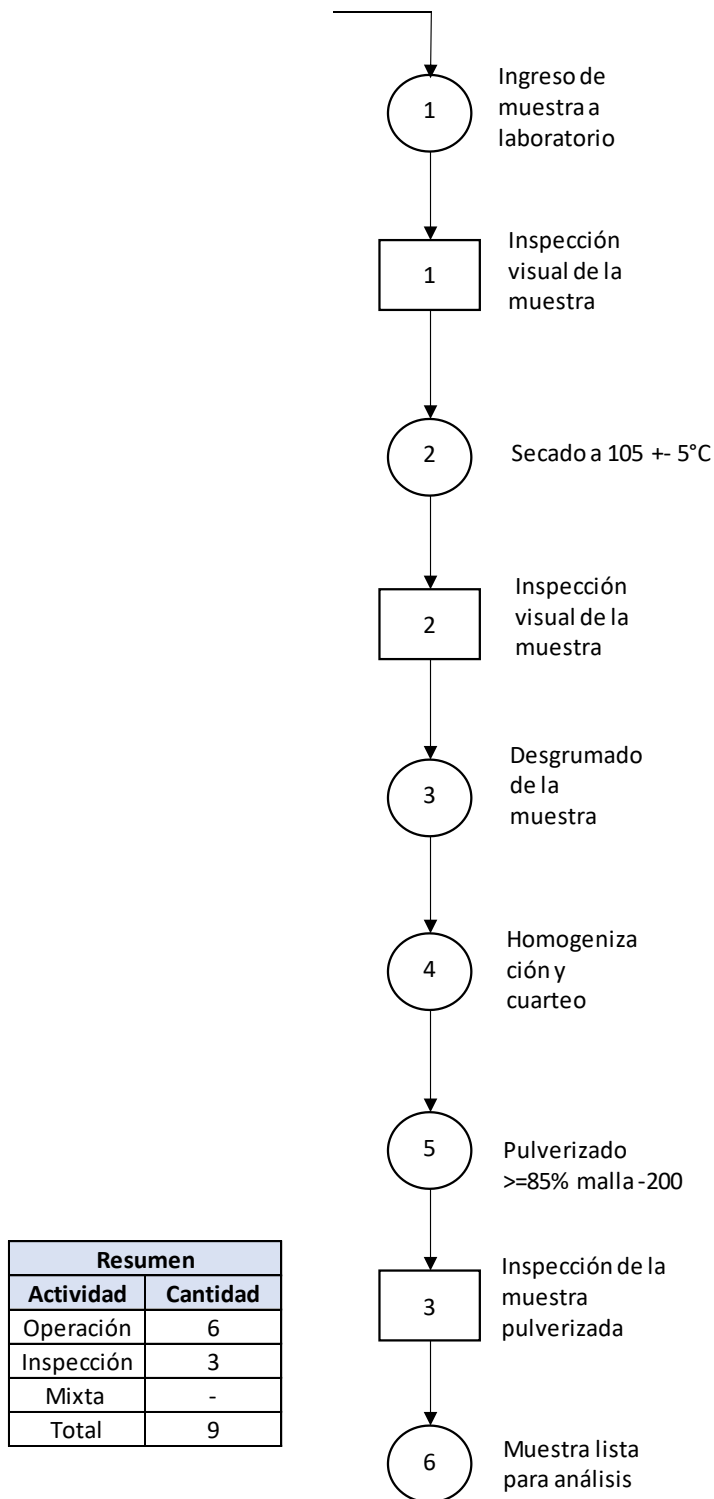
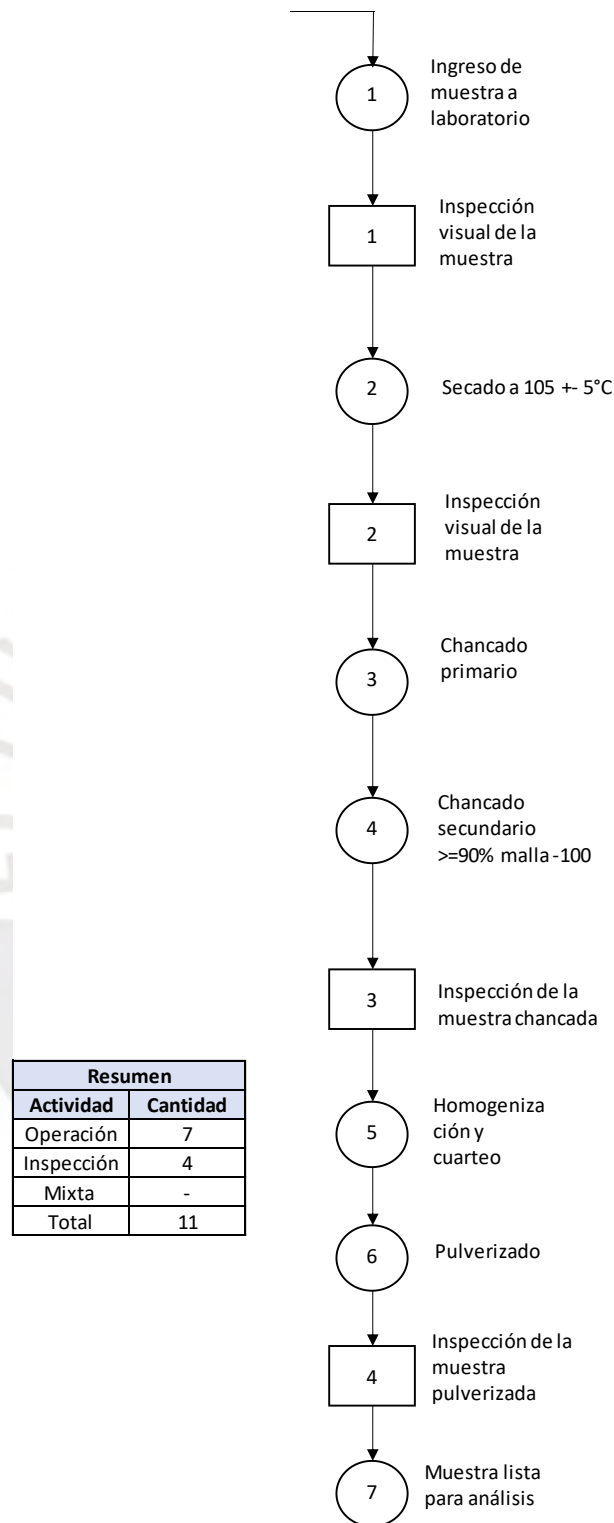


Figura 19. DOP de preparación mecánica - muestra en pulpa
Fuente. Elaboración propia

Método actual

Muestra en roca



Resumen	
Actividad	Cantidad
Operación	7
Inspección	4
Mixta	-
Total	11

Figura 20. DOP de preparación mecánica - muestra en roca
Fuente. Elaboración propia

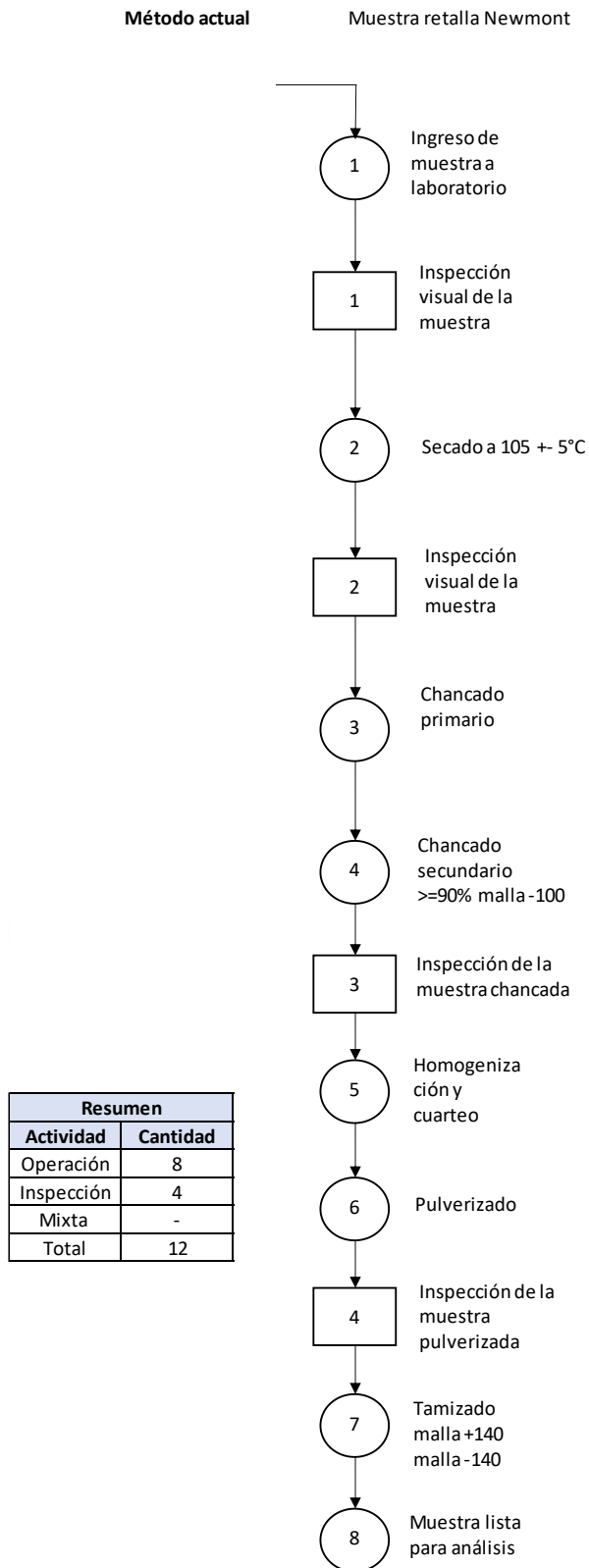


Figura 21. DOP de preparación mecánica - muestra newmont
Fuente. Elaboración propia

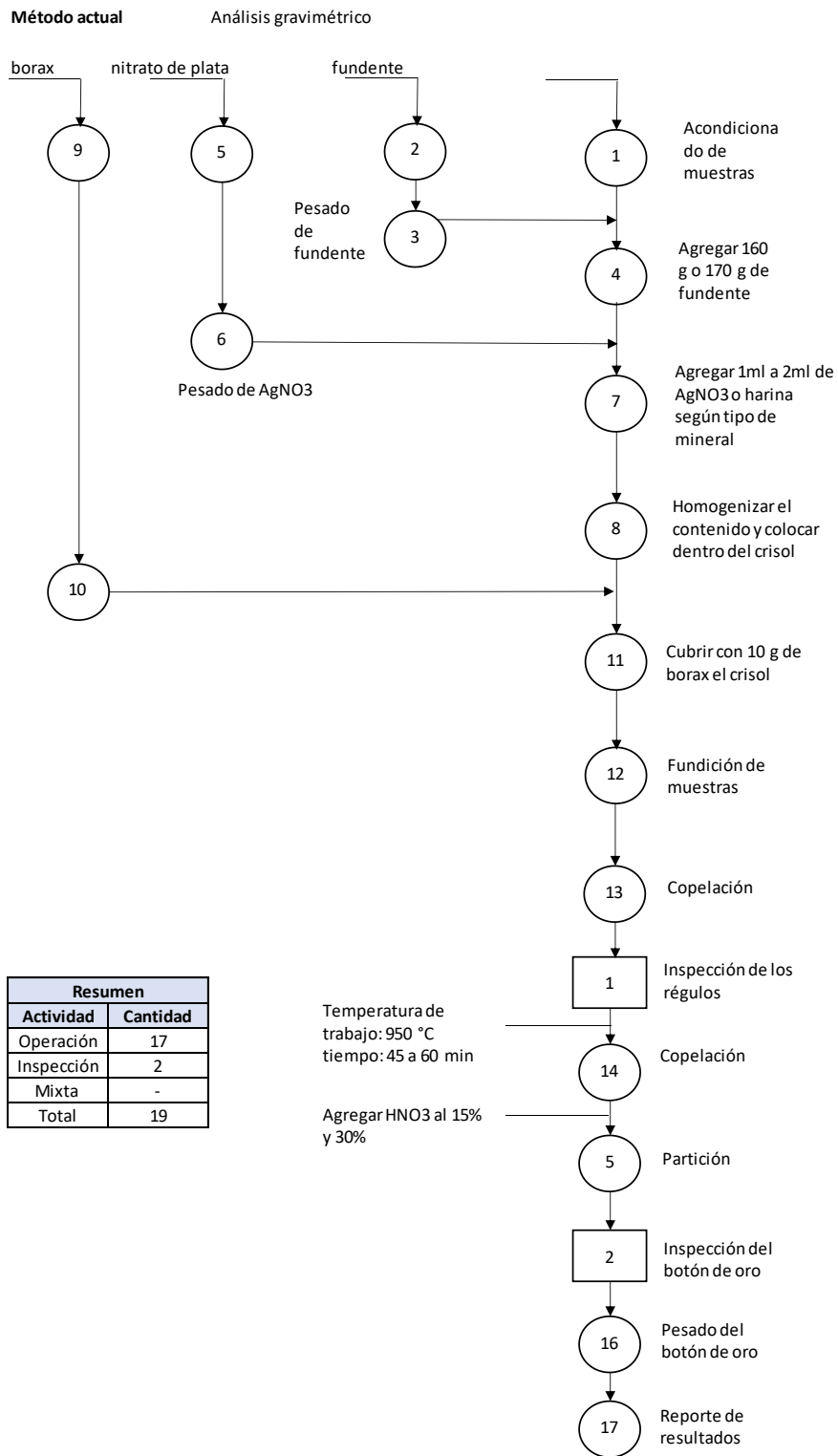


Figura 22. DOP de fundición - análisis gravimétrico y newmont
Fuente. Elaboración propia

Diagrama No. 1		Hoja No. 1		OPERARIO	<input checked="" type="checkbox"/>	MATERIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	EQUIPO	<input checked="" type="checkbox"/>			
Objetivo:				RESUMEN								
Procesos Analizado: Preparación para análisis newmont				ACTIVIDAD	ACTUAL		PROPUESTO					
Método:				Operación <input type="radio"/>	23							
Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>				Transporte <input type="radio"/>	2							
Lugar: Área de preparación mecánica				Espera <input type="radio"/>	4							
Operario(s):				Inspección <input type="checkbox"/>	3							
Elaborado por:		Fecha:		Almacenamiento <input type="radio"/>	1							
Santiago Nuñez		21.06.2024		Distancia (m)	25							
				Tiempo (hr/hombre)	1.59							
Aprobado por:		Fecha:		Agrega valor (AV)	26							
Santiago Nuñez		21.06.2024		No agrega valor (NAV)	7							
Comentarios												
Descripción				Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Observaciones
Ingreso de muestras a laboratorio				1			<input checked="" type="radio"/>					AV
Lectura del código de barras de las muestras ingresadas				1		0.5	<input checked="" type="radio"/>					AV
Inspección de los elementos a analizar en las muestras				1		0.5						AV
Traslado de muestras al área de preparación mecánica				1	5							NAV
Colocar la muestra en una bandeja metálica				1		1	<input checked="" type="radio"/>					AV
Encender el horno de secado a 105 ± 5°C				1		0.33	<input checked="" type="radio"/>					AV
Colocar la bandeja metálica dentro del horno de secado				1		0.33	<input checked="" type="radio"/>					AV
Secado de muestras				1		60						NAV
Retirar las bandejas del horno de secado				1		0.33	<input checked="" type="radio"/>					AV
Dejar enfriar las bandejas				1		2						NAV
Colocar la muestra seca dentro de la chancadora de quijada				1		1	<input checked="" type="radio"/>					AV
Encender la chancadora				1		0.08	<input checked="" type="radio"/>					AV
Chancado del mineral				1		1						NAV
Apagar la chancadora				1		0.08	<input checked="" type="radio"/>					AV
Retirar la bandeja con la muestra chancada				1		0.16	<input checked="" type="radio"/>					AV
Inspeccionar la muestra. Granulometría esperada: 90% malla -10				1		0.33						AV
Homogenizar la muestra usando la técnica de roleo				1		2	<input checked="" type="radio"/>					AV
Cuartear la muestra por método de incrementos				1		2	<input checked="" type="radio"/>					AV
Colocar 200g de muestra en dos bolsas, muestra y su duplicado				1		1	<input checked="" type="radio"/>					AV
Almacenar la diferencia en un sobre para contramuestra				1		1						NAV
Colocar la muestra de 200g en la olla de pulverizado				1		1	<input checked="" type="radio"/>					AV
Colocar la olla de pulverizado en la pulverizadora de anillos				1		1.5	<input checked="" type="radio"/>					AV
Bajar la tapa de la olla de pulverizado				1		0.33	<input checked="" type="radio"/>					AV
Encender la pulverizadora				1		0.08	<input checked="" type="radio"/>					AV
Pulverizado de muestra				1		2						NAV
Apagar la pulverizadora				1		0.08	<input checked="" type="radio"/>					AV
Retirar la olla de pulverizado				1		0.33	<input checked="" type="radio"/>					AV
Inspeccionar la muestra. Granulometría esperada: 85% malla -200				1		0.16						AV
Colocar la muestra pulverizada en una bolsa				1		2	<input checked="" type="radio"/>					AV
Tamizar la muestra pulverizada. Usar tamiz malla 140				1		10	<input checked="" type="radio"/>					AV
Pesar el retenido del tamiz				1		1	<input checked="" type="radio"/>					AV
Pesar el pasante del tamiz				1		1	<input checked="" type="radio"/>					AV
Traslado de las muestras, retenido y pasante al área de pesado				1	20	2						NAV

Figura 23. DAP de preparación mecánica - análisis newmont
Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO

En este capítulo se desarrolla una evaluación crítica y reflexiva que permite asegurar que el proyecto de investigación avanza de manera efectiva y eficiente hacia su conclusión.

Con el fin de analizar de manera integral la situación actual del laboratorio y comprender las principales limitaciones que afectan los tiempos de reporte, se aplicaron diversas herramientas de la mejora continua y de la calidad. Cada una de ellas permitió identificar problemas desde diferentes perspectivas: el flujo de valor, la percepción del cliente, las causas raíz, los indicadores de gestión, el análisis detallado de procesos y la relación con los requerimientos del cliente.

Se inicia con una evaluación de la relación estrategias-procesos aplicando la herramienta *QFD*, y seguido del reporte trimestral del año 2024 para evaluar los problemas principales que afronta la empresa actualmente.

3.1. Aplicación de herramienta QFD para evaluación de la relación estrategia-procesos

Como se aprecia en la figura 24, el proceso de Gestión Comercial (Procesos Operativos) abarcan el 27% de la importancia, por lo tanto, se debe evaluar aquellos subprocesos que generen cambios importantes en las estrategias e indicadores de calidad y eficiencia.

