



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**Mejoramiento del sistema productivo mediante la aplicación de la metodología lean Manufacturing en la producción de cal de MINABRADEC Compañía Limitada de la ciudad de Riobamba**

**PATRICIO ALEXANDER QUEZADA HARO**

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS MENCIÓN EN OPTIMIZACIÓN Y PRODUCTIVIDAD INDUSTRIAL**

Riobamba – Ecuador

Septiembre 2023

Yo, Patricio Alexander Quezada Haro, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor (a), asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 05 de septiembre de 2023



---

**Patricio Alexander Quezada Haro**

**C.I. 1804075263**

**©2023, Patricio Alexander Quezada Haro**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.



## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad **Proyectos de Investigación y desarrollo**, titulado: **Mejoramiento del sistema productivo mediante la aplicación de la metodología lean Manufacturing en la producción de cal de MINABRADEC Compañía Limitada de la ciudad de Riobamba**, de responsabilidad del señor **PATRICIO ALEXANDER QUEZADA HARO** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

Ing. Julio Cesar Moyano Alulema; Mgtr.

**PRESIDENTE**

Ing. Doris Lisbeth Mosquera Guanoluisa; Mgtr

**DIRECTOR**

Ing. Eduardo Francisco García Cabezas; Mgtr.

**MIEMBRO**

Ing. Juan Carlos Cayán Martínez; Mgtr.

**MIEMBRO**

Riobamba, septiembre 2023

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación va dedicado primeramente a Dios, quien hizo todo esto posible, además de guiarme, cuidarme y llenarme de bendiciones a lo largo del transcurso de este camino. También va dedicado a mi querida madre Luz Angélica Haro Pazmiño quien me supo apoyar incondicionalmente hasta el final. Ella con sus consejos y recomendaciones me ayudaron a cumplir esta meta que es muy importante.

A mi hermano Jonathan Quezada quien me apoyo con su gran apoyo y optimismo que son característicos de él. Además, gracias a él se podrá cumplir los sueños anhelados y planteados entre nosotros.

Y a todas aquellas personas que fueron parte de este camino de preparación, que compartieron tiempo y experiencias inolvidables, de las cuales aprendí mucho y sin importar donde estén ahora, espero poder encontrarlas nuevamente.

Patricio Alexander Quezada Haro

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento va dirigido a la empresa MINABRADEC Compañía Limitada de la ciudad de Riobamba, en la persona del Ing. Cesar Coronel por el apoyo recibido en el transcurso de la investigación.

Mi gratitud infinita será principalmente para la Ing. Doris Lisbeth Mosquera Guanoluisa MGS. Ing. Eduardo Francisco García Cabezas MGS. y Ing. Juan Carlos Cayán Martínez MGS. quienes, con sus conocimientos y experiencias profesionales, me supieron ayudar con la realización de este proyecto de titulación.

Patricio Alexander Quezada Haro

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
RESUMEN .....	xvi
SUMMARY .....	xvii

### CAPÍTULO I

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Problema de la investigación.....</b>	<b>2</b>
<i>1.2.1. Formulación del problema .....</i>	<i>2</i>
<b>1.3. Justificación de la investigación.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4. Objetivos de la investigación .....</b>	<b>3</b>
<i>1.4.1. Objetivo general .....</i>	<i>3</i>
<i>1.4.2. Objetivos específicos .....</i>	<i>3</i>
<b>1.5. Hipótesis .....</b>	<b>3</b>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Lean manufacturing .....</b>	<b>4</b>
<i>2.1.1. Definición .....</i>	<i>4</i>
<i>2.1.2. Origen .....</i>	<i>5</i>
<b>2.2. Principios del sistema lean manufacturing .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Ventajas de lean manufacturing .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Principales herramientas de lean manufacturing .....</b>	<b>7</b>

2.5.	<b>Value Stream Mapping</b> .....	7
2.6.	<b>Etapas de desarrollo de VSM</b> .....	8
2.6.1.	<i>Selección de una familia de productos</i> .....	8
2.6.2.	<i>Preparación del mapa actual o mapeo de la situación actual</i> .....	8
2.7.	<b>5 S´</b> .....	9
2.7.1.	<i>Definición de las 5 S´</i> .....	9
2.8.	<b>Beneficios de las 5S</b> .....	10
2.9.	<b>Interpretación: Seiri – Clasificar</b> .....	10
2.9.1	<i>Ventajas del Seiri – (Clasificar)</i> .....	11
2.9.2	<i>Beneficios al aplicar seiri</i> .....	12
2.10.	<b>Cómo se interpreta el seiton – ordenar</b> .....	12
2.10.1	<i>Ventajas seiton – (ordenar)</i> .....	12
2.11.	<b>Interpretación seiso – (limpiar)</b> .....	13
2.11.1	<i>Ventajas seiso – (limpiar)</i> .....	14
2.12.	<b>Cómo se interpreta el seiketsu – estandarizar</b> .....	14
2.12.1	<i>Ventajas seiketsu – estandarizar</i> .....	15
2.13.	<b>Interpretación shitsuke – disciplina</b> .....	15
2.14.	<b>Productividad</b> .....	16
2.14.1.	<i>Definición</i> .....	16
2.15.	<b>Tipos de productividad</b> .....	17
2.16.	<b>Importancia de la productividad</b> .....	18
2.17.	<b>Factores que influyen en la productividad</b> .....	18
2.18.	<b>Medición de la productividad</b> .....	19
2.19.	<b>Prueba estadística T pareada</b> .....	19
2.20.	<b>Operacionalización de variables</b> .....	20
2.21.	<b>Matriz de consistencia</b> .....	22

## CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	23
<b>3.1.</b>	<b>Enfoque de la investigación</b> .....	23
<b>3.2.</b>	<b>Tipo de diseño de la investigación</b> .....	23
<b>3.3.</b>	<b>Alcance de la investigación</b> .....	24
<b>3.4.</b>	<b>Población y muestra de estudio</b> .....	25
<b>3.5.</b>	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de información</b> .....	25
<b>3.5.1.</b>	<i>Técnicas de recolección de datos</i> .....	25
<b>3.6.</b>	<b>Instrumentos para procesar datos</b> .....	26

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	27
<b>4.1.</b>	<b>Situación inicial de la empresa</b> .....	27
<b>4.1.1.</b>	<i>Descripción de la empresa</i> .....	27
<b>4.1.2.</b>	<i>Localización</i> .....	27
<b>4.1.3.</b>	Información general .....	28
<b>4.2.</b>	Misión .....	28
<b>4.3.</b>	Visión .....	28
<b>4.4.</b>	Estructura funcional de la organización.....	29
<b>4.5.</b>	Descripción del producto .....	30
<b>4.6.</b>	Identificación de puestos de trabajo .....	30
<b>4.7.</b>	<b>Desarrollo del VSM inicial</b> .....	35
<b>4.7.1.</b>	<i>Selección de la familia de productos a analizar</i> .....	36
<b>4.7.2.</b>	<i>Cálculo del takt time</i> .....	36
<b>4.7.3.</b>	<i>Realización del mapa del estado inicial</i> .....	37

4.8.	<b>Diagrama de flujo del proceso tipo material</b> .....	40
------	--	----

## CAPÍTULO V

5.	<b>PROPUESTA</b> .....	52
5.1.	<b>Redistribución de la planta</b> .....	52
5.2.	<b>Análisis del proceso situación actual</b> .....	53
5.3.	<b>Desarrollo del VSM</b> .....	54
5.3.1.	<i>Cálculo del takt time</i> .....	54
5.3.2.	<i>Realización del mapa VSM propuesto</i> .....	55
5.4.	<b>Análisis de la productividad propuesta.</b> .....	57
5.4.1	<i>Cálculo de la mejora de la productividad</i> .....	57
5.5.	<b>Implementación de la herramienta Lean 5´S</b> .....	57
5.6.	<b>Estructura organizacional y funcional de las 5´S</b> .....	57
5.7.	<b>Cronograma de implementación</b> .....	58
5.8.	<b>Implementación 5´S:</b> .....	59
5.8.1.	<i>Aplicación del Seiri (Seleccionar)</i> .....	60
5.8.1.1.	<i>Elementos necesarios</i> .....	61
5.8.1.2.	<i>Elementos innecesarios</i> .....	67
5.8.2.	<i>Aplicación del Seiton (Ordenar)</i> .....	72
5.8.2.1.	<i>Señalización de las áreas de trabajo</i> .....	72
5.9.	<b>Delimitación de áreas de trabajo propuesto</b> .....	86
5.10	<b>Verificación de la hipótesis planteada.</b> .....	88
5.10.1	<i>Productividad</i> .....	88
5.10.2	<i>Metodología 5S´</i> .....	88
5.10.3	<i>Distancia de transporte de material</i> .....	89
5.11	<b>Comprobación de hipótesis.</b> .....	90

<b>CONCLUSIONES</b> .....	93
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	94
<b>GLOSARIO</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Selección de un área crítica del piso de producción .....	8
<b>Tabla 2-2:</b> Producción .....	17
<b>Tabla 3-2:</b> Operacionalización de variable independiente .....	20
<b>Tabla 4-2:</b> Operacionalización de variable dependiente .....	21
<b>Tabla 5-2:</b> Matriz de consistencia .....	22
<b>Tabla 1-4:</b> Selección del producto .....	36
<b>Tabla 2-4:</b> Distribución de tiempos en la empresa. ....	37
<b>Tabla 3-4:</b> Datos takt time situación inicial .....	37
<b>Tabla 4-4:</b> Resumen del diagrama de flujo .....	42
<b>Tabla 5-4:</b> Auditoría inicial .....	44
<b>Tabla 6-4:</b> Porcentaje de impacto de las 5S .....	51
<b>Tabla 1-5:</b> Distribución de tiempos en la empresa. ....	54
<b>Tabla 2-5:</b> Datos cálculo takt time. ....	54
<b>Tabla 3-5:</b> Cronograma de implementación 5'S .....	59
<b>Tabla 4-5:</b> Selección de elementos de protección personal .....	63
<b>Tabla 5-5:</b> Máquinas y herramientas .....	66
<b>Tabla 6-5:</b> Formato para el registro de elementos innecesarios .....	69
<b>Tabla 7-5:</b> Señalización de áreas y lugares de trabajo .....	73
<b>Tabla 8-5:</b> Auditoria después de la aplicación 5 S .....	79
<b>Tabla 9-5:</b> Porcentaje de impacto de las 5S .....	85
<b>Tabla 10-5:</b> Delimitación de áreas .....	87
<b>Tabla 11-5:</b> Registro de productividad situación inicial vs actual .....	90