ESTRATEGIAS ACTUALES (QUES)	PROCESOS DEL NEGOCIO (COMO'S)							PRODUCT/SERVICE PLAN								
	Alta dirección	Gestión de la Calidad	Gestión Comercial (Procesos Operativos)	Logística	Almacén	Recursos Humanos	Mantenimiento	CUSTOMER RATING			COMPANY					
								CUSTOMER PRIORITY	MARKET COMPETITIVE BENCHMARK		PRODUCT VISION					
									NUESTRA COMPANIA	JAB PERU MINERALS EIRL	G&S SAC	SELLING POINT	COMPANY PLAN	IMPROVEMENT GAIN	ABSOLUTE IMPORTANCE	RELATIVE IMPORTANCE
Reducción del porcentaje de reclamos de los clientes al 2%	5	9	9	1	1	1	1	5	2	3	3	1.2	1	0.5	3.0	0.3
Lograr participación del mercado en un 20%	9	5	5	1	1	1	1	5	3	4	4	1.2	1	0.3	2.0	0.2
Mejorar un consumo óptico de Energía Eléctrica en la producción menor al 100%	5	5	5	1	1	1	9	2	2	3	3	1.2	1	0.5	1.2	0.1
Lograr la acreditación de la norma ISO/IEC 17025	9	9	9	1	1	1	1	2	1	2	2	1.2	1	1.0	2.4	0.2
Remuneración razonable y beneficios	5	1	1	1	1	1	9	2	3	3	3	1.2	1	0.3	0.8	0.1
Desarrollo con proveedores confiables y eficientes	1	1	1	9	5	1	1	2	3	3	3	1.2	1	0.3	0.8	0.1
Manejo eficiente del sistema LIMS para reporte de resultados a tiempo	1	1	9	1	1	1	1	3	3	4	4	1.2	1	0.3	1.2	0.1
															11.4	

	PROCESOS DEL NEGOCIO (COMO'S)							
	Alta dirección	Gestión de la Calidad	Gestión Comercial (Procesos Operativos)	Logística	Almacén	Recursos Humanos	Mantenimiento	
	1.3158	2.3684	2.3684	0.2632	0.2632	0.2632	0.2632	
	1.5789	0.8772	0.8772	0.1754	0.1754	0.1754	0.1754	
	0.5263	0.5263	0.5263	0.1053	0.1053	0.1053	0.9474	
	1.8947	1.8947	1.8947	0.2105	0.2105	0.2105	0.2105	
	0.3509	0.0702	0.0702	0.0702	0.0702	0.6316	0.0702	
	0.0702	0.0702	0.0702	0.6316	0.3509	0.0702	0.0702	
	0.1053	0.1053	0.9474	0.1053	0.1053	0.1053	0.1053	
DESIGN REQ ABS IMPORTANCE >>	5.8421	5.9123	6.7544	1.5614	1.2807	1.5614	1.8421	24.7544
DESIGN REQ REL IMPORTANCE >>	24%	24%	27%	6%	5%	6%	7%	

Figura 24. Diagrama QFD Estrategias Actuales-Procesos de Laboratorio de Minerales SAC
Fuente. Elaboración propia

3.2. Modelo Cano

3.2.1. Análisis de la voz del cliente según herramienta QFD

Para hallar la voz del cliente (VOC) se necesita determinar los requerimientos del cliente, para ello, se usó una matriz QFD como se presenta a continuación.

REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE (QUE'S)	CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO (COMO'S)							PRODUCT/SERVICE PLAN								
	Entrega de reportes dentro de las 24 h	Horario extendido de atención al cliente	Entrenamiento en servicio al cliente	Consultoría inmediata sobre información de sus resultados	Reporte expresa el método desarrollado para los análisis	Reporte indica el mineral analizado y el valor correspondiente	Servicio acreditado por Bureau Veritas, certificadora de la norma ISO 9001:2015	CUSTOMER RATING			COMPANY		ABSOLUTE IMPORTANCE	RELATIVE IMPORTANCE		
								CUSTOMER PRIORITY	MARKET COMPETITIVE BENCHMARK	LAB PERU MINERALS EIRL G&S SAC	SELLING POINT	PRODUCT VISION			IMPROVEMENT GAIN	
El cliente busca resultados precisos y confiables	1	1	1	1	5	5	9	5	4	4	4	1.2	1	0.3	1.5	0.1
Los reportes deben cumplir con normativas locales e internacionales	1	1	1	1	5	5	9	4	4	4	4	1.2	1	0.3	1.2	0.1
El reporte debe identificar y cuantificar los componentes presentes en la muestra	1	1	1	1	1	9	5	5	4	4	4	1.2	1	0.3	1.5	0.1
El reporte debe contener el método analítico y/o procedimiento utilizado en el análisis de minerales	1	1	1	1	9	5	9	4	4	4	4	1.2	1	0.3	1.2	0.1
El cliente solicita información sobre los resultados, soporte técnico y consultoría	1	5	9	9	1	1	5	3	3	3	3	1.2	1	0.3	1.2	0.1
El cliente exige seguridad y confiabilidad de sus resultados	1	1	9	5	1	1	9	5	4	4	4	1.2	1	0.3	1.5	0.1
El cliente exige que el tiempo de reporte se de en el tiempo de entrega acordado	9	1	1	1	1	1	5	5	2	3	3	1.2	1	0.5	3.0	0.3
															11.1	

	CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO (COMO'S)						
	Entrega de reportes dentro de las 24 h	Horario extendido de atención al cliente	Entrenamiento en servicio al cliente	Consultoría inmediata sobre información de sus resultados	Reporte expresa el método desarrollado para los análisis	Reporte indica el mineral analizado y el valor correspondiente	Servicio acreditado por Bureau Veritas, certificadora de la norma ISO 9001:2015
	0.135135	0.135135	0.135135	0.135135	0.675676	0.675676	1.216216
	0.108108	0.108108	0.108108	0.108108	0.540541	0.540541	0.972973
	0.135135	0.135135	0.135135	0.135135	0.135135	1.216216	0.675676
	0.108108	0.108108	0.108108	0.108108	0.972973	0.540541	0.972973
	0.108108	0.540541	0.972973	0.972973	0.108108	0.108108	0.540541
	0.135135	0.135135	1.216216	0.675676	0.135135	0.135135	1.216216
	2.432432	0.27027	0.27027	0.27027	0.27027	0.27027	1.351351
DESIGN REQ ABS IMPORTANCE >>	3.162162	1.432432	2.945946	2.405405	2.837838	3.486486	6.945946
DESIGN REQ REL IMPORTANCE >>	14%	6%	13%	10%	12%	15%	30%

Figura 25. Matriz QFD de requerimientos del cliente con características del servicio
Fuente. Elaboración propia

Como se aprecia en la figura 25, el atributo con mayor importancia es el servicio acreditado por certificadora de la Norma ISO 9001:2015, un valor del 30%. Esta norma internacional proporciona un marco para que las organizaciones mejoren la calidad de sus

productos y servicios, aumenten la satisfacción del cliente y optimicen sus procesos internos.

Se procede a analizar las necesidades del cliente mediante el análisis Cano.

A. Seleccione las características del servicio a evaluar (Tomados del QFD)

Tabla 2. Requerimientos del cliente en matriz QFD

Matriz QFD	Requerimientos del cliente
1	El cliente busca resultados precisos y confiables
2	Los reportes deben cumplir con normativas locales e internacionales
3	El reporte debe identificar y cuantificar los componentes presentes en la muestra
4	El reporte debe contener el método analítico y/o procedimiento utilizado en el análisis de minerales
5	El cliente solicita información sobre los resultados, soporte técnico y consultoría
6	El cliente exige seguridad y confiabilidad de sus resultados
7	El cliente exige que el tiempo de reporte se de en el tiempo de entrega acordado

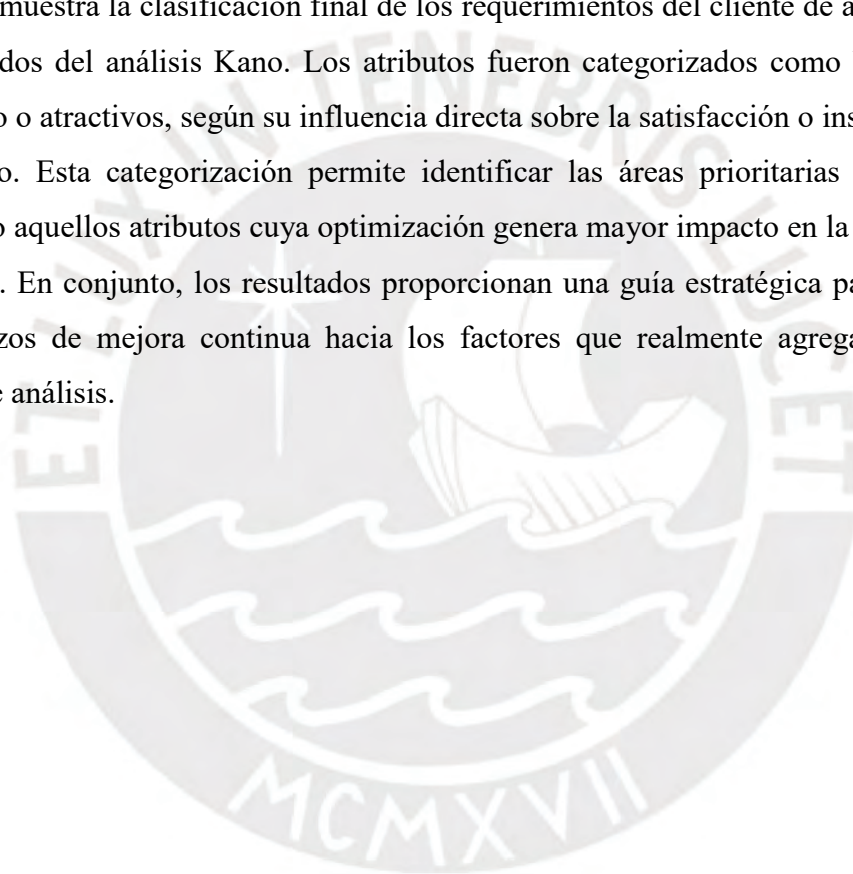
Fuente. Elaboración propia

La tabla 2 representa los requerimientos del cliente según las características del cliente.

La tabla 3 presenta los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los clientes, en la cual se evaluó la percepción sobre distintos atributos del servicio mediante preguntas funcionales y disfuncionales. Los datos recopilados reflejan las preferencias y expectativas del cliente en relación con la rapidez, confiabilidad y comunicación durante el proceso de análisis. Este levantamiento de información permitió cuantificar el nivel de satisfacción asociado a cada característica del servicio, constituyendo la base para su posterior clasificación.

Las tablas 4 y 5 desarrollan la categorización de atributos según el Modelo Kano

Se muestra la clasificación final de los requerimientos del cliente de acuerdo con los resultados del análisis Kano. Los atributos fueron categorizados como básicos, de desempeño o atractivos, según su influencia directa sobre la satisfacción o insatisfacción del usuario. Esta categorización permite identificar las áreas prioritarias de mejora, destacando aquellos atributos cuya optimización genera mayor impacto en la percepción del cliente. En conjunto, los resultados proporcionan una guía estratégica para orientar los esfuerzos de mejora continua hacia los factores que realmente agregan valor al servicio de análisis.



B. Defina el tipo de respuesta

Tabla 3. Encuesta de satisfacción al cliente

DIA	Cliente	Contacto	Preguntas de la Encuesta													
			F	DF	F	DF	F	DF	F	DF	F	DF	F	DF	F	DF
			¿Cómo se siente cuando la empresa le ofrece resultados precisos y confiables?	¿Cómo se siente cuando la empresa no le ofrece resultados precisos y confiables?	¿Cómo se siente cuando el reporte de resultados cumple con las normativas locales?	¿Cómo se siente cuando el reporte de resultados no cumple con las normativas locales?	¿Cómo se siente cuando el reporte contiene los elementos y el valor medido de las muestras a analizar?	¿Cómo se siente cuando el reporte no contiene los elementos y el valor medido de las muestras a analizar?	¿Cómo se siente cuando el reporte contiene el método analítico del ensayo?	¿Cómo se siente cuando el reporte no contiene el método analítico del ensayo?	¿Cómo se siente cuando personal de la empresa le brinda asesoría de sus resultados?	¿Cómo se siente cuando personal de la empresa no le brinda asesoría de sus resultados?	¿Cómo se siente cuando la empresa le brinda seguridad y confiabilidad en los resultados?	¿Cómo se siente cuando la empresa no le brinda seguridad y confiabilidad en los resultados?	¿Cómo se siente cuando se le brinda a tiempo el informe de resultados?	¿Cómo se siente cuando no se le brinda a tiempo el informe de resultados?
Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación		
1	FABIAN LOYOLA JOSE LUIS	FABIAN LOYOLA JOSE LUIS	4	1	3	2	4	1	3	2	4	1	4	1	4	0
2	MIRTA SILVA CRUZ	MIRTA SILVA CRUZ	4	1	3	2	4	1	3	2	4	1	4	1	4	0
3	KENNETH COLOMA AZABACHE	KENNETH COLOMA AZABACHE	4	0	3	2	4	1	3	2	4	1	4	1	4	0
4	RUBEN BURGOS	RUBEN BURGOS	4	1	3	2	4	1	3	2	4	1	4	1	4	0
5	LUIS LOYOLA NUÑEZ	LUIS LOYOLA NUÑEZ	4	1	2	2	4	1	3	2	4	0	4	1	4	0
6	YON BRANDAN REYES	YON BRANDAN REYES	4	1	2	2	4	0	4	2	4	1	4	1	4	0
7	ROGELIO QUITO C.	ROGELIO QUITO C.	4	1	3	2	4	1	3	2	4	1	4	1	4	0
8	JAIRO HERNANDEZ A.	JAIRO HERNANDEZ A.	4	1	3	2	4	1	4	2	3	1	4	1	4	0
9	EDINSON MARREROS P.	EDINSON MARREROS P.	4	1	3	1	4	1	3	2	4	1	4	0	4	0
10	DEIMAN VILLALVA R.	DEIMAN VILLALVA R.	4	1	4	2	4	0	4	1	3	1	4	1	4	0
11	ROMULO OBESO REYES	ROMULO OBESO REYES	4	1	2	2	4	1	4	2	4	0	4	0	4	0
12	NILSER GARCIA QUEZADA	NILSER GARCIA QUEZADA	4	0	2	1	4	1	3	2	4	1	4	1	4	0
13	JESSICA GARCIA T.	JESSICA GARCIA T.	4	1	2	2	4	0	3	2	4	1	4	0	4	0
14	METPROMIN EIRL	METPROMIN EIRL	4	1	4	2	4	1	2	2	4	1	4	1	4	0
15	JUAN CARLOS CASTILLO	JUAN CARLOS CASTILLO	4	1	3	2	4	0	3	2	4	1	4	0	4	0
16	FERTY AGRO VIRU EIRL	FERTY AGRO VIRU EIRL	4	0	3	2	4	1	3	2	3	1	4	1	4	0
17	JORGE BUENENO CUEVA	JORGE BUENENO CUEVA	4	1	3	2	4	1	3	1	4	1	4	1	4	0
18	ALFREDO VALVERDE	ALFREDO VALVERDE	4	1	2	2	3	0	2	2	3	1	4	0	4	0
19	MARIA MENDEZ LAZARO	MARIA MENDEZ LAZARO	4	0	2	1	3	1	3	1	4	1	4	0	4	0
20	PABLO SANCHEZ IPARRAGUIRRE	PABLO SANCHEZ IPARRAGUIRRE	4	1	2	2	4	0	4	2	4	0	4	1	4	0

Fuente. Elaboración propia

C. Tabla de criterios

Tabla 4. Tabla de criterios según modelo Cano

Características del producto / servicio			Respuesta a la pregunta disfuncional				
			Muy satisfecho	Satisfecho	Indiferente	Insatisfecho	Muy insatisfecho
			4	3	2	1	0
Respuesta a la pregunta funcional	Muy satisfecho	4	Q	A	A	A	O
	Satisfecho	3	R	I	I	I	M
	Indiferente	2	R	I	I	I	M
	Insatisfecho	1	R	I	I	I	M
	Muy insatisfecho	0	R	R	R	R	R

Clave	
Atractivo	A
Debe ser	M
Unidimensional	O
Cuestionable	Q
Indiferente	I
Inversa	R

Fuente. Elaboración propia

Primer atributo - Resultados precisos y confiables

Características del producto / servicio		¿Cómo se siente cuando la empresa no le ofrece resultados precisos y confiables?				
		Muy satisfecho	Satisfecho	Indiferente	Insatisfecho	Muy insatisfecho
¿Cómo se siente cuando la empresa le ofrece resultados precisos y confiables?	Muy satisfecho				16	4
	Satisfecho					
	Indiferente					
	Insatisfecho					
	Muy insatisfecho					

Segundo atributo - Resultados cuentan con normas locales e internacionales

Características del producto / servicio		¿Cómo se siente cuando el reporte de resultados no cumple con las normativas locales?				
		Muy satisfecho	Satisfecho	Indiferente	Insatisfecho	Muy insatisfecho
¿Cómo se siente cuando el reporte de resultados cumple con las normativas locales?	Muy satisfecho			2		
	Satisfecho			9	1	
	Indiferente			6	2	
	Insatisfecho					
	Muy insatisfecho					

Tercer atributo - Resultados tienen los elementos a analizar y el valor medido

Características del producto / servicio		¿Cómo se siente cuando el reporte no contiene los elementos y el valor medido de las muestras a analizar?				
		Muy satisfecho	Satisfecho	Indiferente	Insatisfecho	Muy insatisfecho
¿Cómo se siente cuando el reporte contiene los elementos y el valor medido de las muestras a analizar?	Muy satisfecho				13	5
	Satisfecho				1	1
	Indiferente					
	Insatisfecho					
	Muy insatisfecho					

Cuarto atributo - Procedimientos y métodos analíticos en el reporte de resultados

Características del producto / servicio		¿Cómo se siente cuando el reporte no contiene el método analítico del ensayo?				
		Muy satisfecho	Satisfecho	Indiferente	Insatisfecho	Muy insatisfecho
¿Cómo se siente cuando el reporte contiene el método analítico del ensayo?	Muy satisfecho			4	1	
	Satisfecho			11	2	
	Indiferente			2		
	Insatisfecho					
	Muy insatisfecho					

Quinto atributo - Asesoría al cliente sobre sus resultados

Características del producto / servicio		¿Cómo se siente cuando personal de la empresa no le brinda asesoría de sus resultados?				
		Muy satisfecho	Satisfecho	Indiferente	Insatisfecho	Muy insatisfecho
¿Cómo se siente cuando personal de la empresa le brinda asesoría de sus resultados?	Muy satisfecho				13	3
	Satisfecho				4	
	Indiferente					
	Insatisfecho					
	Muy insatisfecho					

Sexto atributo - Seguridad y confiabilidad en los resultados

Características del producto / servicio		¿Cómo se siente cuando la empresa no le brinda seguridad y confiabilidad en los resultados?				
		Muy satisfecho	Satisfecho	Indiferente	Insatisfecho	Muy insatisfecho
¿Cómo se siente cuando la empresa le brinda seguridad y confiabilidad en los resultados?	Muy satisfecho				6	14
	Satisfecho					
	Indiferente					
	Insatisfecho					
	Muy insatisfecho					

Séptimo atributo - Tiempo de entrega de reporte de los resultados

Características del producto / servicio		¿Cómo se siente cuando no se le brinda a tiempo el informe de resultados?				
		Muy satisfecho	Satisfecho	Indiferente	Insatisfecho	Muy insatisfecho
¿Cómo se siente cuando se le brinda a tiempo el informe de resultados?	Muy satisfecho					20
	Satisfecho					
	Indiferente					
	Insatisfecho					
	Muy insatisfecho					

D. Categorización del servicio

Tabla 5. Categorización del servicio de análisis

N°	Características del producto / Servicio	Attractive	Must be	One-dimensional	Reverse	Questionable	Irrelevant	TOTAL	CATEGORÍA
#1	Resultados precisos y confiables	80%		20%				100%	Attractive
#2	Resultados cuentan con normas locales e internacionales	10%					90%	100%	Irrelevant
#3	Resultados tienen los elementos a analizar y el valor medido	65%	5%	25%			5%	100%	Attractive
#4	Procedimientos y métodos analíticos en el reporte de resultados	25%					75%	100%	Irrelevant
#5	Asesoría al cliente sobre sus resultados	65%		15%			20%	100%	Attractive
#6	Seguridad y confiabilidad en los resultados	30%		70%				100%	One-dimensional
#7	Tiempo de entrega de reporte de los resultados			100%				100%	One-dimensional

E. Gráfico del modelo Cano

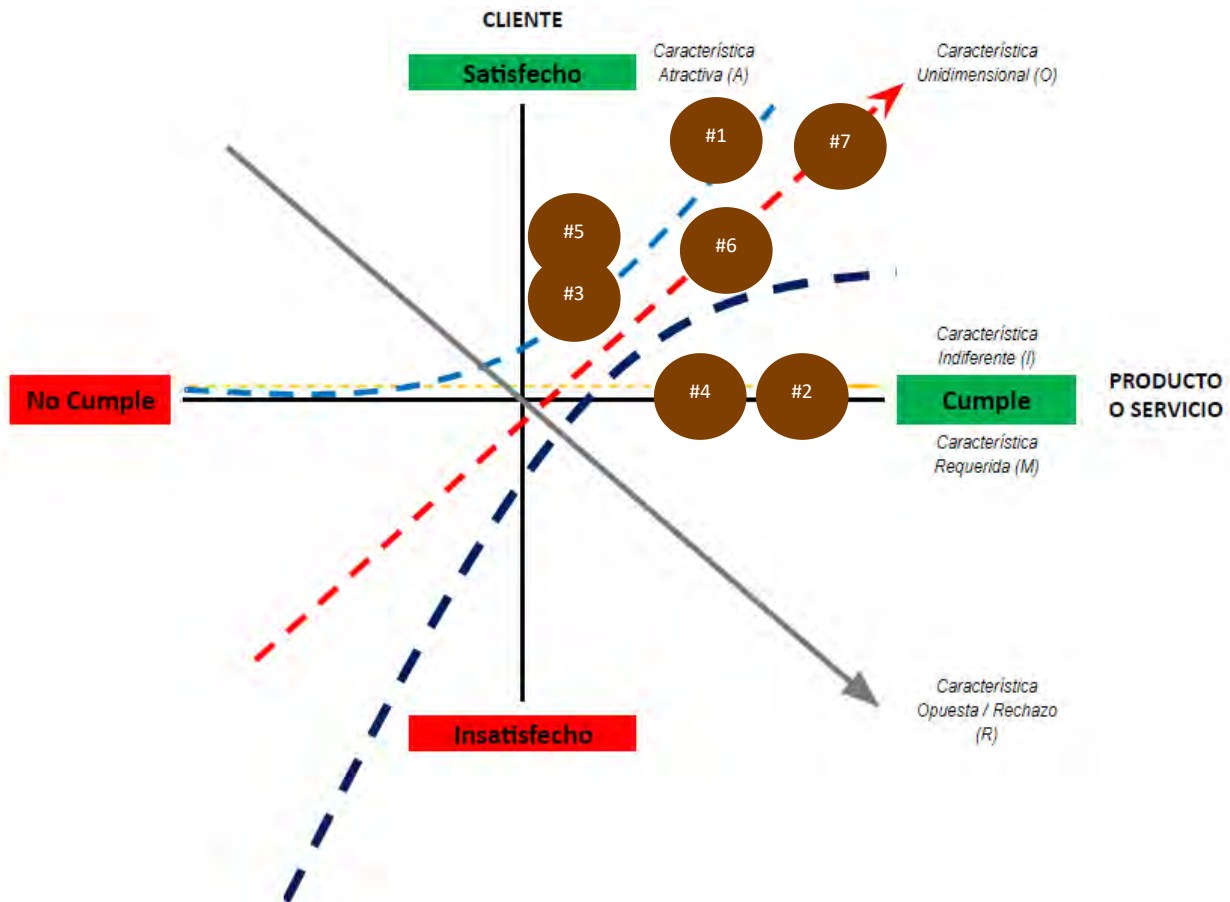


Figura 26. Diagrama del modelo Cano
Fuente. Elaboración propia

Como se aprecia en la figura 26, la necesidad de desempeño de carácter unidimensional es el tiempo de reporte, lo cual se convierte en un indicador de desempeño expresado como, entregas de trabajo a tiempo.

3.3. Desarrollo del VSM estado actual

3.3.1. Selección de la línea de producción a estudiar

Con el propósito de identificar la familia de productos que deberá ser analizada en la empresa objeto de estudio y a la cual se aplicarán las herramientas de manufactura esbelta, priorizando aquella con el mayor promedio mensual de análisis se recopilaron los datos correspondientes a las toneladas analizadas para cada tipo de producto entre marzo y mayo de 2024. Dado que cada línea de producción integra diversas familias de productos, se elaboró un análisis de Pareto para determinar cuál de ellas presenta la mayor demanda. El resultado obtenido para la totalidad de análisis reportados por tipo de análisis puede verse en la Figura 27.

Tabla 6. Reporte de muestras analizadas de acuerdo con el análisis requerido

Tipo de análisis	Marzo	Abril	Mayo	Promedio	f_acumulado	Peso relativo	Peso relativo acumulado	80-20
Análisis por Fundición	742	758	1049	850	850	44%	44%	80%
Análisis por Absorción Atómica	384	430	940	585	1434	30%	74%	80%
Análisis de Humedad	251	258	269	259	1694	13%	88%	80%
Pruebas metalúrgicas de lixiviación	198	213	166	192	1886	10%	98%	80%
Análisis por Granulometría	22	30	15	22	1908	1%	99%	80%
Análisis por ICP	0	1	36	12	1921	1%	99%	80%
Análisis Carbón Activado	12	5	20	12	1933	1%	100%	80%
Pruebas metalúrgicas de flotación	0	1	1	1	1934	0%	100%	80%

Fuente. Elaboración Propia

La tabla 6 representa la cantidad de muestras analizadas por diferentes análisis solicitados por los clientes durante los meses de marzo hasta mayo 2024.

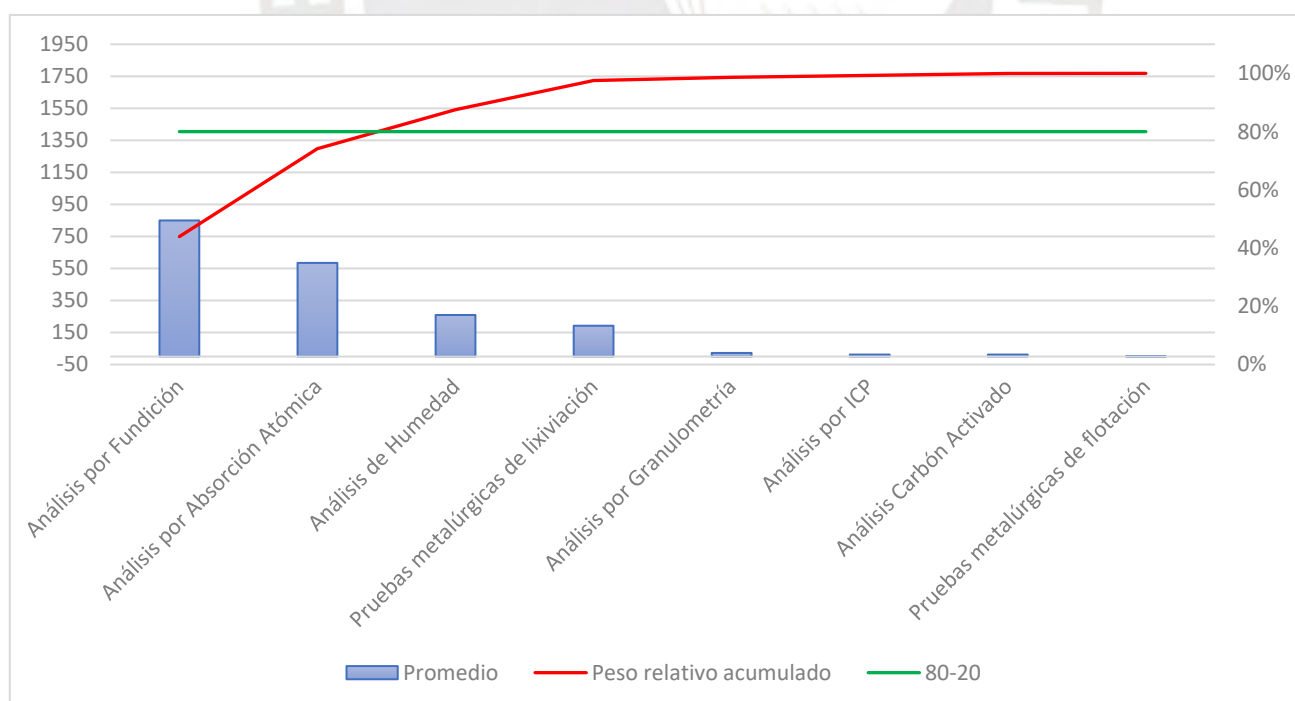


Figura 27. Diagrama de Pareto de Análisis reportados
Fuente. Elaboración Propia

De la Figura 27, se concluye que el tipo de análisis por fundición es la más representativa, ya que constituye el 44% del total del volumen de reportes analizados.

3.3.2. Selección de familia de productos a estudiar

Tras seleccionar la línea de análisis por fundición, se procede a elegir una familia de productos dentro de dicha línea de producción. A continuación, se muestra en la tabla 7 el método sugerido por (Womack, James , & Roos, 1996) para la selección de familias de productos, cuyo propósito es agrupar los diversos artículos en categorías según las etapas similares que atraviesan durante su transformación y los equipos comunes que utilizan en el proceso.

Tabla 7. Formación de familias

Análisis	Pesado	Digestión	Acondicionado	Filtración	Titulación	Lectura	Fundición	Copelación	Reporte
Ag	X						X	X	X
Au	X						X	X	X
As	X	X	X			X			X
Sb	X	X	X			X			X
Bi	X	X	X			X			X
CuOx	X	X	X			X			X
Fe	X	X	X			X			X
Cu	X	X	X		X				X
Pb	X	X	X	X	X				X
Zn	X	X	X	X	X				X

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 7 de acuerdo con los principios de manufactura celular es primordial la formación de familias de acuerdo con la afinidad de procesos, esta metodología se aplicará en el laboratorio. Estas familias formadas servirán de patrón para la implementación del proyecto de manufactura esbelta. Las tres familias que se han formado son Absorción, Volumetría y Fundición, en base a estas tres familias se plantearan las mejoras. Es importante aclarar que estos procesos no son independientes, dado que los minerales se encuentran mezclados en las rocas; por lo tanto, se procederá a analizar de acuerdo con la primera familia, Au y Ag en fundición porque constituye el 44%% del total del volumen de reportes analizados. (Ver Figura 27)

3.3.3. Desarrollo de Mapa de Flujo de Valor estado actual (VSM)

Una vez identificada en el ítem 3.3.2 la familia de productos más representativa en función del volumen mensual de reportes analizados, se procederá a elaborar el VSM de dicha familia. El propósito de este mapeo es brindar una representación visual del flujo de materiales e información, lo que permitirá orientar los procesos de mejora, identificar con precisión los desperdicios presentes en la cadena de valor y establecer acciones para su reducción. De este modo, se busca disminuir el lead time de producción y contribuir al adecuado cumplimiento de la demanda de la familia de productos por parte de los clientes de la empresa en estudio.

1. Configurar datos para hallar el tiempo takt time

Demanda del cliente mensual = Demanda real + duplicidad de la muestra + reprocesos

Demanda del cliente mensual = 850 análisis + 850 análisis + 3%

Demanda del cliente mensual = 1750 análisis por ensayo al fuego

Tiempo Takt time = 588 segundos/pieza

Significa que se necesita 588 seg (9.8 min) para reportar y cumplir con el análisis del cliente

Propiedades de diagrama - Mapa1

Configurar | Planificación | Gráfico

Tiempo de trabajo disponible: Usar personalizado

Horas por turno: 12

Minutos de interrupción por turno: 60

Turnos por día: 1

Días por semana: 6

Días por mes: 26 = 4.33 semanas

Tiempo Takt

Demanda del cliente: 1750 / Mes = 588 segundos / pieza

Mostrar formato: 588 segundos

Objetivo Takt: Porcentaje 90 %

Tiempo de espera en inventario: Basado en el tiempo Takt

Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda

Figura 28. Configuración de parámetros

Fuente. Elaboración propia

2. Realizar el VSM estado actual

El VSM se generó a partir del Batch que requiere la etapa de fundición, debido a la capacidad del horno de fundición de 48 crisoles (24 muestras + duplicado + MRI). Todos los cálculos se dieron a un batch de 48 crisoles, en la etapa de preparación mecánica será un valor de 24 muestras.



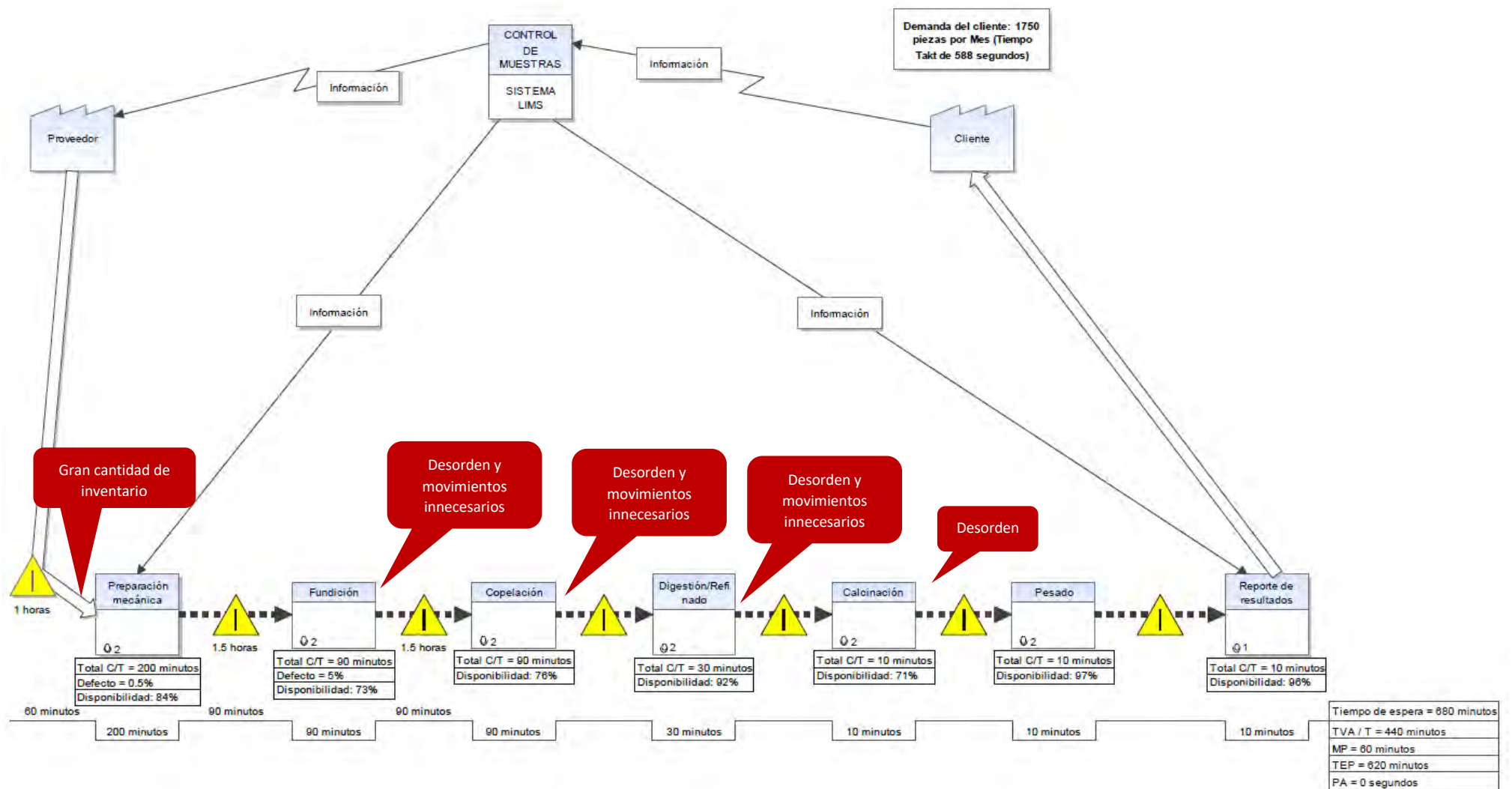


Figura 29. VSM estado actual

Fuente. Elaboración propia

Del cuadro resumen, se puede calcular la eficiencia del ciclo de proceso, dando un valor de 64.7% respecto al lote de trabajo generado.

El proceso que cuenta con tiempo de ciclo mayor es el proceso de preparación mecánica de muestras, etapa inicial que involucra horas hombre y horas máquina. Dentro de la etapa de preparación mecánica, la etapa que ocupa el mayor porcentaje de tiempo es la etapa de secado de muestras, dependiendo de las condiciones de ingreso del mineral (concentrado, óxido, sulfuro, pulpa, etc) el tiempo de secado varía entre 1h a 2h por bloque.

Si la muestra ingresa húmeda, el tiempo de secado varía según el siguiente cuadro.

Tipo de mineral	Tiempo de secado
Óxido	1.5 – 2h
Sulfuro	30 – 40 min

Si la muestra ingresa seca, la etapa de preparación mecánica se reduce en un 50%.

3.3.4. Identificación de métricas Lean

En la tabla 8 se ha desarrollado las métricas lean definidas para obtener el takt time por puesto de trabajo, así como la eficiencia operacional de equipos (OEE).

En la figura 30, se aprecia el takt time dando un valor de 9 min/un en relación con el tiempo de ciclo por área de trabajo, donde la gráfica muestra que los valores de tiempo de ciclo están por debajo del takt time, eso indica que se cumple la demanda del cliente en el plazo establecido.

En la figura 31, se aprecia el reporte de OEE del 01/06 al 07/06, comparando con un valor de OEE del 75% (meta), la eficiencia de los equipos del área de preparación mecánica está dentro del objetivo, dando a entender que los equipos se encuentran disponibles, el rendimiento es efectivo y no se realizan nuevamente la actividad de chancado y molienda del mineral.