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Figura 1-2:</b> Herramientas lean manufacturing .....	7
<b>Figura 1-4:</b> Localización de Minabradec Cía. Ltda. ....	27
<b>Figura 2-4:</b> Organigrama estructural de la empresa .....	29
<b>Figura 3-4:</b> Cal en crudo (carbonato de calcio). ....	30
<b>Figura 4-4:</b> Almacén de materia prima. ....	31
<b>Figura 5-4:</b> Retroexcavadora pequeña y Trituradora de mandíbulas primario. ....	31
<b>Figura 6-4:</b> Zona de secado.....	32
<b>Figura 7-4:</b> Molino de martillos .....	32
<b>Figura 8-4:</b> Extractor.....	33
<b>Figura 9-4:</b> Filtro de mangas.....	33
<b>Figura 10-4:</b> Llenado de sacos. ....	34
<b>Figura 11-4:</b> Zona de pesado.....	34
<b>Figura 12-4:</b> Zona de cosido de sacos de cal y cosedora manual manual. ....	35
<b>Figura 13-4:</b> Almacén de sacos .....	35
<b>Figura 14-4:</b> VSM inicial. ....	39
<b>Figura 15-4:</b> Flujo del proceso (tipo material) Producción de Cal o carbonato de calcio. ....	41
<b>Figura 16-4:</b> Diagrama de análisis del proceso. ....	43
<b>Figura 17-4:</b> Situación Inicial 5'S .....	51
<b>Figura 1-5:</b> Diagrama de análisis del proceso actual. ....	53
<b>Figura 2-5:</b> VSM Actual. ....	56
<b>Figura 3-5:</b> Organigrama estructural y funcional de las 5'S.....	58
<b>Figura 4-5:</b> Lanzamiento del programa.....	59
<b>Figura 5-5:</b> Capacitación y entrega de indumentaria al personal de la empresa. ....	60
<b>Figura 6-5:</b> Criterios de selección (seiri).....	61
<b>Figura 7-5:</b> Elementos de protección personal .....	62
<b>Figura 8-5:</b> Reglas básicas para ordenar.....	72

<b>Figura 9-5:</b> Situación actual 5'S.....	86
<b>Figura 10-5:</b> Situación inicial vs actual - productividad.....	88
<b>Figura 11-5:</b> Situación inicial vs actual – 5S'.....	89
<b>Figura 12-5:</b> Situación inicial vs actual – recorrido .....	89
<b>Figura 13-5.</b> Prueba T pareada - Minitab .....	92

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** PLANOS DE LA EMPRESA
- ANEXO B:** DIAGRAMA DE RECORRIDO
- ANEXO C:** REDISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

## RESUMEN

El objetivo fue mejorar el sistema productivo mediante la aplicación de la metodología lean manufacturing en la producción de cal de Minabradec Compañía Limitada de la ciudad de Riobamba, permitió disminuir los tiempos de producción en base a la eliminación de procesos que no generan valor agregado al producto; el levantamiento de información se realizó a través de medición de tiempos con cronómetros, diagramas de proceso, diagrama de análisis del proceso, diagrama de recorrido y la aplicación de las herramientas 5S´ y Value Stream Mapping (VSM), logrando óptimos resultados al implementar un plan de mejora continua. El desarrollo de la metodología lean manufacturing estuvo contemplado en primera instancia la valoración inicial de la empresa mediante la herramienta VSM por medio del diagrama de análisis del proceso, a través de una inspección in-situ a la empresa, encontrando una productividad de 2.278 sacos/hora, posteriormente se identificó como problema principal el incumplimiento de la aplicación de la metodología, determinando un 22.6% de cumplimiento de los parámetros 5S´, correspondiendo aun porcentaje insatisfactorio de desempeño, seguidamente se implementó la metodología de mejoramiento del proceso por medio de la estandarización de procesos obteniendo como resultado 78% de cumplimiento generando un buen desempeño, mejorando la cultura de limpieza y organización en los puestos de trabajo y reduciendo el despilfarro de material gracias al cumplimiento de los parámetros considerados en la metodología 5S´, finalmente se evaluó la metodología a través de una socialización de la propuesta al personal de la empresa, en el cual se optimizó la distribución de la planta pasando de 184 m en el diagrama de recorrido en la situación inicial a 34 m en la propuesta presentada, mejorando la productividad en 0,30 sacos/hora, es decirse aumentó 4.20 sacos en la producción de la jornada laboral, validando la hipótesis alternativa en la cual se mejora la productividad en la organización.

**Palabras claves:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <LEAN MANUFACTURING> <VALUE STREAM MAPPING (VSM)> <IMPLEMENTACIÓN> <MEJORA CONTINUA>.



25-08-2023

0102-DBRA-UPT-IPEC-2023

## SUMMARY

The objective was to improve the productive system through the application of the lean manufacturing methodology in the production of lime from “Minabradec Compañía Limitada” in the city of Riobamba, which allowed reducing production times based on the elimination of processes that do not generate added value to the product. ; The information gathering was carried out by measuring times with stopwatches, process diagrams, process analysis diagrams, and journey diagrams and applying the 5S' and Value Stream Mapping (VSM) tools, achieving optimal results by implementing a continuous improvement plan. The development of the lean manufacturing methodology was contemplated in the first instance the initial assessment of the company through the VSM tool through the process analysis diagram, through an on-site inspection of the company, finding a productivity of 2,278 bags/ hour, later the non-compliance with the application of the methodology was identified as the main problem, determining a 22.6% compliance with the 5S' parameters, corresponding to an unsatisfactory percentage of performance, then the process improvement methodology was implemented through the standardization of processes, obtaining as a result 78% compliance, generating good performance, improving the culture of cleanliness and organization in the workplace and reducing the waste of material thanks to compliance with the parameters considered in the 5S' methodology, finally the methodology through a socialization of the proposal to the company personnel, in which the distribution of the plant was optimized, going from 184 m in the route diagram in the initial situation to 34 m in the proposal presented, improving productivity in 0.30 sacks/hour, that is, 4.20 sacks were increased in the production of the working day, validating the alternative hypothesis in which productivity in the organization is improved.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES> <LEAN MANUFACTURING> <VALUE STREAM MAPPING (VSM)> <IMPLEMENTATION> <CONTINUOUS IMPROVEMENT>.