Tabla 8. Cálculo de métricas

Descripción	UMD	Etapas del proceso									
		Preparación mecánica (secado)	Preparación mecánica (chancadora de quijada)	Preparación mecánica (chancadora cónica)	Preparación mecánica (pulverizadora)	Fundición	Copelación	Digestión	Calcinación	Pesado	Reporte
Número de turnos	turnos/día	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jornada laboral	hrs/turno	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Refrigerio	hrs/turno	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pausas activas	hrs/turno	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Mantenimiento preventivo	hrs/turno	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Otros	hrs/turno	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Tiempo disponible (EN)	min/día	610.8	610.8	610.8	610.8	610.8	610.8	610.8	610.8	610.8	610.8
Velocidad teórica	und/hora	70	20	20	40	24	24	32	72	144	500
Producción bruta	und/turno	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
N° máquinas	und	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1
N° operarios	und	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Producción real	und/día	340	170	170	340	170	170	170	170	170	170
Tiempo de ciclo (C/T)	min/und	1.80	3.59	3.59	1.80	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59
Tiempo de avería (TAV)	min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiempo de arranque (TAR)	min	10	5	5	5	60	60	10	120	2	2
Tiempo de cambio M. (C/O)	min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiempo de espera (TES)	min	10	10	10	2	0	0	0	0	0	0
Tiempos muertos	min	20	15	15	7	60	60	10	120	2	2
Tiempo productivo	min	590.8	595.8	595.8	603.8	550.8	550.8	600.8	490.8	608.8	608.8
Disponibilidad (D)	%	97%	98%	98%	99%	90%	90%	98%	80%	100%	100%
Capacidad productiva	und/día	689.27	198.60	198.60	402.53	220.32	220.32	320.43	588.96	1461.12	5073.33
Rendimiento (R)	%	49%	86%	86%	84%	77%	77%	53%	29%	12%	3%
Piezas buenas	und	306	153	153	306	153	153	153	153	153	153
Calidad (C)	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
OEE	%	43%	75%	75%	75%	63%	63%	47%	21%	10%	3%

Fuente. Elaboración propia



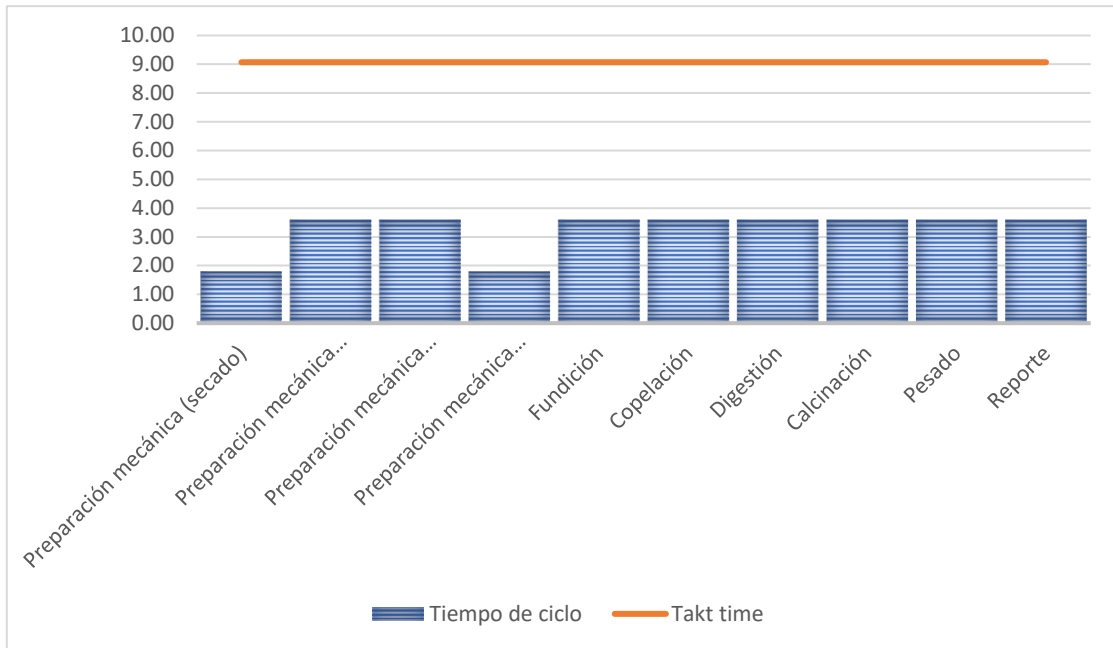


Figura 30. T/C vs takt time en el área de fundición

Fuente. Elaboración propia

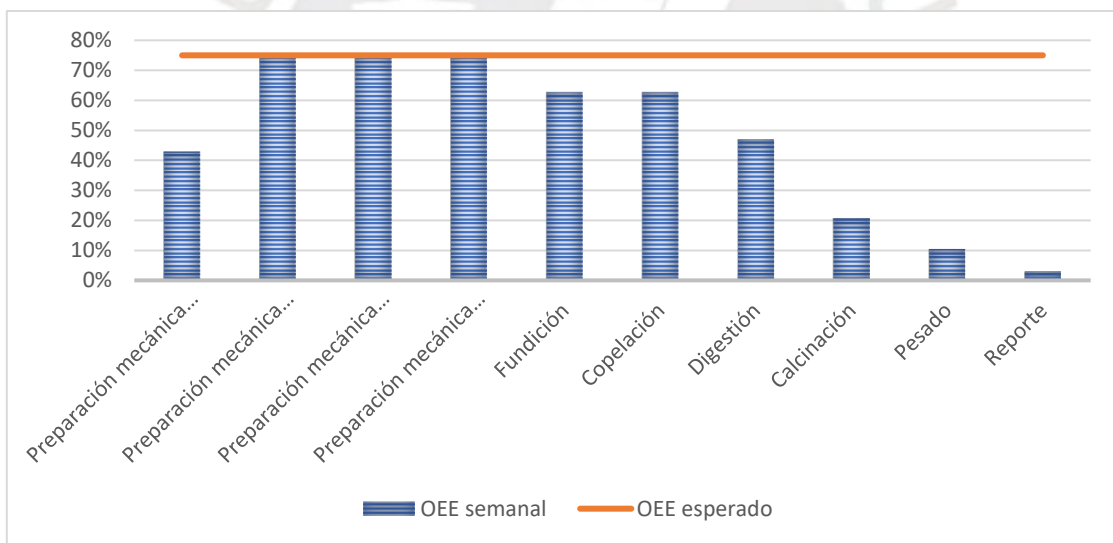


Figura 31. Reporte de OEE desde el 01/06 al 07/06

Fuente. Elaboración propia

3.4. Diagrama Ishikawa

De acuerdo con la información brindada en las diferentes herramientas estudiadas en la sección anterior, se verifica la problemática principal y analizar las posibles causas que puedan estar afectando el proceso.

3.5. Problemática principal

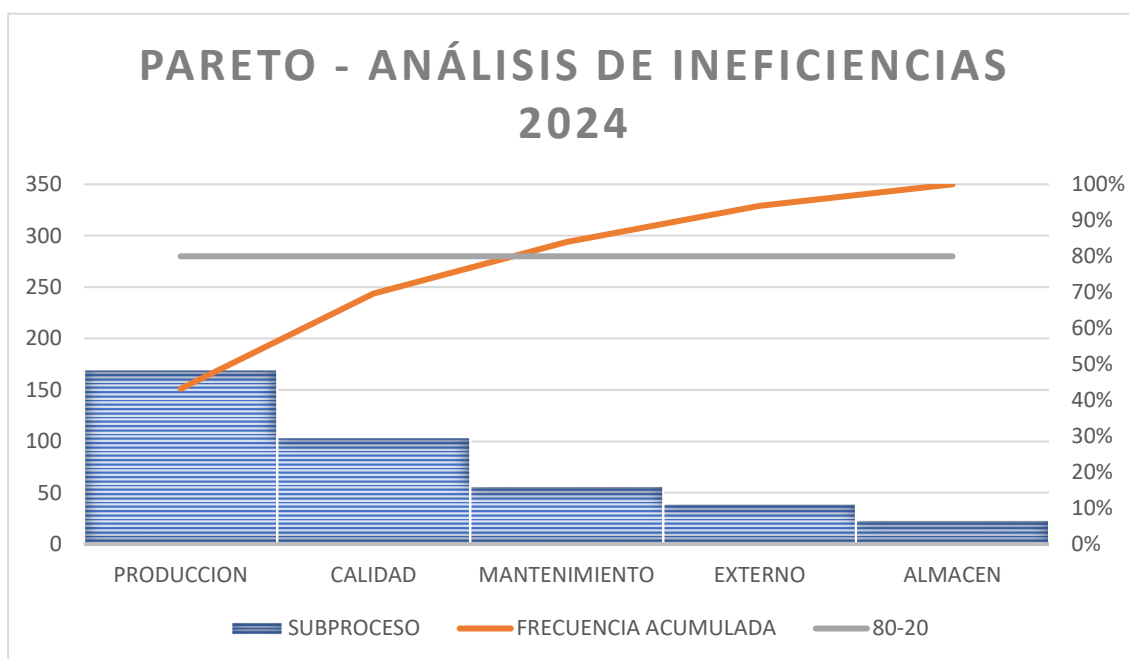


Figura 32. Análisis de Ineficiencias por subproceso

Fuente. Elaboración propia

De la figura 32, se aprecia que el 43% de ineficiencias se realiza en el proceso de producción, asimismo, se diagnostica el proceso encontrando los siguientes motivos.

Tabla 9. HH por motivos de ineficiencia en subproceso producción

PRODUCCION	HH POR ACTIVIDAD											
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
REPOSICION DE INSUMOS												
FALTA DE PLANIFICACION												
RECALIBRACIONES	3.5	4.2	3.8									
REENSAVOS	30.0	45.0	52.0									
DERRAMES												
LIMPIEZA DE PUESTO DE TRABAJO	10.0	8.0	9.0									
TRASLADO DE EQUIPOS												
FALTA DE INFORMACION	1.0	1.0	2.5									
OTROS												

Fuente. Elaboración propia

La tabla 09 representa las horas-hombre por actividad en el área de producción, de las cuáles, la mayor cantidad de horas que el personal operativo ejecuta son los reensayos de muestras.

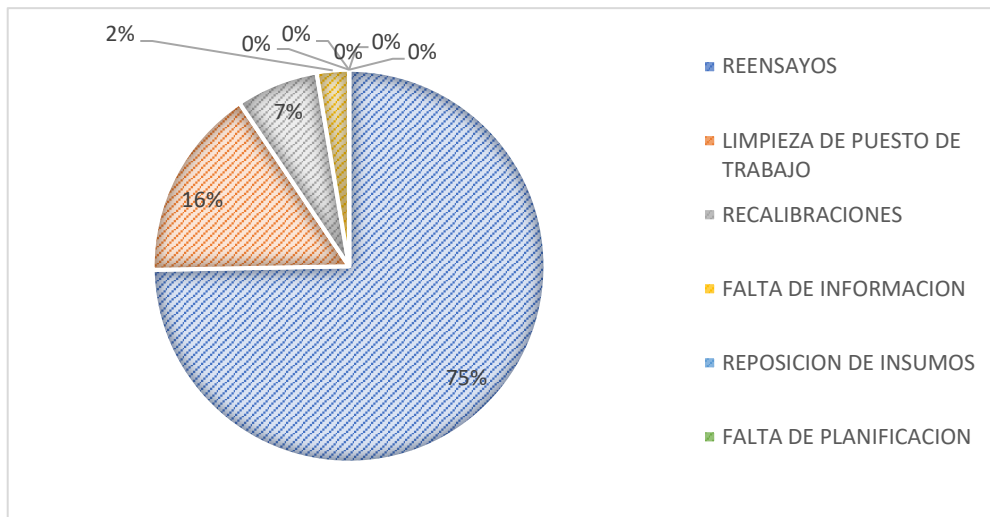


Figura 33. Motivos de ineficiencias producción – 2024
Fuente. Elaboración propia

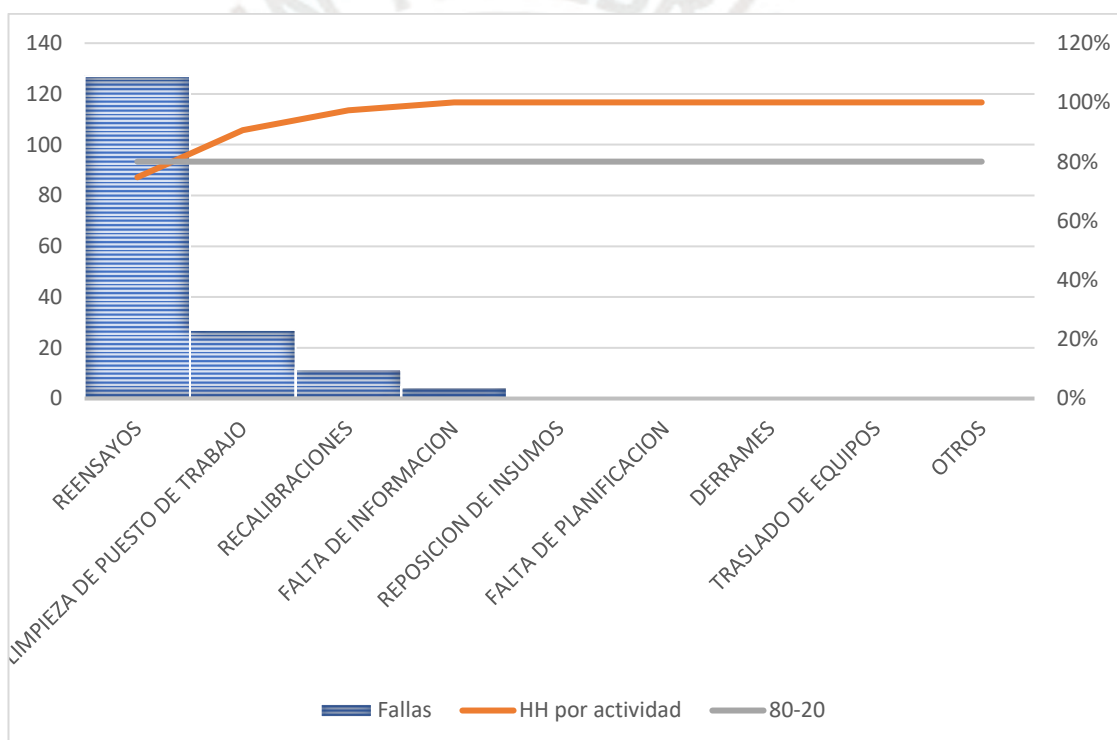


Figura 34. Análisis de ineficiencias producción – 2024
Fuente. Elaboración propia

De la figura 34, el principal motivo de ineficiencia por lo cual no se entregan los reportes a tiempo a los clientes es debido a que el 80% de ineficiencias ocupa los reensayos de muestras. Tener en cuenta que los reensayos se dan por dos maneras, la primera es emitida por el jefe de Laboratorio cuando la muestra y su duplicado no se encuentran dentro del porcentaje de desviación, la segunda, cuando el cliente solicita que su muestra sea reensayada

como evidencia toma como referencia los resultados de otros laboratorios. De esas dos maneras se procede a reensayar la muestra.

La problemática principal es tiempo de entregas de resultados fuera del rango establecido de horarios.

Tabla 10. Horarios de entrega de resultados

Rango de entrega de resultados	2:00 p.m.	7:00 p.m.
--------------------------------	-----------	-----------

Fuente. Elaboración propia

La tabla 10 indica que si la muestra ingresa antes de las 11:00 am, los resultados se reportan a las 7:00 p.m. del mismo día. Si la muestra ingresa pasada las 11:00 a.m., los resultados se reportan a las 2:00 p.m. del siguiente día.

Se realiza el diagrama ISHIKAWA de la problemática principal (Ver Figura 35), donde se aprecia que cada campo involucra una causa inmediata y la causa raíz es que no se tiene la necesidad de implementar marchas analíticas nuevas.

La figura 35 muestra el diagrama e Ishikawa de los tiempos de reporte con las posibles causas, dentro de las cuáles, se tiene la causa Material, método, medición, mano de obra y maquinaria afectan el resultado final. Asimismo, se estableció un control respecto a cada causa identificada.

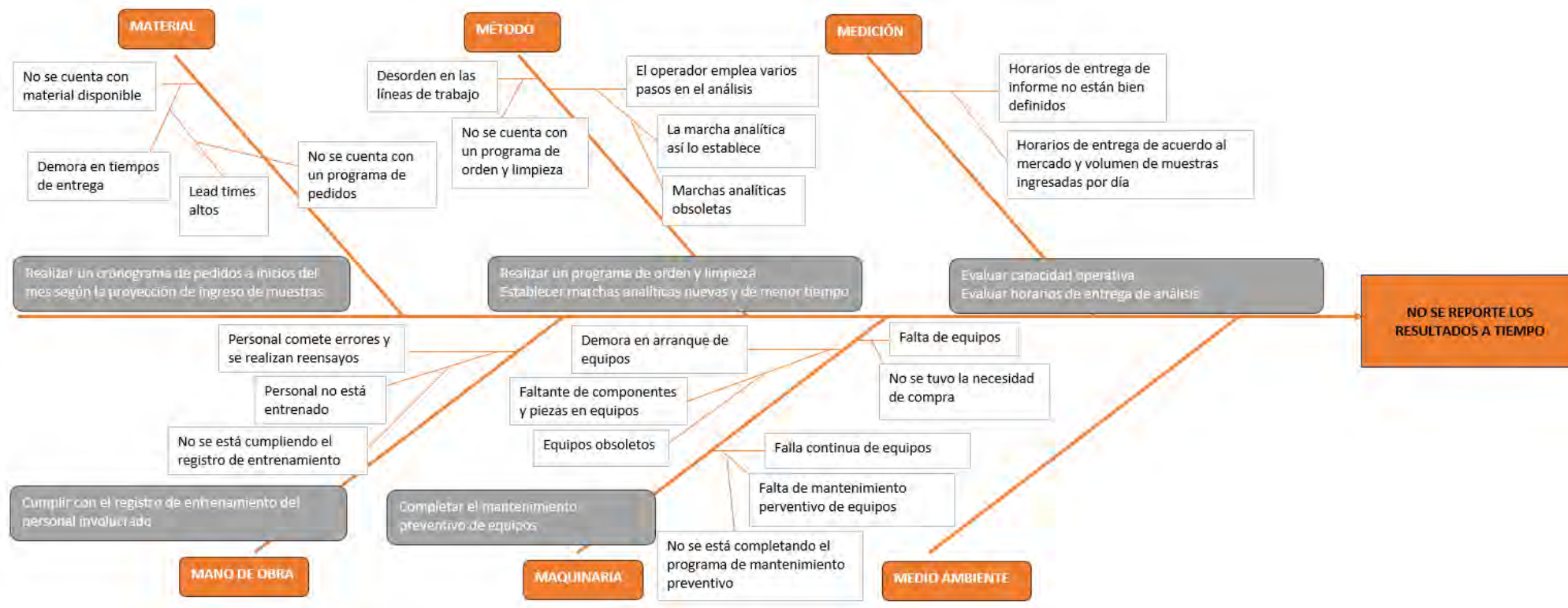


Figura 35. Diagrama Ishikawa del tiempo de entrega de resultados
Fuente. Elaboración propia

En la tabla 11 se resumen los problemas detectados mediante cada herramienta aplicada:

Tabla 11. Problemas identificados mediante herramientas de análisis

Herramienta	Problemas identificados
QFD (Despliegue de la función de calidad)	Los reportes se entregan con demoras, incumpliendo las expectativas del cliente respecto a rapidez y confiabilidad. Se requiere un sistema que asegure trazabilidad y agilidad en el flujo de información.
Modelo Kano	Los clientes consideran la rapidez en la entrega de reportes como una necesidad básica. Se evidencia insatisfacción por entregas fuera de plazo y afectación en la percepción de confiabilidad de los resultados.
VSM (Value Stream Mapping)	Existen cuellos de botella en la validación de resultados y reprocesos por errores de digitación que no agregan valor, generando tiempos de espera y acumulación de trabajo en proceso.
Ishikawa (Causa – Efecto)	Falta de estandarización de métodos, sobrecarga de trabajo en analistas, inactividad de equipos por mantenimiento correctivo, errores en registros manuales y deficiente comunicación entre áreas.

Fuente. Elaboración propia

La tabla 12 muestra los problemas asociados a los campos que se analizaron en el diagrama Ishikawa y se evalúan propuestas de mejora que permiten maximizar los beneficios para la empresa.

Tabla 12. Análisis diagrama Ishikawa

Causa	Problema	Propuesta de Mejora
Método	Falta de estandarización en la secuencia de análisis, generando variabilidad en tiempos y errores en el flujo de trabajo.	Implementar procedimientos estandarizados mediante 5S y capacitación del personal para garantizar uniformidad operativa.
Mano de obra	Sobrecarga de tareas en analistas y validadores, ocasionando demoras y reprocesos.	Redistribuir funciones y establecer control visual de carga de trabajo mediante el sistema Kanban.
Máquinas	Paradas frecuentes por mantenimiento correctivo y fallas en equipos de fundición.	Aplicar mantenimiento preventivo programado y control visual del estado de equipos.
Medición	Errores en registros manuales y digitación de datos que generan reprocesos.	Digitalizar los registros mediante software de trazabilidad y revisión automática de resultados.
Entorno / Comunicación	Falta de coordinación entre áreas de análisis y validación, lo que provoca pérdida de tiempo en aprobaciones.	Implementar tableros Kanban digitales para monitoreo en tiempo real y comunicación interáreas.

Fuente. Elaboración propia

3.6. Identificación de desperdicios de VSM estado actual

A partir del VSM actual (véase Figura 29), se procederá a identificar los principales desperdicios presentes en el mapa de flujo de valor que afectan la generación del flujo en el análisis de muestras, con el propósito de eliminarlos o, en caso de no ser posible, mantenerlos dentro de los niveles aceptables establecidos por la empresa en estudio. Es importante destacar que la reducción de los distintos tipos de desperdicio constituye una necesidad para preservar la competitividad en el mercado y asegurar la satisfacción del cliente en el menor tiempo posible y con la calidad exigida. Los tipos de desperdicio predominantes en la organización corresponden a tiempos de espera, transporte, movimientos innecesarios y productos defectuosos, los cuales se desarrollan a continuación:

A) Muda de esperas

Respecto a la muda generada por las esperas en el reporte de análisis, estas son generadas principalmente por falta de insumos químicos para las pruebas (insumos para pruebas metalúrgicas, insumos para ensayos al fuego, insumos para análisis por vía húmeda), fallas mecánicas y eléctricas en los equipos, falta de insumos de material de vidrio. Estas fallas provocan paros en la producción que a su vez generan retrasos en la entrega de resultados al cliente, lo que a su vez genera consumo de horas extras en operadores.

B) Muda de transporte

La gran cantidad de muda respecto a este tipo de desperdicio es, porque no se cuenta con almacenes intermedios dentro de las líneas de producción y el mismo operador es quien genera el vale de salida, retira el material de almacén para su operación. Se cuenta con un almacén para el almacenamiento de material de ensayo al fuego e insumos IQBF, cualquier otro material se encuentra en otro almacén distanciado del área de laboratorio. El transporte de esos materiales genera retrasos en el inicio de las actividades.

El transporte de material innecesario no ofrece ventajas directas al cliente. No obstante, emplea recursos y daña la productividad del laboratorio.

Flujo de trabajo	Puntos de desperdicio	Posibles mejoras
Pesado de muestras	Los utensilios y accesorios de pesaje suelen estar repartidos por todo el laboratorio.	Guarde los accesorios y las piezas desechables cerca al área de trabajo. Así no solo eliminará el tiempo de transporte, también reducirá el tiempo necesario para aclimatar los artículos al entorno de pesaje.

C) Muda de movimientos

Este tipo de desperdicio es generado básicamente por movimientos que no agregan valor al proceso productivo. Por ejemplo, búsqueda de herramientas, materiales de vidrio, traslado entre ambientes. En análisis de vía húmeda, el acondicionamiento de las muestras se realiza en material de vidrio, y el análisis se realiza en otro ambiente, colocan el material de vidrio en un coche y se traslada al ambiente del área instrumental generando un movimiento

innecesario. Asimismo, el pesado del botón de oro se realiza en otro ambiente para evitar cualquier agente externo genere interferencias en la lectura de la micro balanza.

Flujo de trabajo	Puntos de desperdicio	Posibles mejoras
Análisis de humedad	<p>Con frecuencia, los operarios se animan a gestionar más muestras en un horno de secado de las que son necesarias según su capacidad. Esto puede generar un desperdicio de muestras.</p> <p>El tiempo de secado en uno de estos hornos puede ralentizar el procesamiento de muestras adicionales.</p>	<p>Para muestras óxidos, se utiliza cocinas eléctricas y se reduce el tiempo de 15 a 20 min, lo que en un horno de secado es de 1 h 1.5h.</p>
Pesado de muestras	<p>En la preparación de la muestra, esto suele consistir en la producción de más muestra de la que se requiere debido a cálculos más sencillos o a limitaciones en accesorios para los equipos, lo que da lugar a más tiempo del necesario (y más desperdicio)</p>	<p>Reducir el volumen de entrega de muestra por parte del cliente, la cantidad ideal es 1kg para los trabajos.</p> <p>Mejorar la olla de pulverizado para muestras de 500g y no de 250g.</p>

D) Muda de productos defectuosos

Este tipo de muda ocurre cuando no se realiza de manera adecuada el procedimiento o método analítico, cualquier cambio afecta el resultado, lo que indica un reensayo de la muestra. Cabe mencionar que, en el laboratorio, la muestra se realiza por duplicado para obtener valores de comparación, del cual se evalúa si se encuentra dentro del % de variación.

Los productos defectuosos deberán reprocesarse o desecharse. Además, suelen interrumpir el proceso de fabricación que, posteriormente, debe reiniciarse de forma reactiva en lugar de proactiva.

Flujo de trabajo	Puntos de desperdicio	Posibles mejoras
Análisis de humedad	Una preparación incorrecta de la muestra, por ejemplo, si no se extiende de forma uniforme por el plato, puede derivar en resultados incorrectos, costosas reprocesamientos y la pérdida del material de la muestra.	Desarrolle instructivo y/o práctica operativa que contengan instrucciones precisas para la preparación de muestras a fin de aumentar los porcentajes de aciertos a la primera, conservar los materiales y reducir los costes de desecho.
Pesado de muestras	Si el equipo no se encuentra calibrado, especialmente las balanzas, derivará en resultados incorrectos al inicio de la operación y conllevará a un efecto inmediato de reclamo por parte del cliente.	Ejecutar el cronograma de mantenimiento preventivo y calibración de equipos en el área de preparación mecánica.

3.7. Principales oportunidades de mejora cuantificadas

Los aspectos que se contemplan a continuación son aquellos que resultan necesarios y significativos en la adaptación de cualquiera de las herramientas, sin importar cuál de estas sea seleccionada. Los puntos relevantes a tener en cuenta son los siguientes:

- I. Capacitar a los involucrados en el proceso acerca de la filosofía y fundamentos del pensamiento esbelto, dando a conocer los lineamientos generales que permitan lograr la sensibilización de las personas ante la propuesta para la apropiación e interiorización de los conocimientos básicos requeridos.
- II. Conformar equipos de trabajo constituidos por integrantes de las diferentes etapas del proceso productivo de una familia de productos seleccionada que será la encargada de liderar la implementación de una de las herramientas lean en laboratorio.
- III. Comunicar los objetivos de cada herramienta de manufactura esbelta en términos de los procesos de la empresa en estudio, con el fin de que todas las personas los conozcan y los grupos de trabajo tengan un solo objetivo común.

Cabe destacar que el alcance de las herramientas seleccionadas será en laboratorio, área de preparación mecánica que afecta los tiempos de entrega de resultados.

3.8. Propuesta del proceso a futuro (VSM futuro)

La figura 36 muestra el VSM estado futuro con las posibles herramientas que se deben aplicar para eliminar los desperdicios identificados en el proceso.

Por ejemplo, en el área de preparación mecánica, se necesita desarrollar un programa de orden y limpieza debido a que es un ambiente que genera demasiada pulvurencia por el mismo sistema de los equipos como las chancadoras, a pesar de contar un sistema de extracción de polvo, el polvo se acumula.

Asimismo, las actividades descritas en el procedimiento de preparación mecánica de muestras indica que cada muestra tiene un proceso desde que ingresa a recepción de muestras hasta que la muestra se lleva a sala de pesado para después continuar con tratamiento, las herramientas y accesorios usados deben estar en buenas condiciones para evitar contaminación cruzada, son accesorios pequeños y no se cuenta con un espacio destinado para guardar herramientas. Por ello, se debe aplicar metodología 5's para reducir los tiempos muertos y aumentar la eficiencia de entrega de la muestra a los procesos siguientes.

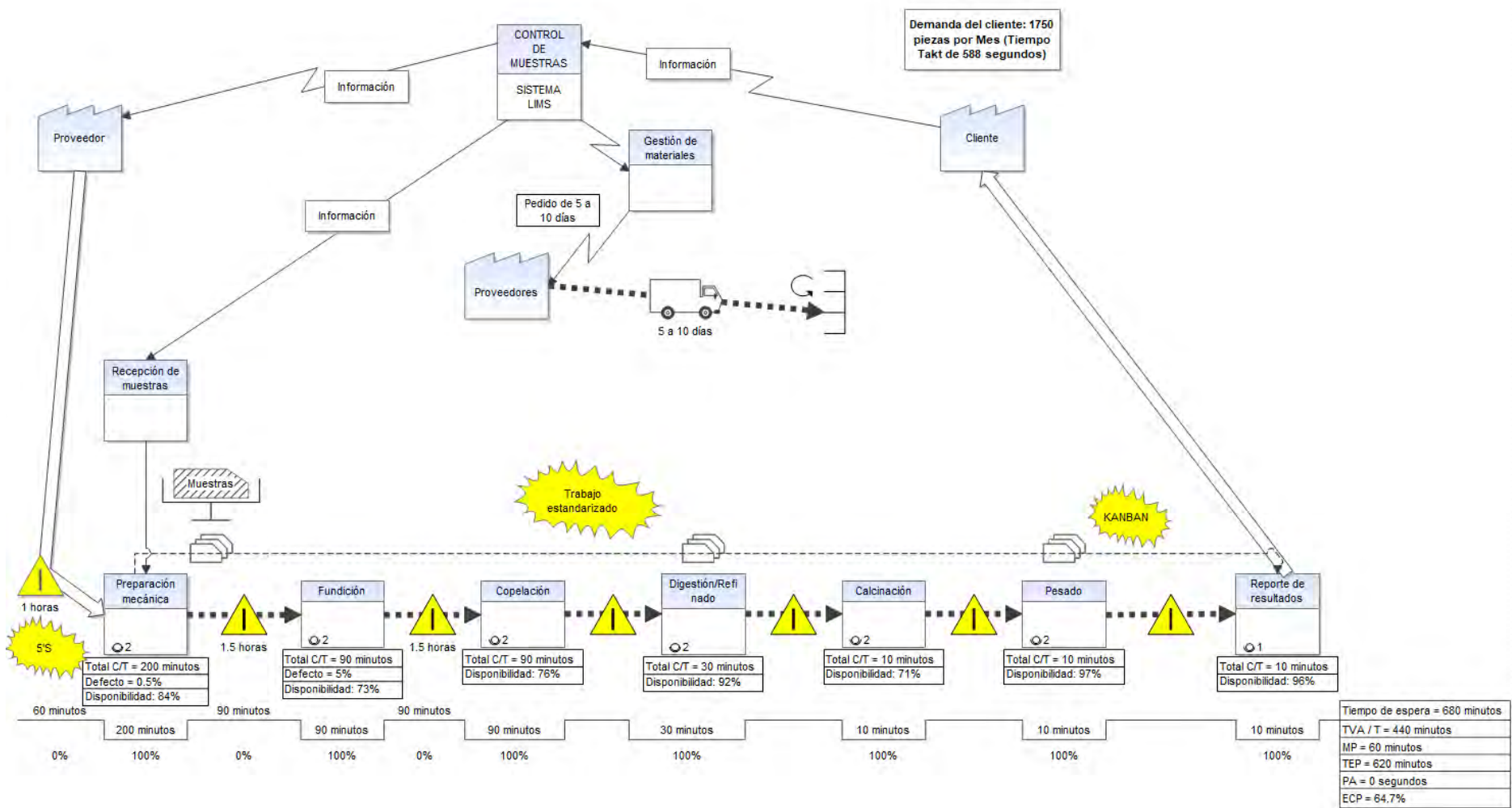


Figura 36. VSM estado futuro
Fuente. Elaboración propia

Como se aprecia en la Figura 36, en ella se señalan los puntos en los que se aplicarán las herramientas de manufactura esbelta para abordar los distintos problemas identificados en el mapa de flujo de valor actual, con el fin de generar un flujo óptimo tanto de materiales como de información y facilitar la transición del sistema de producción de un enfoque “push” hacia uno “pull”.

El mapeo del estado futuro tiene como finalidad comprender la demanda de la familia de productos seleccionada, establecer un flujo continuo para el cliente interno y externo, y asegurar la entrega del producto correcto en el momento oportuno y con la calidad requerida. Con ello, se busca reducir el tiempo asociado a actividades que no agregan valor dentro del proceso analizado.

Con el propósito de establecer un flujo continuo y garantizar que los puestos de trabajo dispongan únicamente de los elementos necesarios, en el momento adecuado y en la cantidad precisa, se identifica la necesidad de implementar la metodología 5S como punto inicial para la estandarización y organización del área de trabajo. Esta herramienta permitirá superar diversas barreras físicas y psicológicas presentes en la empresa en estudio, facilitando así el avance hacia la mejora continua.

3.9. Herramientas para aplicar en la implementación y control del proceso mejorado

Una vez identificados los problemas más críticos que enfrenta la empresa en el VSM actual, así como las herramientas lean adecuadas para abordarlos, se procederá a priorizar dichas herramientas representadas en el VSM futuro (véase Figura 36) mediante el uso del diagrama de Pareto. La información relativa a los tiempos improductivos corresponde a promedios mensuales obtenidos con el apoyo del personal operario y de los reportes de máquina registrados durante los últimos tres meses.

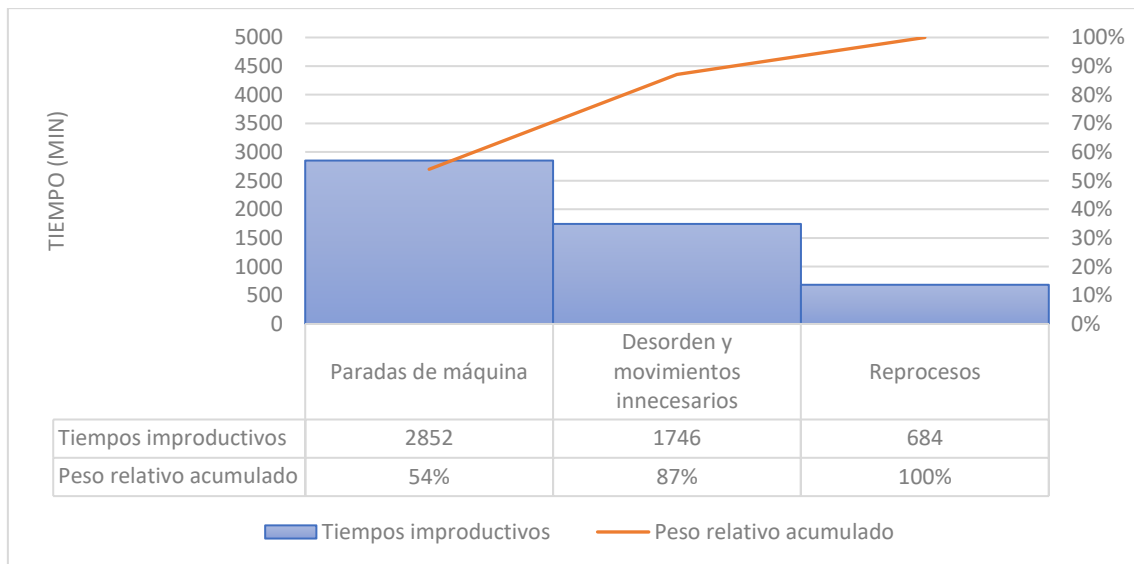


Figura 37. Diagrama de Pareto de tiempos improductivos mensuales (min)
Fuente. Elaboración propia

A través de la Figura 37 se identifican dos problemas principales para la empresa, los cuales representan el 87 % de los tiempos que no agregan valor. Estos son:

Tiempos de paradas de Máquina (Min.): Corresponden al tiempo promedio mensual en que la maquinaria permanece detenida debido a fallas técnicas.

Tiempos provocados por el desorden y movimientos innecesarios (Min.): Incluyen los minutos improductivos destinados a la búsqueda de herramientas, desplazamientos innecesarios, localización de materia prima, entre otros. Dichos tiempos constituyen mudas puras según los principios de la filosofía Lean Manufacturing.

Con el objetivo de atacar estos problemas se empleará 2 herramientas de manufactura esbelta simultáneamente: Sistema Kanban y 5S's.

Es importante tener en cuenta sobre los aspectos relevantes al aplicar cualquier herramienta, sin importar cuál de estas sea seleccionada. Los puntos relevantes a tener en cuenta son los siguientes:

I. Capacitar a los involucrados en el proceso acerca de la filosofía y fundamentos del pensamiento esbelto, dando a conocer los lineamientos generales que permitan lograr la sensibilización de las personas ante la propuesta para la apropiación e interiorización de los conocimientos básicos requeridos.

II. Conformar equipos de trabajo constituidos por integrantes de las diferentes etapas del proceso productivo de una familia de productos seleccionada que será la encargada de liderar la implementación de una de las herramientas lean en el laboratorio.

III. Comunicar los objetivos de cada herramienta de manufactura esbelta en términos de los procesos de la empresa en estudio, con el fin de que todas las personas los conozcan y los grupos de trabajo tengan un solo objetivo común.

Cabe destacar que el alcance de las herramientas seleccionadas será en laboratorio de análisis de acuerdo con el mapa de flujo de valor de la línea de fundición de minerales.



CAPITULO IV. POPUESTA DE MEJORA

Tras identificar las herramientas de manufactura esbelta que se emplearán para resolver los problemas en el área de laboratorio y optimizar tanto el rendimiento como la productividad, se procede a ajustar cada herramienta a las condiciones particulares de la empresa

4.1. Metodología 5s

4.1.1. Comité de Seguimiento

Con el propósito de garantizar la sostenibilidad y la mejora continua derivada de la implementación de la metodología 5S, se estableció un Comité de Monitoreo y Seguimiento 5S. Este comité tiene la función de supervisar la correcta aplicación de las cinco etapas Clasificar (Seiri), Ordenar (Seiton), Limpiar (Seiso), Estandarizar (Seiketsu) y Disciplinar (Shitsuke) en las distintas áreas del laboratorio, asegurando la permanencia de los resultados obtenidos.

Objetivo del comité

Verificar la continuidad, cumplimiento y mejora progresiva de las prácticas 5S implementadas, promoviendo la participación activa del personal y manteniendo los estándares de orden, limpieza y eficiencia operativa establecidos.

Integrantes del comité

El comité está conformado por representantes de las principales áreas del proceso analítico, garantizando una visión integral del sistema:

Cargo/Rol	Responsabilidad principal
Coordinador general (Jefe de laboratorio)	Dirige las actividades del comité, define las políticas 5S y autoriza los planes de acción correctiva.
Supervisor de área de análisis químico	Evalúa la aplicación de las 5S en estaciones de trabajo, equipos y almacenamiento de reactivos.
Representante de control de calidad	Monitorea la limpieza, calibración de equipos y cumplimiento de procedimientos estándar.

Representante de seguridad y medio ambiente	Supervisa la disposición de residuos, el uso adecuado de EPP y el cumplimiento de normas ambientales.
Miembro operativo (analista designado)	Participa en las auditorías internas y propone acciones de mejora desde la experiencia diaria.
Secretario técnico (asistente administrativo)	Registra los hallazgos, consolida evidencias fotográficas y mantiene actualizados los formatos de inspección.