08-25-2023

0102-DBRA-UPT-IPEC-2023

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad el carbonato de calcio es un material altamente demandado porque ofrece innumerables beneficios además de poseer muchas propiedades como el agua, color, estabilidad, alto pH entre otros, razón por la cual la demanda de cal está insatisfecha. Hay muchas empresas con hornos artesanales que proveen al sector de la construcción, pero pocas empresas producen el tipo de cal que requieren las industrias con un alto nivel de calidad y a costos accesibles. Las empresas hoy en día comercializan a granel en presentaciones de cal viva y cal hidratada; ambas son utilizadas en las diferentes industrias y sectores económicos, lo cual hace versátil su empleo en diversos procesos de producción o tratamiento de materias en todas las industrias. Los atributos principales de la cal que valoran las empresas del sector están relacionadas a los estándares de calidad: granulometría y porcentaje de cal útil, y la capacidad de suministro a volúmenes industriales, por ello la utilización de la cal está presente en la obtención de finos de minerales, y su empleo resulta fundamental para la mejora de los contenidos de impurezas en el producto final y que terminan impactando en el precio de venta de exportación de acuerdo a la cotización internacional de precios de los metales. (Bautista A & Mendoza R, 2015, p. 20)

Actualmente las empresas operan en un escenario donde lo único constante es el cambio y en el cual la optimización de procesos constituye un factor decisivo para asegurar su participación y vigencia en el mercado a nivel global, lo que obliga a las empresas a ser más eficientes para poder competir con empresas nacionales e internacionales, al generar productos con mayor valor agregado y ser competitivos, porque es de trascendental importancia en el mundo de los negocios. La reducción de costos, desperdicios y el incremento de la productividad, se vuelven elementos críticos a atacar en las organizaciones que buscan permanecer y seguir a la vanguardia. Existen varias filosofías las cuales permiten disminuir los desperdicios, tiempos muertos y reducir los costos. Una de las filosofías con mayor éxito en las organizaciones empresariales de impacto a nivel mundial para la disminución de desperdicios es la aplicación de la metodología lean manufacturing, la cual es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en un proceso, pero si implican costo y esfuerzo, creando en consecuencia clientes satisfechos.

## **1.1. Planteamiento del problema**

La carencia de herramientas de lean manufacturing en el proceso de elaboración de Cal ha generado que la empresa tenga poca integración con sus proveedores e insatisfacción de los operarios y líderes de proceso que fallidamente intentan eliminar los desperdicios de sobreproducción, elevados tiempos de transporte del material, cuellos de botella y desaprovechamiento de personal, ante lo cual se propone implementar las herramientas de lean manufacturing como el Value Stream Mapping, 5'S.

Por lo expuesto anteriormente se sabe que el problema radica en la carencia de herramientas lean manufacturing, tanto en la falta del cumplimiento del personal en los puestos de trabajo como limpieza de sus áreas, orden con la maquinaria y herramientas en la mayoría de áreas de trabajo, falta de señalización de espacios destinados para bodegas o zona de almacenamiento, carencia en identificación de las máquinas y áreas de trabajo, mala distribución de la planta, por tales motivos la empresa se beneficiará con la presente aplicación de la metodología lean manufacturing, obteniendo así grandes beneficios en lo que respecta al mejoramiento del proceso de producción de cal en la empresa.

## **1.2. Problema de la investigación**

### ***1.2.1. Formulación del problema***

¿La aplicación de la metodología lean manufacturing permite el mejoramiento del sistema productivo en la producción de cal de Minabradec Compañía Limitada de la ciudad de Riobamba?

## **1.3. Justificación de la investigación**

El desarrollo del trabajo de titulación propuesto tiene como objetivo la estandarización de los procesos mediante el diseño de guías para el cumplimiento de los procesos, para lograr los objetivos y metas propuestas disponiendo de información para que la empresa vaya incorporando instrumentos, técnicas, actividades, entre otras herramientas que permita mejorar y fortalecer la capacidad de producción.

La propuesta de mejora planteada efectúa un análisis de los problemas existentes durante el proceso de producción de cal mediante VSM inicial, diagrama de recorrido, planos de la empresa, diagrama de análisis del proceso tipo material, análisis del porcentaje de cumplimiento de los parámetros, consecuentemente se propuso un análisis de mejora para la producción de cal de la empresa mediante la metodología lean manufacturing, para encontrar la mejor opción de una

nueva distribución de la planta, procesos adecuados, con la eliminación de desperdicio de materia prima y tiempos muertos, entre otras actividades.

Al implementar la metodología lean manufacturing en la línea de producción de cal, se busca aprovechar al máximo los recursos, optimizando la producción y mejorando los puestos de trabajo.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

##### ***1.4.1. Objetivo general***

Mejorar el sistema productivo mediante la aplicación de la metodología lean manufacturing en la producción de cal de Minabradec Compañía Limitada de la ciudad de Riobamba.

##### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Recolectar información actual de los procesos de producción de cal de la empresa.
- Identificar los problemas que influyen en la demora de la producción.
- Desarrollar la metodología de mejoramiento del proceso mediante lean manufacturing en la producción de cal.
- Evaluar la metodología a través de una prueba piloto la mejora del nuevo modelo del proceso de producción planteado.

#### **1.5. Hipótesis**

¿La aplicación de la metodología lean manufacturing mejorará la productividad de la línea de producción de cal.?

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Lean manufacturing

##### 2.1.1. Definición

La terminología lean manufacturing está fundado en el sistema de producción de Toyota, este sistema fue desarrollado e implementado en Japón por Taiichi Ohno y Shigeo Shingo, la palabra lean manufacturing es el vocablo más utilizado y aceptado en el ámbito empresarial, sin embargo, distintos autores utilizan diferentes nombres, como manufactura o proceso esbeltos, al aplicar esta metodología. Según (Hernández & Vizán, 2013) “El origen de lean manufacturing se encuentra en el momento en que las empresas japonesas adoptaron una cultura, consistente en buscar una forma de aplicar mejoras en la productividad a nivel de puesto de trabajo y línea de fabricación, al estar en contacto directo con los problemas que se originan en el ambiente laboral contando con la colaboración, involucración y comunicación de los integrantes de una empresa” (Hernández & Vizán, 2013, p. 8)

Lean manufacturing es una filosofía de trabajo, la cual se encuentra basada en las personas, enfocada en la mejora y optimización de un sistema de producción centrándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los necesarios, de igual forma identifica varios tipos de “desperdicios” que se producen en la producción en referencia a la sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. La filosofía lean establece todo aquello no debe de hacerse porque no agrega valor al cliente y lo elimina, con el propósito de alcanzar los objetivos se despliega una aplicación sistemática y habitual de un conjunto extenso de técnicas que cubren la totalidad de las áreas operativas de fabricación referidos a la organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro, entre otros. Los beneficios derivados en una implantación Lean son evidentes y son demostrados. La filosofía lean no da nada por sentado y busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica. Lean Manufacturing no es un concepto estático, que puede ser definido de forma directa, ni tampoco una filosofía radical que rompe con todo lo conocido. La característica principal se enfoca en la combinación de distintos elementos, técnicas y aplicaciones surgidas del estudio a pie máquina y apoyadas por la dirección en la plena certeza de su necesidad, razón por la cual el pensamiento lean evoluciona constantemente como consecuencia del aprendizaje, que se va adquiriendo sobre la implementación y adaptación de las diferentes técnicas a los distintos entornos industriales,

servicios, entre otros, esta filosofía es algo que debe tratarse como una evolución cultural si se pretende que sea duradera y sostenible. (Hernández & Vizán, 2013, pp. 10-11)

### **2.1.2. Origen**

El origen de la producción ajustada es la producción en masa, porque en la primera mitad del siglo X se contagió a todos los sectores la producción en masa, inventada y desarrollada en el sector del automóvil, conocida la crisis del modelo de producción en masa, que encontró en el fordismo y el taylorismo su máxima voz, sin embargo no fue viable, porque no solo significa la producción de objetos en grandes cantidades, sino todo un conglomerado de tecnologías a gran escala y reglas rígidas que chocan con la idea de flexibilidad que se impone en la actualidad. Las aportaciones por parte del taylorismo contribuyeron para acabar con el control que el obrero ejercía sobre el cómo hacer el trabajo y los tiempos de producción. En su lugar se instaló la ley y la norma patronal, por la vía de la administración científica del trabajo, la lógica taylorista de la división del trabajo cada fábrica, departamento o sección apremia un objetivo específico sin buscar principalmente la optimización del conjunto de la producción, que es el único enfoque inteligible por parte del cliente o del consumidor, razón por la cual crecen así los lotes de producción, se acumulan los stocks y el ciclo de producción se alarga. Tras la crisis originada en 1929, Estados Unidos sufrió una crisis de sobreproducción, manifestada en un subconsumo de masas frente a la capacidad productiva real de la sociedad, por este motivo fue necesaria la implementación de ajustes dando lugar al fordismo, que lograba generar un mercado para la gran producción acumulada. En este sistema, el control del trabajo viene dado por las normas incorporadas al dispositivo automático de las máquinas, es decir al propio movimiento de las máquinas en la que dicta la operación requerida y el tiempo asignado para su realización, en tal virtud el trabajo se facilita al lograr la división de este, la fabricación de productos estandarizados y las grandes series se convierte en la norma y el resultado es una mayor producción y una aparente combinación de incremento de la productividad y de los beneficios en el trabajo. (Rajadel & Sánchez, 2012, pp. 3-4)

### **2.2. Principios del sistema lean manufacturing**

Los principios sobre los cuales se fundamenta la metodología lean manufacturing, se basa frecuentemente al sistema, desde el punto de vista del “factor humano” y de la manera de trabajar y pensar, a continuación, se muestran los principios de la metodología:

- Laborar en la planta y comprobar las cosas in situ.
- Establecer líderes de equipos que asuman el sistema e instruyan a otros.
- Interiorizar la cultura de “parar la línea”.

- Instituir la organización que aprenda mediante la reflexión constante y la mejora continua.
- Desplegar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa.
- Identificar y eliminar los procesos innecesarios.
- Originar equipos y elementos multidisciplinarios.
- Disgregar la toma de decisiones.
- Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean.

A estos principios hay que añadir los relacionados con las medidas operacionales y técnicas a usar:

- Establecer un flujo de proceso continuo que conciba los problemas a la superficie.
- Utilizar sistemas “pull” para evitar la sobreproducción.
- Suavizar la carga de trabajo, equilibrando las líneas de producción.
- Estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua.
- Manejar el control visual para la detección de problemas.
- Eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas JIT.
- Comprimir los ciclos de fabricación y diseño.
- Obtener la eliminación de defectos implantación. (Hernández & Vizán, 2013, pp. 19-20)

### **2.3. Ventajas de lean manufacturing**

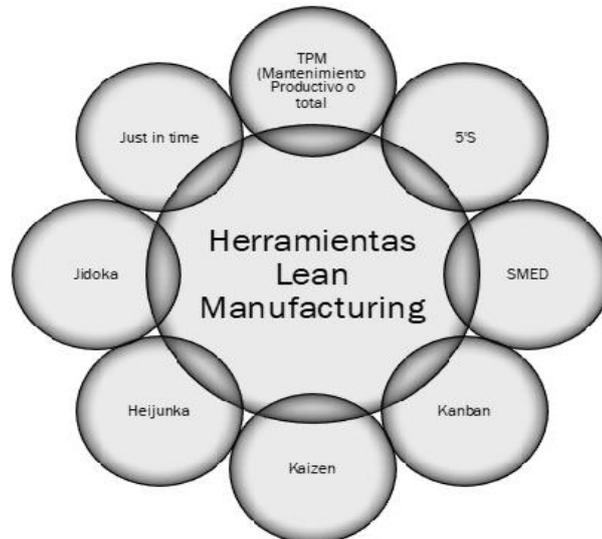
Las ventajas de la aplicación lean manufacturing radican en una cura para la eliminación de los despilfarros y además aniquila en lo posible actividades que no agregan valor. Ejemplo en el caso del empaque de un producto si este genera un valor agregado al producto se puede conservar caso contrario se debería eliminar y proponer una nueva solución al empaquetado.

Otra ventaja notable es el fomento del conocimiento y el trabajo en equipo, no es fácil conseguir esta ventaja desde un principio, pues para lograrlo hay que concientizar a los empleados de las ventajas personales que tiene este sistema lean manufacturing, casi siempre se da la resistencia al cambio, miedo a lo desconocido dentro de una organización, pero con la capacitación adecuada y oportuna para la implementación de este sistema se lo podría llevar a cabo con eficiencia y efectividad.

Finalmente, los sistemas a prueba de errores o fallos, para alcanzar esta ventaja se utiliza el dispositivo poka yoke el cual impide de alguna forma un error humano, ya sea a través de un sistema de detección y un sistema de alarma permitiendo al operario la identificación del problema en el instante en que ocurren los sucesos (Tello & Matute, 2013, pp. 26-27)

## 2.4. Principales herramientas de lean manufacturing

Para efectos de esta investigación y en base a la revisión de los diferentes autores que se presentó en los párrafos anteriores, se determinan las principales herramientas de lean manufacturing.



**Figura 1-2:** Herramientas lean manufacturing

**Fuente:** (Vargas-Hernández et al., 2018)

La aplicación de las herramientas de mejora de un sistema de producción trae consigo varias ventajas, como disminución de tiempos, reducción de costos, inventarios y desperdicios, incrementando la rentabilidad y competitividad, las principales herramientas utilizadas dentro de la metodología lean manufacturing son: 5S, SMED, Kanban, Kaizen, Heijunka, Jidoka, Just in time, TPM. (Vargas-Hernández et al., 2018, p. 12)

## 2.5. Value Stream Mapping

El mapeo del flujo de valor o VSM (Value Stream Mapping), es una herramienta Lean muy importante, contiene todas las acciones, tanto las que agregan y no agregan valor dentro del proceso de fabricación de un producto desde la materia prima hasta el producto terminado en manos del cliente.

El VSM se centra en el flujo de los procesos para identificar los desperdicios y dilapidaciones, el VSM es una herramienta importante porque:

- Permite concebir el flujo de producción entre los procesos.
- Identifica las fuentes de desperdicio en los procesos.
- Maneja un lenguaje cómodo de entender para los procesos de manufactura.
- Acopla los conceptos de manufactura esbelta.

- Establece las conexiones entre el flujo de información y materiales.
- Permite representar una situación futura de los procesos. (Masapanta Serpa, 2014, pp. 31-35)

## 2.6. Etapas de desarrollo de VSM

Las etapas del desarrollo de VSM se muestra a continuación ya que permite visualizar la situación futura de los procesos, como se detalla a continuación:

**Tabla 1-2:** Selección de un área crítica del piso de producción

<b>1. Selección de un área crítica del piso de producción.</b>
<b>2. Preparación del mapa del estado actual.</b> Documentación de la información del producto. Identificación de los procesos principales. Definir los datos que se recogerán. Proveer información. Mapeo de loa datos.
<b>3. Análisis del mapa del estado actual.</b>
<b>4. Mapa del estado futuro</b> Cálculo del takt time. Establecer el tiempo deseado. Implementación de herramientas de manufactura esbelta.

Fuente: (Sciolo, 2019).