Funciones del comité

- Realizar auditorías internas semanales 5S, aplicando listas de verificación por área.
- Evaluar los puntajes obtenidos en cada pilar 5S y generar reportes comparativos de desempeño.
- Identificar desviaciones o incumplimientos, proponiendo acciones correctivas y plazos específicos.
- Promover capacitaciones internas sobre cultura 5S y buenas prácticas de orden y limpieza.
- Reconocer y difundir buenas prácticas, fortaleciendo el compromiso del personal.
- Actualizar los indicadores visuales (tableros, señalización, etiquetas) para reforzar el control visual y la trazabilidad.

Metodología de seguimiento

El comité emplea un ciclo de mejora continua PDCA (Plan–Do–Check–Act) como base de su funcionamiento:

- Plan (Planificar): Programar auditorías y definir objetivos de mejora.
- Do (Hacer): Ejecutar las inspecciones y registrar resultados.
- Check (Verificar): Analizar las desviaciones y priorizar acciones correctivas.
- Act (Actuar): Implementar las mejoras y ajustar los estándares visuales.

Los resultados del comité se documentan en informes mensuales y trimestrales, los cuales son presentados a la gerencia general para la toma de decisiones. La permanencia de este comité asegura la consolidación de la cultura 5S, la reducción de desperdicios y la sostenibilidad de los tiempos de respuesta mejorados.

4.1.2. Etapa 1. Clasificación (*Seiri*)

La etapa inicial consistirá en organizar los materiales presentes en las áreas de trabajo, clasificándolos en dos categorías: aquellos estrictamente necesarios y aquellos que no lo son. Para ello, será fundamental contar con la participación activa de los operarios y supervisores. Sin embargo, sus percepciones acerca de la utilidad de los materiales deben ser evaluadas con criterio técnico, ya que es habitual que exista resistencia a desechar elementos que, aunque resultan innecesarios para el proceso, son considerados útiles por el personal operativo.

Esta actividad se llevará a cabo siguiendo las etapas señaladas en la figura 38. Los materiales indispensables para el adecuado funcionamiento del laboratorio serán organizados en función de la frecuencia con la que se emplean en las actividades diarias de análisis. El objetivo es evitar la ocupación innecesaria del espacio de trabajo, conservando únicamente aquellos elementos que se utilizan de manera habitual.

Los materiales cuyo uso se realiza con una frecuencia mensual serán reubicados en el almacén de producción / IQBF, con acceso rápido por parte de los operarios. En contraste, aquellos elementos que se emplean con una frecuencia inferior a una vez al mes serán trasladados al almacén principal de la planta o en su defecto dentro de laboratorio.

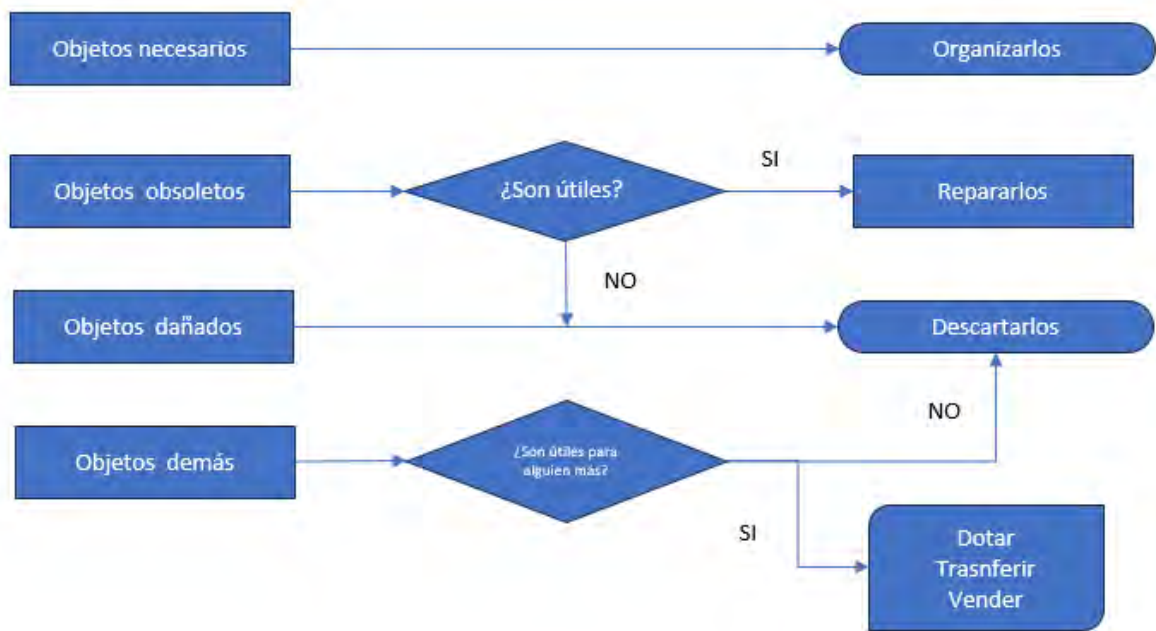


Figura 38. Diagrama de secuencia de clasificación de objetos
Fuente. Elaboración propia

La decisión final sobre el descarte de los objetos debe ser validada por el supervisor del laboratorio o el jefe de calidad. Esta autoridad evaluará si dichos elementos pueden ser reemplazados con facilidad y considerará su valor económico antes de autorizar su eliminación.

Una vez culminado el proceso de clasificación, los objetos serán resguardados en cajas de cartón. Cada caja deberá estar debidamente identificada, indicando el área del laboratorio a la que corresponde, un inventario detallado de su contenido, la fecha de almacenamiento y la decisión tomada respecto a esos materiales. Esta rotulación clara permitirá una rápida identificación por parte del supervisor, del personal operativo y también de los trabajadores de almacén que no estén familiarizados con el contenido o la función de los elementos guardados.

Para poder identificar las cajas con las decisiones de disposición se crean las siguientes etiquetas (Figura 39 y Figura 40).

TARJETA VERDE			
Fecha		N° caja	
CATEGORIA	Materia prima		
	Productos en proceso		
	Productos terminados		
	Máquinas y equipos		
	Herramientas y suministros		
	Útiles y plantillas		
	Mobiliaria		
	Productos químicos		
	Equipos de seguridad		
	Otros (especifique)		
Evaluador:			
Área identificada:			
Disposición final:			
Observaciones:			

Figura 39. Etiqueta para cajas con objetos necesarios
Fuente. Elaboración propia

TARJETA ROJA			
Fecha		N° de caja	
Nombre del elemento		Cantidad	
CATEGORIA	Materia prima		
	Productos en proceso		
	Productos terminados		
	Máquinas y equipos		
	Herramientas y suministros		
	Útiles y plantillas		
	Mobiliaria		
	Productos químicos		
	Equipos de seguridad		
	Otros (especifique)		
ESTADO Y/O MOTIVO DE RETIRO	Material sobrantes		
	Defectuoso o deteriorado		
	Contaminante o peligroso		
	Obsoleto o vencido		
	Reduce espacio		
	Otro (especifique)		
Evaluador:			
Área identificada:			
Fecha de notificación:			
Disposición final:			
Observaciones:			

Figura 40. Etiqueta para caja con objetos innecesarios
Fuente. Elaboración propia

La tabla 13 presenta el listado de los objetos que han sido retirados y los que se han conservado tras la implementación de la primera S en las áreas de trabajo.

Se emplearán tarjetas rojas para identificar aquellos objetos que, tras el proceso de clasificación, serán descartados. Se establecerá un plazo de dos semanas para llevar a cabo la eliminación de todos estos elementos.

Tabla 13. Listado de objetos útiles y descartados

Elemento	Clasificación	Justificación
Chancadoras y molinos en uso	Útil	Equipos esenciales para la preparación de muestras minerales.
Tamices en buen estado y con mallas íntegras.	Útil	Permiten la separación de partículas por tamaño en el proceso de preparación.
Palas, cucharas y espátulas limpias.	Útil	Herramientas básicas para manipular material.
Bandejas y recipientes para muestras.	Útil	Facilitan el transporte y almacenamiento ordenado de muestras.
Guantes, mascarillas y gafas de seguridad en condiciones óptimas.	Útil	Garantizan la protección personal y el cumplimiento de normas de seguridad.
Etiquetas y marcadores para identificación de muestras.	Útil	Establecer orden en muestras
Balanzas calibradas.	Útil	Aseguran precisión en la medición de muestras.
Contenedores para residuos autorizados.	Útil	Clasificar material de desecho
Hornos en funcionamiento y con mantenimiento al día.	Útil	Indispensables para la etapa de fundición.
Crisoles en buen estado (sin fisuras ni desgaste excesivo).	Útil	Permiten fundiciones seguras y sin pérdidas de material.
Pinzas y herramientas resistentes a alta temperatura.	Útil	Esencial para análisis de ensayo al fuego.
Lingoteras en buen estado,	Útil	Aseguran buena separación entre régulo y escoria.

Guantes térmicos y mandiles resistentes al calor.	Útil	Aseguran protección para el personal operativo.
Ladrillos refractarios en buen estado.	Útil	Aseguran aislamiento térmico en hornos.
Reactivos y fundentes en cantidades controladas y dentro de fecha de uso.	Útil	Esencial para análisis de ensayo al fuego.
Material de vidrio sin daños (matraces, buretas, pipetas, vasos precipitados).	Útil	Esencial para análisis volumétricos precisos.
Soportes y pinzas para material volumétrico.	Útil	Esencial para análisis volumétricos precisos.
Reactivos químicos etiquetados y dentro de fecha de caducidad.	Útil	Aseguran resultados confiables y evitan riesgos químicos.
Agitadores magnéticos y equipos de medición calibrados.	Útil	Equipos deben estar calibrados para asegurar buenos resultados.
Papel indicador, soluciones patrón y kits de titulación.	Útil	Esencial para análisis volumétricos precisos.
Fichas técnicas y procedimientos actualizados.	Útil	Esencial para análisis volumétricos precisos.
Tamices rotos o con mallas deformadas.	Descartar	No permiten un tamizado uniforme.
Palas o espátulas con desgaste que dificulte su uso.	Descartar	No cumplen su función y ocupan espacio innecesario.
Recipientes con restos de muestras antiguas no registradas.	Descartar	Riesgo de contaminación cruzada.
Bandejas dobladas o corroídas.	Descartar	Riesgo de contaminación.
Crisoles fisurados o con desgaste excesivo.	Descartar	Riesgo de fugas de material fundido y accidentes.
Moldes deformados o que no cumplen medidas.	Descartar	No aportan valor y dificultan el orden.
Fundentes y reactivos caducados.	Descartar	Pérdida de exactitud en análisis.

Restos sólidos de fundiciones anteriores no aprovechables.	Descartar	Riesgo de contaminación.
Herramientas con mango dañado o flojo.	Descartar	No cumplen su función y ocupan espacio innecesario.
Material de vidrio roto, con fisuras o graduaciones ilegibles.	Descartar	Inutilizable para mediciones precisas.
Reactivos vencidos o sin etiqueta.	Descartar	Pérdida de exactitud en análisis.
Pipetas con fugas o sin calibración.	Descartar	Inutilizable para mediciones precisas.
Soportes oxidados o deformados.	Descartar	Riesgo de contaminación.
Soluciones preparadas sin fecha ni identificación.	Descartar	Pérdida de exactitud en análisis.

Fuente. Elaboración propia

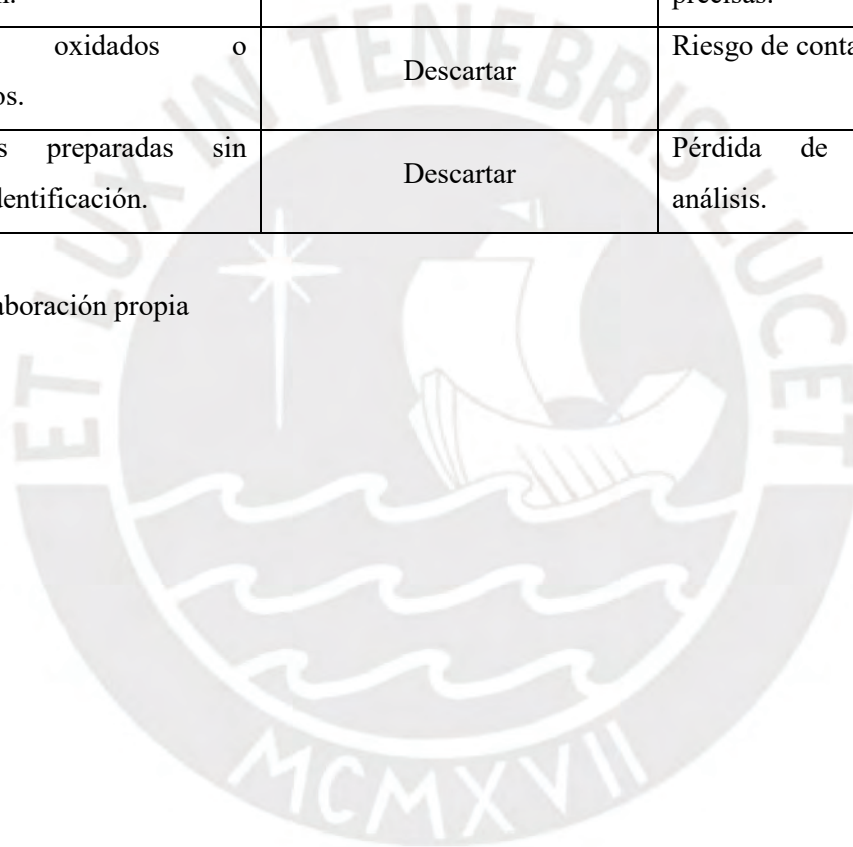




Figura 41. Desorden en el área de preparación de mineral



Figura 42. Desorden en el área de fundición



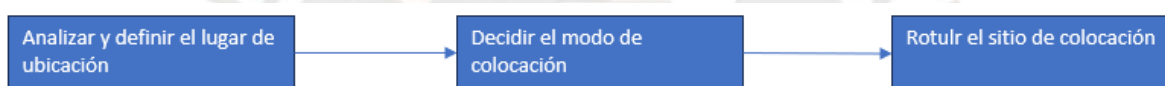
Figura 43. Desorden en el área de análisis volumétrico

Como parte de la propuesta para la implementación del Seiri en el área de trabajo, se realizarán auditorías destinadas a verificar que cada estación de operación cuente únicamente con los elementos indispensables para el desarrollo de sus actividades. Estas evaluaciones se efectuarán de manera semanal, específicamente los días sábados, y contemplarán diversos criterios que serán calificados con una escala de 0 a 100%. Transcurridas cuatro auditorías consecutivas, se evaluará si la empresa se encuentra en condiciones de avanzar a la siguiente “S”. Para ello, será necesario que el puntaje promedio obtenido supere el 85%. Este procedimiento y los criterios de evaluación serán detallados más adelante en la presente investigación.

Etapa 2. Ordenar (*Seiton*)

Al concluir la primera etapa “S”, se logra una mayor eficiencia en las labores, ya que se dispone de un espacio físico más amplio, lo que a su vez facilita el inicio de la fase de *Seiton*.

Pasos para implementar Seiton



La secuencia que se debe trabajar en cada área de laboratorio es la siguiente:

1. Hacer una lista de los materiales y objetos a ordenar, según la tabla 14.
2. Definir tipo de mueble donde se colocará en base a espacio y flexibilidad.
3. Definir código, color y nombre representativo para cada material existente en el área.
4. Decidir el lugar de colocación en base al uso dado por el operador.
5. Colocar los materiales en lugares visibles, acompañados por etiquetas de colores que apoyen con una identificación más rápida.

Tabla 14. Lista de objetos por ordenar

Elemento	Ubicación asignada	Justificación
Chancadoras, pulverizadoras	Área de preparación, dispuestos en secuencia de uso	Facilita el flujo continuo del proceso y evita traslados innecesarios.
Palas, cucharas y espátulas	Panel de herramientas colgantes identificado	Reduce el tiempo de búsqueda y mantiene el área despejada.

Bandejas y recipientes para muestras	Estanterías etiquetadas en área de preparación	Garantiza un acceso rápido y ordenado para manipular muestras.
Bolsas y etiquetas para muestras	Punto único accesible junto a área de pesado	Centraliza los insumos de identificación para evitar errores.
Balanzas calibradas	Mesa exclusiva con espacio libre alrededor	Asegura estabilidad, precisión y comodidad de uso.
Hornos de fundición	Área de fundición, alineados para flujo de trabajo	Optimiza la secuencia de carga y descarga del material fundido.
Crisoles	Área destinada a fundición	Evitar daños por fractura del material.
Pinzas y herramientas térmicas	Panel o soporte cercano al horno	Minimiza el tiempo de manipulación y mejora la seguridad.
Fundentes y reactivos	Anaqueles etiquetados y separados por tipo	Previene confusión y riesgos de mezcla indebida.
Material de vidrio (matraces, buretas, pipetas, vasos)	Gabinete con divisiones y etiquetas	Protege el material y agiliza la localización.
Reactivos químicos	Estantes químicos organizados por tipo y uso	Facilita el control de inventario y reduce riesgos.
Soportes y pinzas de laboratorio	Zona específica de almacenamiento	Mantiene organizados los accesorios para montaje de ensayos.
Fichas técnicas y procedimientos	Archivador de fácil acceso en cada área	Permite consultar la información sin interrumpir el flujo de trabajo.

Fuente. Elaboración propia

De manera similar a la primera S, se llevarán a cabo auditorías semanales para evaluar los resultados del orden establecido, una vez finalizado el primer mes de implementación. Para avanzar a la siguiente etapa de las 5S, será necesario alcanzar un promedio superior al 85% en dichas evaluaciones. La metodología de evaluación será descrita con mayor detalle en apartados posteriores.

La disposición ordenada de los elementos en las diferentes áreas del laboratorio ha permitido optimizar significativamente el flujo de trabajo, tal como se evidencia en las figuras 44, 45, 46, 47 y 48. Esta organización ha reducido los tiempos de búsqueda y minimizado los desplazamientos innecesarios de los operarios. La ubicación estratégica de herramientas, equipos y materiales asegura que cada recurso se encuentre disponible en el lugar y momento requeridos, contribuyendo no solo a una mayor eficiencia operativa, sino también al fortalecimiento de las condiciones de seguridad y a la prevención de errores durante los procesos de análisis.

Asimismo, la implementación de sistemas de identificación visual y de métodos adecuados de almacenamiento facilita las actividades de control de inventario y favorece el mantenimiento del orden de manera sostenida en el largo plazo, consolidando los principios fundamentales del Seiton dentro del laboratorio.

Indicador	Fórmula	Meta	Frecuencia de medición	Responsable
Cumplimiento de orden en auditorías	$\frac{\text{Puntaje obtenido en auditoría}}{\text{Puntaje máximo}} * 100\%$	≥85% promedio mensual	Semanal	Supervisor de Laboratorio
Reducción del tiempo de búsqueda	$\frac{\text{Tiempo inicial búsqueda} - \text{Tiempo actual}}{\text{Tiempo inicial de búsqueda}} * 100\%$	≥20% de reducción	Mensual	Jefe de laboratorio



Figura 44. Área ordenada de materiales de fundición



Figura 45. Área ordenada y señalizada preparación de mineral



Figura 46. Estante para contramuestras



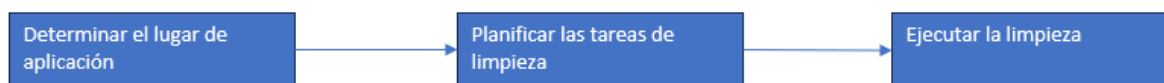
Figura 47. Estante para bandejas y tamices



Figura 48. Soporte para reactivos y material de vidrio

4.1.3. Etapa 3. Limpieza (*Seiso*)

Pasos para implementar *Seiton*



En un laboratorio de análisis de minerales, la limpieza no solo contribuye al orden visual, sino que es un factor determinante para garantizar la exactitud de los resultados, la seguridad del personal y la conservación de los equipos.