### 2.6.1. Selección de una familia de productos

Es muy importante entender que para la realización del VSM se debe de ajustar a una familia de productos, porque si se desea realizar un mapeo en todos los productos puede llegar a ser complicado y extenso. Una familia de bienes la conforman productos que comparten procesos usuales, ya que cuando se desea identificar a una familia de productos puede ser un proceso dificultoso, para esto existen algunas técnicas como algoritmos, desarrollados para ese objetivo. (Masapanta Serpa, 2014, pp. 31-34)

### 2.6.2. Preparación del mapa actual o mapeo de la situación actual

Para la ejecución del VSM actual es importante seguir los siguientes pasos:

- Reunir datos de producción y revisar todos los procesos que se ejecutan.
- Comunicar a todas las áreas el propósito de las actividades que se ejecutaran.
- Revisar y utilizar los iconos del VSM para la identificación de los diferentes procesos.

- Acudir a la planta de producción para la identificación de todos los procesos in situ, así como para recolectar información esencial como: número de operarios, tiempo de ciclo, máquinas utilizadas, etcétera.
- Preguntar a los trabajadores las operaciones que son realizadas y explicarles lo que se está llevando a cabo, con el fin de implicarles en el desarrollo del VSM.
- Identificar las propiedades de cada paso del proceso y exponer dentro del mapa.
- Los flujos graficados corresponderán a la información y el material utilizado.
- Una vez recolectada la información se la debe de analizar fuera de la planta de producción con los implicados
- Dibujar la situación del mapa actual, trazando cada uno de los iconos.
- En la parte inferior del mapa dibujar la línea de tiempo ya que al final se sumarán todos los tiempos que conforman el proceso. (Masapanta Serpa, 2014, p. 35)

## **2.7. 5S´**

Se describe a continuación la definición, ventajas y beneficios de todas las palabras que conforman la metodología 5S´

### **2.7.1. Definición de las 5 S´**

La terminología 5S´ proviene de los términos japonés de los cinco elementos básicos del sistema:

- \*Seiri (selección)
- \* Seiton (sistematización)
- \*Seiso (limpieza)
- \*Seiketsu (normalización)
- \*Shitsuke (autodisciplina).

La expansión y la importancia de la aplicación de las 5S en diferentes países, se encuentra enfocado en la organización de puestos y lugares de trabajo eficientes, adecuados y óptimos, así como en metodologías de trabajo estandarizadas, porque muestra la visualización de irregularidades y proporciona la eliminación de actividades que no agregan valor (MUDA), mejorando la calidad, la productividad y la seguridad laboral, dentro del ambiente laboral.

En Latinoamérica y en el caso puntual de Ecuador, representa un factor importante las 5S´ para lograr el compromiso del mejoramiento continuo de la calidad y productividad en los diferentes puestos de trabajo, así como también incrementar la competitividad, al generar productos y servicios de calidad. (Piñero et al., 2018, p. 2)

La aplicación de las 5S´, tienen como objetivo implantar orden, limpieza y disciplina en el área de trabajo, haciendo factible la gerencia visual y contribuyendo a la eliminación de desperdicios,

así como al mejoramiento dentro de las labores de mantenimiento de equipos y a la disminución en los niveles de accidentes, otra contribución importante es la de ampliar los espacios físicos. La filosofía de las 5 S´ es una concepción ligada a la orientación hacia la calidad total originada en Japón bajo la orientación Deming hace más de cuarenta años y que está comprendida dentro de lo que se conoce como mejoramiento continuo. Las características que definen a esta metodología se muestran a continuación:

- Se define las 5 S´ como un estado ideal, donde los materiales y útiles innecesarios se han eliminado.
- En esta metodología todo se encuentra ordenado e identificado.
- Se han eliminado las fuentes de suciedad.
- Existe una vigilancia visual mediante el cual saltan a la vista las desviaciones o fallos.
- Existe una mejora continua en el tiempo. (Carlos Guachisaca y Martha Salazar, 2009, pág. 40).

## **2.8. Beneficios de las 5S.**

Los desperfectos son consecuencias de infinitos motivos, incluyendo el ensamblaje de partes equivocadas y la utilización de plantillas incorrectas, motivo por el cual la organización y el orden impiden este tipo de reveses, de igual forma conservar limpio los materiales y herramientas para la producción disminuye los errores operativos y proporciona un utillaje más dinámico, en tal virtud estos y otros aspectos de la metodología 5S´ se adoptan para disminuir desperfectos y problemas. La calidad involucra la disminución de la variabilidad en los procedimientos y productos por medio de la mejora continua en referencia a: producción, producto, comunicación, medicación entre otros, todas estas definiciones, aplicadas de manera grupal en las empresas de producción, de servicios y pedagogía, originan beneficios importantes como un entorno laboral agradable, organizado y limpio, optimizando la calidad y disminuyendo los gastos improductivos de una manera objetiva y dinámica, perfeccionando o redelineando los procedimientos claves para deshacerse de desperdicios, lo que produce una mejora en la calidad de manera perpetua. Invertir en metodología Lean es muy beneficioso ya que soluciona problemáticas reales en el entorno laboral. (Yantalema Morocho, 2020, pp. 41-42)

## **2.9. Interpretación: Seiri – Clasificar**

La terminología seiri o clasificar denota desechar del puesto de trabajo a aquellos componentes no necesarios y que son prescindibles para realizar la actividad productiva.

Los almacenes se llenan de elementos, instrumentos, cajas, productos, transporte interno, utensilios y accesorios individuales razón por la cual es imposible prescindir del uso de estos

dentro de un proceso de producción. Se define a la terminología seiri como: clasificar cada objeto como necesario o innecesario, liberando espacio al desechar lo innecesario.