Durante las operaciones en áreas como preparación y chancado de material, fundición y análisis volumétrico, se generan residuos sólidos, polvos metálicos, escorias y salpicaduras químicas que, de no ser gestionados adecuadamente, pueden ocasionar fallas en los equipos, contaminación cruzada de muestras o incluso riesgos para la salud.

La aplicación de *Seiso* implica no solo ejecutar labores de limpieza, sino también prevenir la acumulación de suciedad mediante la identificación de sus fuentes y la implementación de medidas de control adecuadas. Este enfoque permite mantener las áreas de trabajo en condiciones óptimas, reduciendo los riesgos operativos y mejorando la confiabilidad de los procesos. Con ello, se busca consolidar un entorno seguro, eficiente y propicio para la obtención de resultados analíticos precisos, reforzando los principios de calidad y mejora continua que sustentan la metodología 5S.

En siguiente tabla 15, se registra la lista de responsabilidades de limpieza.

Tabla 15. Lista de responsabilidades de limpieza

Elemento/Área	Actividad de limpieza	Frecuencia	Responsable
Chancadoras y molinos	Retirar polvo y residuos con cepillo y aire comprimido	Diario	Operario de preparación
Tamices	Eliminar restos de material con cepillo suave	Diario	Operario de preparación
Área de preparación (pisos y mesas)	Barrer y aspirar para evitar acumulación de polvo	Diario	Operario de preparación
Bandejas y recipientes para muestras	Lavar y secar antes de reutilizar	Diario	Operario de preparación

Balanzas	Limpiar superficie y bandeja de pesaje	Diario	Operario de preparación
Hornos de fundición	Eliminar restos de material con cepillo suave	Diario	Operario de fundición
Crisoles y moldes metálicos	Limpiar con cepillo metálico y verificar estado	Diario	Operario de fundición
Herramientas térmicas	Retirar restos de material adherido	Diario	Operario de fundición
Área de fundición (piso y entorno de hornos)	Aspirar polvo refractario y retirar residuos	Semanal	Operario de fundición
Material de vidrio (matraces, buretas, pipetas)	Lavar con detergente y enjuagar con agua destilada	Diario	Operario de análisis
Bancos y mesas de análisis	Limpiar con paño y solución adecuada	Diario	Operario de análisis
Estantes y gabinetes de reactivos	Retirar polvo y verificar derrames	Semanal	Operario de análisis

Fuente. Elaboración propia

Al igual que en las dos primeras “S”, se llevarán a cabo auditorías internas. Estas evaluaciones se realizarán semanalmente y, después del primer mes, se podrá determinar si el resultado obtenido es satisfactorio o no. Cada evaluador contará con una ficha que incluirá los criterios a revisar en cada puesto de trabajo.

Cada criterio será calificado con un puntaje que irá del 0% al 100%. Junto a cada criterio habrá tres casillas con colores asignados (rojo, amarillo y verde), en las cuales se registrará la calificación correspondiente, de acuerdo con el rango indicado en la tabla 16 que se presenta como ejemplo ilustrativo.

Tabla 16. Rango de evaluación de auditorías

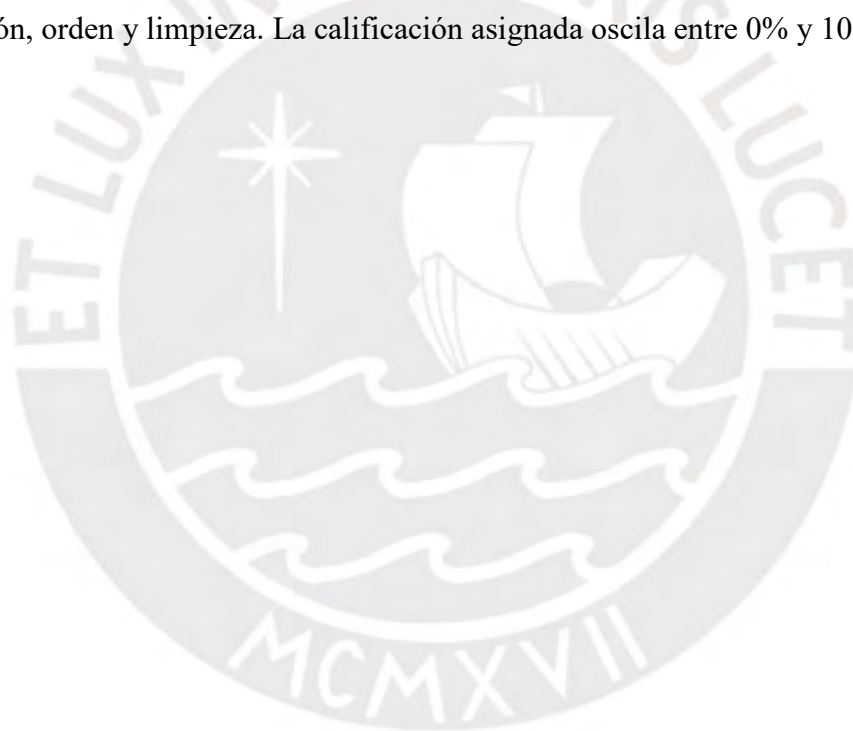
Ficha de evaluación	Rojo	Amarillo	Verde
Criterio	[0% - 50%>	[50% - 75%>	[75% - 100]

Fuente. Elaboración propia

La casilla de color rojo indica que el criterio evaluado no ha sido cumplido; la casilla amarilla refleja un avance moderado, aunque con aspectos pendientes de mejora; y la casilla verde señala que el desempeño o forma de trabajo es satisfactorio.

En cada “S” se analizarán tres criterios, y posteriormente se calculará un promedio simple de las puntuaciones obtenidas en cada uno. Si el promedio resulta igual o superior al 75%, dicha “S” se considerará aprobada y se continuará con la implementación de la siguiente, quedando pendiente la corrección de los criterios que se encuentren en rango rojo o amarillo. Para los criterios en rojo se dispondrá de un plazo de dos semanas para su mejora, mientras que para los criterios en amarillo el plazo será de una semana.

Si transcurrido el plazo establecido no se corrigen los criterios observados, se retomará la implementación de la “S” anterior. En la figura 49 se presenta la ficha estándar utilizada para las evaluaciones durante las auditorías, la cual se aplicará en las tres primeras “S”: clasificación, orden y limpieza. La calificación asignada oscila entre 0% y 100%.



S	Criterio de Evaluación	Puntaje (%)	Rojo	Amarillo	Verde	Puntaje total
			[0%-50%>	[50%-75%>	[75%-100%]	
1S - Clasificación	Eliminación de materiales innecesarios en la zona de trabajo					
	Identificación clara de muestras y reactivos					
	Disponibilidad de solo los instrumentos requeridos para las pruebas					
<input type="text"/>						
2S - Orden	Ubicación definida y etiquetada para cada equipo e insumo					
	Acceso rápido a herramientas, reactivos y equipos sin obstrucciones					
	Cumplimiento de planos/diagramas de ubicación en el laboratorio					
<input type="text"/>						
3S - Limpieza	Superficies de trabajo libres de residuos y derrames					
	Equipos y material de vidrios limpios y listos para el siguiente uso					
	Áreas comunes (pasillos, almacenamiento) limpias y despejadas					
<input type="text"/>						

Figura 49. Ficha estándar para evaluación de auditorías

Fuente. Elaboración propia

4.1.4. Etapa 4. Estandarizar (Seiketsu)

La implementación de esta S implica la elaboración de instructivos visuales, listas de verificación, señalización y métodos de trabajo que permitan a todo el personal identificar de forma clara cómo debe mantenerse cada área, equipo y material. Con ello, se reduce el riesgo de errores, se agiliza el flujo de trabajo y se facilita la capacitación de nuevos integrantes del equipo.

En un entorno donde la precisión y la confiabilidad de los resultados son prioritarias, la estandarización garantiza que los procedimientos de clasificación, orden y limpieza se apliquen de manera uniforme, contribuyendo así a la calidad, seguridad y puntualidad en la entrega de los reportes de análisis.

Se ha diseñado prácticas Operativas enfocadas en la Operación, Limpieza, Seguridad en cada área. Por ejemplo, la figura 50 muestra la práctica Operativa de Operación de Balanzas que incluye los pasos a seguir para la buena operación del equipo y prácticas de limpieza.

PO-OPE-PM-04

PRÁCTICAS OPERATIVAS LABORATORIO

USA TU EQUIPO DE PROTECCIÓN

OPERACIÓN DE LAS BALANZAS

Encendido y operación del equipo

- a) Verificar que el equipo se encuentre en buen estado (1)
- b) Posicionar la balanza en una superficie horizontal mediante el soporte de seguridad (2) y ajustar el indicador de nivel frontal, la burbuja debe estar en el centro (3)
- c) Presionar botón de encendido (4) y verificar el indicador de peso en la balanza con el valor de 0.00 g (4)
- d) Verificar el peso en la balanza usando las pesas patrón establecidas (5)
- e) Si la balanza da lectura de peso diferente indicado en la pesa patrón, la balanza se encuentra descalibrada y se debe llamar a un técnico especialista para su calibración.
- f) Pesar la muestra (6)

Apagado del equipo

- g) Limpiar el plato de la balanza usando un trapo seco
- h) Presionar el botón de apagado (7)

CON ESTOS EJEMPLOS

Mal funcionamiento del equipo

SI DETECTAS UN PROBLEMA, COMUNICALO

RECUERDA QUE ESTAS PEQUEÑAS TAREAS INCREMENTAN EL DESEMPEÑO DE LA LÍNEA

Figura 50. Práctica Operativa de Operación de Balanzas
Fuente. Elaboración propia

100

4.2.Sistema Kanban

El sistema Kanban, a través de señales visuales, se planteará como una propuesta de mejora. La implementación consistirá en mostrar un tablero diario que registre los análisis pendientes de reporte y aquellos cuya fecha de entrega esté más próxima. Asimismo, se dará prioridad a las muestras clasificadas como urgentes.

En la figura 51 se presenta un ejemplo de los análisis que permanecen pendientes. Esta relación se comparte al inicio de la jornada, con el fin de que todas las áreas organicen sus actividades en función de los análisis aún no finalizados y las prioridades establecidas por los clientes.

Las muestras son ingresadas en una plataforma de recepción del cliente, donde la muestra con los elementos pendientes por analizar es visualmente observada por todos los operadores de laboratorio, además se visualiza la fecha y hora de entrega del reporte.

Pendiente de análisis:

- Contiene todas las muestras registradas y aún no procesadas.
- Ordenadas por fecha de entrega comprometida.
- Codificación por colores según el estado en que se encuentra dentro del proceso:

Completado: Se realizaron todos los análisis indicados en la muestra y lista para ser reportada.

En Proceso: Análisis pendientes por realizar.

Aun no ingresan: La muestra aun no es registrada en el área de preparación de muestra.

Filtros

Por: Fecha Recepción Plata Por Fecha Hora de Entrega Estado Muestra Envaso Muestra Tipo Muestra Cód. Interno

Ejecutar Búsqueda

Resumen de Muestras Todas Con Recepción Sin Recepción

Total de Muestras en LQ: 51 | Muestras Sin Recepción: 5 | Muestras Con Recepción: 46

N°	Fecha Hora Recepción (A.T.C.)	Fecha Hora Instrucción	Fecha Hora Entrega	Sociosanal	Cliente	Código Interno	Nombre Muestra	Análisis	Peso (Kg)	Estado	Envaso	Tipo	Ensayo	Información de Recepción E.L.	
														Fecha y Hora	Usuario
1	2024-12-11 08:09	2024-12-11 08:14	2024-12-12 14:00	OFICINA AMERICA SUR	DE LA CRUZ LOZANO LISBETH LURDES	111224-0614	L-3791	(New Au/Ag)	2,81	Moldeo	Bolsa Precintada	Mineral Oído	Lote (Duplicado)	2024-12-11 11:34	jmenozza
2	2024-12-11 08:09	2024-12-11 08:14	2024-12-12 14:00	OFICINA AMERICA SUR	DE LA CRUZ LOZANO LISBETH LURDES	111224-0615	L-3792	(New Au/Ag)	2,57	Moldeo	Bolsa Precintada	Mineral Oído	Lote (Duplicado)	2024-12-11 11:32	jmenozza
3	2024-12-11 08:09	2024-12-11 08:14	2024-12-12 14:00	OFICINA AMERICA SUR	DE LA CRUZ LOZANO LISBETH LURDES	111224-0616	L-3793	(New Au/Ag)	2,559	Moldeo	Bolsa Precintada	Mineral Oído	Lote (Duplicado)	2024-12-11 11:32	jmenozza
4	2024-12-11 08:20	2024-12-11 08:23	2024-12-11 19:00	OFICINA LA ESPERANZA	PEDRO VERA JUAN	111224-0617	C-502 531	(Au - Ag - Cu)	2,64	Moldeo	Bolsa de Polietileno	Mineral Sulfuro	Lote (Duplicado)	2024-12-11 09:13	jmenozza
5	2024-12-11 08:20	2024-12-11 08:23	2024-12-11 19:00	OFICINA LA ESPERANZA	PEDRO VERA JUAN	111224-0618	C-503 682	(Au - Ag - Cu)	2,68	Moldeo	Bolsa de Polietileno	Mineral Sulfuro	Lote (Duplicado)	2024-12-11 09:11	jmenozza
6	2024-12-11 08:25	2024-12-11 08:46	2024-12-11 19:00	OFICINA LA ESPERANZA	MINERA ENPROVEC SAC	111224-0619	03-MSY-CU-RD/RD-940	(Pb), (Zn), (Bi), (Au - Ag - Cu - As - Sb)	1,32	Otros	Bolsa de Polietileno	Concentrado	Lote (Duplicado)	2024-12-11 09:11	jmenozza
7	2024-12-11 08:25	2024-12-11 08:46	2024-12-11 19:00	OFICINA LA ESPERANZA	MINERA ENPROVEC SAC	111224-0620	COMPOSITO 06-12-24 PLOMO/ASC-89/ALT-782	(Sb), (Bi), (Au - Ag - Pb - Zn - As)	1,38	Otros	Bolsa de Polietileno	Concentrado	Lote (Duplicado)	2024-12-11 09:13	jmenozza
8	2024-12-11 08:25	2024-12-11 08:46	2024-12-11 19:00	OFICINA LA ESPERANZA	MINERA ENPROVEC SAC	111224-0621	COMPOSITO 06-12-24 ZINC 01-AMD-ZN-RD/18927/AMR-724/CSC-719/JANG-776/AVB-720/BKC-826	(Al), (Sb), (Bi), (Ag - Pb - Zn)	3,32	Otros	Bolsa de Polietileno	Concentrado	Lote (Duplicado)	2024-12-11 09:13	jmenozza

Figura 51. Kanban visual
Fuente. Sistema Nebula Lims

En la figura 51 se presenta un ejemplo de kanban visual para ayudar a los trabajadores, mediante la señalización de urgencias y espacios de acuerdo con el programa de producción que indica la prioridad de análisis en base al tiempo de reporte establecido. Bajo este sistema el operador de preparación de muestras revisa el sistema y empieza por preparar las muestras que ingresan el mismo día y pueda continuar con las siguientes etapas de análisis. Las muestras que son ingresadas se pintan de color amarillo. Las siguientes etapas (Análisis vía seca y vía húmeda) también tienen acceso remoto al sistema, verificando que las muestras tengan los datos de la etapa anterior para ser procesada. Una vez culminado los análisis solicitados de cada muestra, el sistema pinta de color verde y están listos para ser reportados por el jefe de Laboratorio.

Usando el sistema de recepción de muestras, podemos obtener los siguientes datos de la tabla 17, un total de 30 muestras que ingresaron en el día, se logra obtener la cantidad de muestras reportadas respecto a la cantidad de muestras ingresadas, no debe ser menor a 80%.

Tabla 17. Análisis de muestras por código

	Ag	Au	As	Bi	Cd	Cu	Pb	Zn
Código de muestra	g/tm	g/tm	%	%	%	%	%	%
10122024-001	124	1.5	0.5			0.66		0.08
10122024-002	5	0.5	0.2			0.5		
10122024-003	0.5	2.3	0.9			5.6		0.2
10122024-004	0.8	2.7	1.5			4.3		0.6
10122024-005	1.5	1.6				1.2		1.4
10122024-006	3.5	0.8				0.8		
10122024-007	503	3.1						
10122024-008	201	10.1						
10122024-009	148	2.1						
10122024-010	12.4	4.9						
10122024-011	11.6	5.8				1.5		
10122024-012	62.5	0.9				2.4		
10122024-013	47.6	2.3				2.2		
10122024-014	32.9	6.1	0.5			0.9		
10122024-015	210	5.8	1.1			2.4		
10122024-016	21.7	4.7	0.7					
10122024-017	14.9	1.9	0.5	0				
10122024-018	88.8	1.1		0				
10122024-019	74.3	0.7		0				
10122024-020	69.1	0.2		0				
10122024-021	80.3	0.6		0				
10122024-022	86.4	1.2		0				
10122024-023	91.2	1	0					
10122024-024	11.1	3.6	0					
10122024-025	3.5		0					
10122024-026	4.7		0					
10122024-027	8.5		0					
10122024-028	86.2							0
10122024-029	55.1							0
10122024-030	54.3							0

Ag	Au	As	Bi	Cd	Cu	Pb	Zn
g/tm	g/tm	%	%	%	%	%	%

	Ag	Au	As	Bi	Cd	Cu	Pb	Zn	PROMEDIO
Nº de muestras ingresadas	120	115	12	5	2	85	65	51	455
Nº de muestras reportadas	120	115	10	5	2	40	35	28	355
% aprobado <= 1 día	100%	100%	83%	100%	100%	47%	54%	55%	80%

CAPITULO V. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se evalúa el impacto económico generado por la implementación de herramientas como las 5S y el sistema Kanban en el laboratorio de análisis de minerales. El estudio considera tanto los costos vinculados a la puesta en marcha de estas metodologías como la disminución del indicador de tiempos de reporte de los análisis. Con esta información, será posible estimar los ahorros potenciales para la empresa y proyectar el incremento en la capacidad de procesamiento y entrega de resultados.

5.1. Diagrama de Gantt

Con el fin de garantizar una implementación estructurada y eficaz de las metodologías 5S y Kanban en el laboratorio de análisis de minerales, se ha diseñado un diagrama de Gantt que organiza las actividades, los responsables y los tiempos previstos para cada fase del proyecto. Este cronograma permite visualizar con claridad la secuencia lógica de las tareas y su duración, facilitando el monitoreo del progreso y la detección oportuna de posibles desviaciones.

Para la metodología 5S, el plan establece una ejecución gradual de cada una de sus etapas: Clasificación, Orden, Limpieza, Estandarización y Disciplina incorporando auditorías periódicas que validan el nivel de cumplimiento antes de avanzar a la siguiente fase. De manera complementaria, se programó la implementación del sistema Kanban, orientado a mejorar el flujo de información y asegurar la priorización y entrega oportuna de los reportes de análisis, desde la recepción de las muestras hasta la emisión de los resultados finales.

La figura 52 muestra el diagrama de Gantt de las 5S, con la lista de actividades a implementar durante el horizonte del proyecto.

La figura 53 muestra el diagrama de Gantt del sistema Kanban, con la lista de actividades a implementar durante el horizonte del proyecto.

5.2. Costos de personal

Para garantizar una implementación eficaz que conduzca a los resultados esperados, resulta fundamental destinar recursos a la capacitación del personal involucrado. En este sentido, el estudio inicia con la estimación del costo por hora-hombre del equipo participante, cuyos valores se detallan en la Tabla 18.

Tabla 18. Costos de hora – hombre

COSTOS DE HORA HOMBRE			
INTEGRANTES	SUELDO (S/.)	HORAS AL MES	COSTO H-H (S/.)
Consultor			S/ 200.00
Analistas de laboratorio	S/ 1,800.00	286	S/ 6.29
Recepcionista	S/ 1,800.00	286	S/ 6.29
Supervisor de Laboratorio	S/ 3,500.00	286	S/ 12.24
Jefe de laboratorio	S/ 6,000.00	192	S/ 31.25
Jefe de Calidad	S/ 3,000.00	192	S/ 15.63

Fuente. Elaboración propia

5.3. Costos de implementación

5.3.1. Capacitaciones

Esta etapa abarca todas las actividades de formación que se llevarán a cabo durante la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing.

Asimismo, será necesario contratar a un asesor con amplio dominio de la metodología de trabajo, quien se encargará de explicarla tanto al personal administrativo como a los operarios de la empresa. El costo estimado de la capacitación es de 25 soles por participante a la semana. Dado que la formación se desarrollará durante dos semanas y contará con un promedio de 20 asistentes (incluyendo operarios y personal administrativo), el costo total de esta actividad asciende a 1,000 soles. El desglose de estos costos se presenta en la Tabla 19.

Tabla 19. Detalle Costo de Capacitación 5S y Kanban

Costo estimado de capacitación	25 soles / persona
Duración de la capacitación	2 semanas
Número de participantes	20 personas
Costo total de actividad	1000 soles

Fuente. Elaboración propia

Tabla 20. Detalle de costos por auditorías

Número de auditorías en promedio	1 auditoría por cada S
Número de S a ser auditada	3 S (Seiri, Seiton, Seiso)
Costo por cada auditoría	200 soles / auditoría
Costo total de actividad	600 soles

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 20 se presenta el detalle de costos por cada auditoría una vez finalizada las actividades desarrolladas en cada S, el asesor que brindará la capacitación será el encargado de realizar la auditoría respectiva.

5.3.2. Materiales

El monto total de la inversión se completa con la compra de materiales específicos que garanticen el adecuado desarrollo del plan de implementación. En la Tabla 21 se presenta el desglose de dichos elementos, organizados de acuerdo con la herramienta utilizada.

Tabla 21. Detalle de materiales empleados

HERRAMIENTA	DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
5S	Etiquetas, letreros, vinilos para zonas de trabajo	100	S/ 5.00	S/ 500.00
	Tarjetas de elementos innecesarios	50	S/ 1.50	S/ 75.00
	Módulos para almacenamiento clasificado de reactivos y materiales	4	S/ 200.00	S/ 800.00
	Útiles de limpieza (Escobas, mopas, paños, detergentes)	1	S/ 150.00	S/ 150.00
	Pintura/cinta amarilla para demarcación de áreas seguras y zonas de tránsito	3	S/ 20.00	S/ 60.00
KANBAN	Etiquetas para identificar las muestras	50	S/ 25.00	S/ 1,250.00
	Suscripción anual del software especializado en gestión de muestras	1	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00
	Personalización del software - Configuración para el flujo de trabajo del laboratorio	1	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
	Entrenamiento al personal operativo y administrativo	20	S/ 25.00	S/ 500.00
	PCs para registrar el estado de las muestras en tiempo real	8	S/ 200.00	S/ 1,600.00
	Conexión con base de datos y reportes automáticos	1	S/ 500.00	S/ 500.00
	2 revisiones semestrales del sistema y mejoras	2	S/ 500.00	S/ 1,000.00

Fuente. Elaboración propia

5.4. Ahorro generado por la implementación

Tras analizar los costos involucrados, se procede a calcular el ahorro en horas-hombre obtenido gracias a la implementación de las herramientas. Para ello, se han considerado los estudios de tiempos realizados, la experiencia práctica de los autores de esta investigación y las recomendaciones de un consultor especializado en la aplicación de metodologías Lean Manufacturing.

5.4.1. Ahorro de 5S

La aplicación de la metodología 5S en el laboratorio permitió generar ahorros significativos tanto en tiempo como en recursos. (Ver tabla 22)



Tabla 22. Ahorro de las 5S

Búsqueda de reactivos y accesorios						
Área	Ratios actuales (min/día)		Ahorro mensual (horas)	Costo H-H (S/.)	Ahorro total (S/.)	
	Actual	Propuesto				
Preparación de muestra	34	25	3.90	S/ 6.29	S/	24.53
Fundición	28	12	6.93	S/ 6.29	S/	43.61
Análisis por vía húmeda	22	12	4.33	S/ 6.29	S/	27.26
Total					S/	95.40

Disminución de retrasos en el inicio de análisis									
De	Hacia	Ratios actuales		Reducción	Tiempo (min/día)		Ahorro mensual (horas)	Costo H-H (S/.)	Ahorro total (S/.)
		Cantidad	Tiempo		Actual	Propuesto			
Recepción de muestra	Preparación de muestra	100 muestras/día*	1min/muestra	35%	100	65	15.17	S/ 6.29	S/ 95.40
Preparación de muestra	Fundición		7min/muestra	35%	700	455	106.17	S/ 6.29	S/ 667.79
Preparación de muestra	Análisis por vía húmeda		5min/muestra	35%	500	325	75.83	S/ 6.29	S/ 476.99
Total								S/	1,240.18

*Considerar duplicidad de resultados

Menor tiempo en limpieza y acondicionamiento de equipos						
Reducción	Tiempos de limpieza (min/semana)		Ahorro mensual (horas)	Costo H-H (S/.)	Cantidad de operarios	Ahorro total (S/.)
	Actual	Propuesto				
35%	60	39	9.1	S/ 6.29	8	S/ 457.91
Total					S/	457.91

Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Ahorro de Kanban

Tabla 23. Ahorro en Kanban

Ahorro	Tiempo (h/mes)		Ahorro mensual (horas)	Ahorro por hora-hombre (S/)	Muestras adicionales/mes	Ingreso adicional (S/)	Ahorro mensual total (S/)
	Actual	Propuesto					
Reducción de espera en registro de muestras	40	30	10	S/ 62.90	-	-	S/ 62.90
Optimización en seguimiento de muestras	60	25	35	S/ 220.15	-	-	S/ 220.15
Eliminación de reprocesos por pérdida de información	30	10	20	S/ 125.80	-	-	S/ 125.80
Aumento de capacidad (Kanban agiliza flujo)	-	-	-	-	30	S/ 6,000.00	S/ 6,000.00
Reducción de tiempos de reporte	35	20	15	S/ 94.35	-	-	S/ 94.35
						Total	S/ 6,503.20

Fuente. Elaboración propia



Según la tabla 23, se estipula los ahorros con la implementación del sistema Kanban, dando a conocer lo siguiente:

- Menos horas-hombre dedicadas a tareas administrativas como registro, búsqueda de información y seguimiento manual.
- Menos reprocesos por pérdida o confusión en la ubicación de muestras.
- Aumento de capacidad operativa, ya que al reducir los cuellos de botella se procesan más muestras en el mismo tiempo, lo que se traduce en mayores ingresos.

Aunque el ingreso adicional calculado por el aumento de muestras procesadas es el más llamativo, el valor estratégico del Kanban está en la estabilidad y previsibilidad del flujo de trabajo. Esto no solo mejora la capacidad del laboratorio, sino que también fortalece la relación con el cliente, ya que los tiempos de entrega se vuelven más confiables.

5.5. Cálculo de costo de oportunidad

Con el propósito de evaluar la rentabilidad del proyecto, es necesario establecer una tasa de descuento que refleje el costo de oportunidad asociado al uso de los recursos. En este marco, el Costo de Oportunidad de Capital (COK) se entiende como la rentabilidad mínima que un inversionista está dispuesto a aceptar al asignar su capital a un proyecto, considerando las alternativas de inversión disponibles en el mercado financiero.

En el presente estudio, el COK se obtiene tomando como referencia las tasas de interés publicadas por la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS), entidad que reporta de manera oficial las tasas activas y pasivas promedio del sistema financiero peruano. Dicha información permite contar con un valor objetivo y actualizado que refleja las condiciones reales del mercado, asegurando que la evaluación económica del proyecto se realice con un parámetro confiable y representativo, el valor tomado hasta la primera semana de agosto 2024 es 15.10%, valor considerado para el cálculo de los ratios económicos.

5.6. Flujo de caja de proyecto

A partir de la información obtenida sobre los ingresos y egresos en los que podría incurrir la empresa en un horizonte de tres años, se elabora el flujo de caja del proyecto en la Tabla 24.

Tabla 24. Flujo de caja de proyecto

		Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9
Ingresos	Implementación de 5S	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 1,793.49	S/ 1,793.49	S/ 1,793.49	S/ 1,793.49	S/ 1,793.49	S/ 1,793.49
	Implementación de Kanban	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 6,503.20	S/ 6,503.20	S/ 6,503.20	S/ 6,503.20	S/ 6,503.20
	Total Ingresos	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 1,793.49	S/ 8,296.69	S/ 8,296.69	S/ 8,296.69	S/ 8,296.69	S/ 8,296.69
Egresos	Implementación de 5S	S/ 1,585.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
	Implementación de Kanban	S/ 10,350.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
	Total Egresos	S/ 11,935.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
Flujo de efectivo		-S/ 11,935.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 1,793.49	S/ 8,296.69	S/ 8,296.69	S/ 8,296.69	S/ 8,296.69	S/ 8,296.69

Fuente. Elaboración propia

De esta manera, el análisis de los ratios económicos es presentado en la Tabla 25.

Tabla 25. Ratios económicos

COK	15.10%
VAN	S/ 4,253.45
TIR	21%

Fuente. Elaboración propia



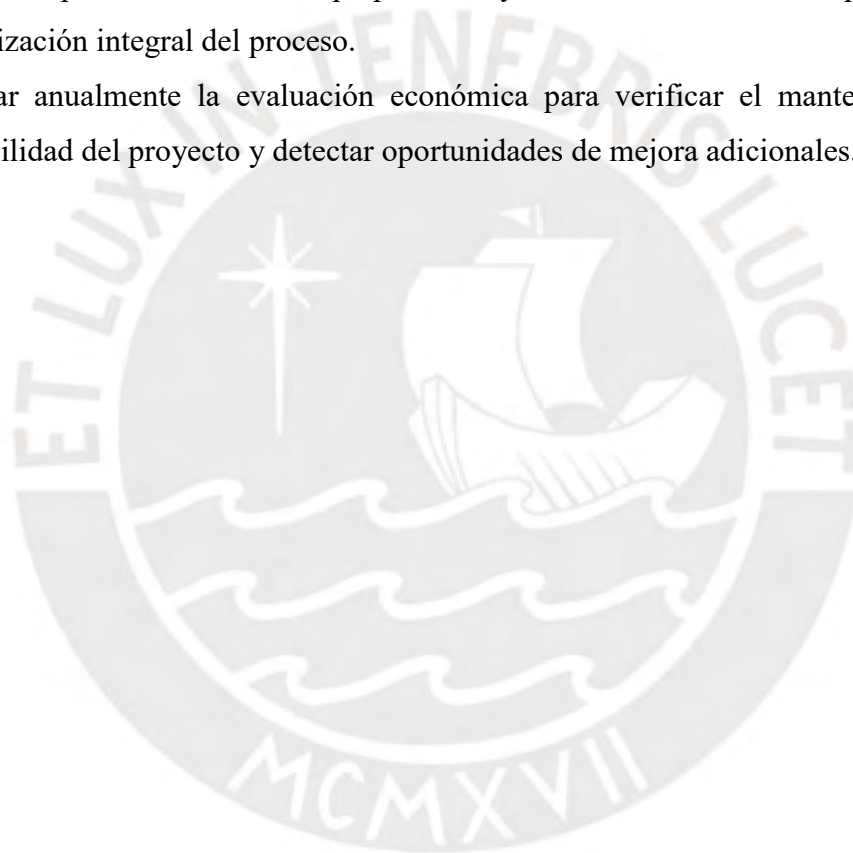
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se determinó que el tiempo promedio de emisión de reportes en el laboratorio era de aproximadamente 24 horas, superando los plazos establecidos por las especificaciones del cliente, que exigían entregas el mismo día antes de las 7:00 p.m. para muestras ingresadas antes de las 11:00 a.m., y al día siguiente antes de las 2:00 p.m. para muestras recibidas después de ese horario. En promedio, entre el 15 % y el 20 % de los reportes se emitían fuera del tiempo comprometido, generando retrasos de 4 a 6 horas. Esta situación se originaba principalmente por la falta de estandarización de procesos, el desorden en las áreas de trabajo y la ausencia de un sistema de control en tiempo real del avance de las muestras.
- El diagnóstico permitió evidenciar que los principales factores que originan los retrasos son: desorden en las estaciones de trabajo, tiempos muertos por búsqueda de equipos y materiales, deficiencias en la limpieza y mantenimiento de instrumentos, y la carencia de un sistema visual que permita monitorear el flujo de las muestras. Estos problemas generan cuellos de botella y afectan la capacidad de análisis del laboratorio.
- La aplicación de la metodología 5S permitió optimizar la disposición física del área de análisis, reduciendo los tiempos de búsqueda de materiales y equipos en un 35 %, además de mejorar la limpieza, el mantenimiento preventivo y la seguridad en el entorno de trabajo.
- La implementación del sistema Kanban, mediante un software de gestión, permitió alcanzar la trazabilidad en tiempo real de las muestras, facilitando la priorización de tareas y la identificación inmediata de demoras. Como resultado, los tiempos de reporte se redujeron en un 42 %, y la capacidad de procesamiento de muestras aumentó en un 25 %, mejorando significativamente la confiabilidad y puntualidad en las entregas.
- Desde el punto de vista económico, el proyecto demostró ser altamente rentable. Con una inversión inicial estimada y un horizonte de análisis de 9 meses, se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 4 253.45 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 21 % mensual, superando el Costo de Oportunidad de Capital (COK) del 15.10 % anual. Estos resultados validan la viabilidad económica y la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

6.2. Recomendaciones

- Mantener un programa continuo de auditorías 5S para asegurar que las mejoras implementadas se conserven a largo plazo y evitar la pérdida de los beneficios obtenidos.
- Capacitar de manera periódica al personal en el uso del sistema Kanban y en la metodología 5S, fomentando la cultura de orden, limpieza y mejora continua.
- Integrar el software Kanban con otros sistemas de gestión del laboratorio para optimizar aún más la trazabilidad y generación automática de reportes.
- Ampliar gradualmente la aplicación de estas herramientas a otras áreas del laboratorio, como recepción de muestras, preparación y archivo de resultados, para lograr una optimización integral del proceso.
- Revisar anualmente la evaluación económica para verificar el mantenimiento de la rentabilidad del proyecto y detectar oportunidades de mejora adicionales.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J., Urquiaga, A., & Gómez, M. (2001). Gestión de la cadena de suministro. Centro de estudio de Tecnología de Avanzada (CETA) y Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción.
- Arango, M., Campuzano, L., & Zapata, J. (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 222-232.
- Arrieta, J. G. (2007). Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento. *Tecnura*, 139-148.
- Arroyave, C., Maya, A., & Orozco, C. (2007). *Aplicación de la Metodología QFD en el proceso de Ingeniería de Requisitos*. Medellín.
- Asociación de relaciones humanas de Japón. (1986). *What is Total Quality Control? The Japanese way*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Ballesteros, D. (2008). A practical form to apply the System Kanban in the Colombian Mypimes. 39.
- Bounine, J., & Suzuki, K. (1989). *Producir Just in Time. Las fuentes de la productividad japonesa*. Barcelona: Masson S.A.
- Correa, F. G. (2007). Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) Principales herramientas. *Revista Panorama Administrativo*, 85-86.
- Feigenbaum, A. (1991). *Total Quality Control* (Tercer ed.). Massachusetts : Mc Graw Hill.
- Fernandez, M., Taccone, E., & Thomson, I. (2012). Aplicación de la metodología Lean Manufacturing en un laboratorio de análisis clínicos. Buenos Aires, Argentina.
- Grau, D., & Bala, P. (2019). Toyota Production System – Monitoring Construction Work Progress With Lean. *Elsevier*, 1-6.
- Gutiérrez Pulido, H. (2016). *Calidad Total y productividad* (3ra. ed. ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández, A. (2018). Gestión de la calidad y herramientas para la mejora continua. *Revista de Ingeniería y Competitividad*, 20(2), 85-94.
- Ibarra, V. M., & Ballesteros, L. L. (2017). Manufactura Esbelta. *Conciencia Tecnológica*.
- Imai, M. (1998). Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo. Bogotá: Mc. Graw Hill.
- Ishikawa, K. (1986). *What is Total Quality Control? The Japanese way*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Japón, A. d. (1996). Kaizen Teian 1. *Productivity Press. TGP Hoshin S.L.*
- Krajewsky, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones. Procesos y cadena de valor*. México: Pearson Educación.

- Macpherson, W., Kavan, H., & Jaquinto, A. (2015). Kaizen: a Japanese philosophy and system for business excellence. *Journal of Business Strategy*, 36(5), 3-9.
- Matias, J. C. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implementación*. Madrid.
- Mazur, G. (2000). *Integrating QFD and other Quality Methods to improve the new product development process*. QFD Institute.
- Mitra, D., & Mitrani, I. (1990). *Analysis of a Kanban discipline for cell coordination in production lines*. *Management Science* 36.
- Monden, Y. (1994). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time* (Second ed.). Chapman & Hall.
- Paredes, L., & Castillo, J. (2020). Aplicación del diagrama causa-efecto en la identificación de fallas en procesos productivos. *Revista Ciencia & Tecnología*, 13(1), 41-49.
- Pumisacho, Á. V., & Alvarado, K. M. (2018). Kaizen, a continuous improvement practice in organizations. *The TQM Journal*, 255-268.
- Quispe, N. (2013). Análisis de la Cadena de Valor de la papa nativa en los distritos de Huayana Pomacocha . Lima, Provincia de Andahuaylas - Apurimac, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Rajadell, M., & Sanchez, J. (2010). *Lean Manufacturing la evidencia de una necesidad*. Madrid: Diaz de Santos.
- Raymond, S. (2006). *Custom Kanban: Designing the System to Meet the Needs of Your Environment* (1st ed.). Productivity Press.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see - Value Stream Mapping to Create Value End Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.
- Serrano, L., Ochoa, C., & Castro, R. (2008). Evaluation of Value stream Mapping Implementation in Lean Production. *International Journal of Production Research*, 4409-4430.
- Shingo, S. (1983). *A revolution in manufacturing: The Smed System* (Third ed.). Tokyo: Japan Management Association.
- Sundar, R., Balaji, A., & Satheesh, R. (2014). Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 1875-1885.
- TMMK. (2006). *TPS-The Toyota Production System Terms*. Obtenido de TPS-The Toyota Production System Terms.: <http://www.toyotageorgetown.com/terms.asp>
- Vallarino, A. (2009). *Guía Técnica para la elaboración de organigrama en el sector público panameño*. Panamá.
- Womack, J., & Jones, D. (1990). *The machine that changed the World*. New York: Rawson Associates.
- Womack, J., James, D., & Roos, D. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and create a wealth in your corporation*. New York: Simon and Schuster.