Con la aplicación de esta metodología se busca estar rodeado de componentes o elementos que sean necesarios para la siguiente tarea, estableciendo stocks pequeños en proceso que fastidian, quitan lugar y obstaculizan, porque estos elementos imposibilitan la dirección óptica del trabajo, impiden el movimiento a través de los puestos de trabajo, inducen a incurrir en errores durante el manipuleo de materias primas y muy a menudo puede ocasionar eventualidades en el trabajo, por lo cual la primera S´ busca evitar la presencia de materiales prescindibles. (Rojas Velásquez, 2019, p. 13). La clasificación o seiri se caracteriza por:

- Diferenciar en el lugar los materiales necesarios de los innecesarios.
- Apartar los materiales de manera periódica.
- Conservar lo necesario y desechar lo superfluo.
- Aislar los materiales usado según su tipo, utilidad con la finalidad de hacer más rápido el trabajo.
- Ordenar los instrumentos en lugares accesibles.
- Separar componentes que inciden en el desempeño del almacén.
- Separar los reportes caducados y con información incorrecta, para evitar generar dobles interpretaciones. (Rojas Velásquez, 2019, p. 13)

### ***2.9.1 Ventajas del Seiri – (Clasificar)***

El empleo de las técnicas seiri sitúan a los puestos de trabajo con el fin que los mismos sean más fiables y fructíferos. La principal característica del seiri se relaciona directamente con la seguridad, teniendo en consideración la existencia de componentes no necesarios, que retrasan y dificultan las actividades de producción dentro de una empresa.

Se considera a las 5´S como una herramienta mundialmente conocida gracias al impacto y cambio que generan tanto en las empresas como en las personas que las desarrollan, a continuación, se detallan las ventajas de la clasificación, las cuales son:

- Evacuar la capacidad útil en manufactura y estudios
- Reducir el tiempo de abastecimiento de suministros, escritos, instrumentos y demás componentes
- Desarrollar el seguimiento óptico de stocks, de repuestos y componentes de manufactura, files con testimonios relevantes y planos.
- Comprimir las mermas en productos o elementos que se malogran por mantenerse un extenso tiempo exhibido en un área inadecuada para los mismos

- Posibilitar el seguimiento óptico de los materiales que se acaban y que son requeridos regularmente
- Organizar los puestos de trabajo con el fin de provocar procedimientos de mantenimiento autónomo, que no interfieran con otros lugares de trabajo. (Rojas Velásquez, 2019, pp. 15-17)

### **2.9.2 Beneficios al aplicar seiri**

- Perfeccionamiento para el seguimiento óptico de los componentes de trabajo, instrumentos y herramientas.
- Favorece la circulación controlada de los procesos
- Lograr la calidad en el producto debido a que el seguimiento óptico ayuda a prever las deficiencias
- Delimitar las áreas o puestos de trabajo con un latente riesgo por incidentes laborales
- Los colaboradores pueden incrementar la productividad en sus puestos de trabajo (Rojas Velásquez, 2019, pp. 15-17)

## **2.10. Cómo se interpreta el seiton – ordenar**

La frase muy usada para explicar el seiton se define como: ‘‘Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar’’, donde después de desechar los componentes prescindibles, se determina el sitio adecuado donde se van a colocar aquellos que son de uso frecuente, reconociéndolos para encontrarlos fácilmente y hacer factible su regreso. Definiendo a la terminología seiton como Arreglar los objetos necesarios – por el propósito de uso, frecuencia de uso, donde serán usados, forma – y luego decida donde y como serán almacenados, para evitar la falta de objetos que necesita. (Rojas Velásquez, 2019, p. 28).

A continuación, se muestra las características de esta metodología:

- Instituir un lugar óptimo para cada componente usado en la rutina diaria, facilitando la disponibilidad y accesibilidad.
- Establecimiento de lugares identificados para situar componentes poco frecuentes.
- Elegir puestos para situar los componentes que no se utilizarán en un futuro cercano.
- Permitir que los colaboradores posean facilidades visuales, posibilitando el control y seguimiento. (Rojas Velásquez, 2019, p. 28).

### **2.10.1 Ventajas seiton – (ordenar)**

- Posibilitar un acceso cómodo a los componentes necesarios
- Reducir errores y procedimientos de riesgo, de la información en el puesto de trabajo.
- La higiene y pulcritud se realizan fácilmente.
- Mejorar la apariencia del área de trabajo, lo cual trasmite ordenamiento, compromiso y seriedad con el trabajo.
- Mayor espacio en el sitio de trabajo.
- Mejorar el clima laboral en la empresa.

La seguridad se mejora porque se cumple con el principio de las 3F, es decir, fácil de ver, fácil accesibilidad y fácil de retomar la ubicación inicial, todo esto se consigue con una adecuada identificación y ubicación. (Rojas Velásquez, 2019, p. 29).

### **2.11. Interpretación seiso – (limpiar)**

La terminología seiso implica limpiar el sitio de trabajo y los equipos para prevenir la suciedad y el desorden, mediante el aseo del puesto de trabajo, los estantes y anaqueles para prever la contaminación y el caos, este término hace referencia a quitar la basura y el polvo de los componentes, es decir controlar el área mediante el procedimiento de limpieza.

El aseo está relacionado principalmente con el óptimo desempeño del área y la capacidad para hacer un buen trabajo manteniendo una estética satisfactoria estable, esta filosofía requiere que se realice un esfuerzo apto de señalización con el fin de realizar actividades que faciliten el mantenimiento de la limpieza y el estado óptimo del sitio de trabajo. Se basa en impedir que el desaseo, la contaminación y la basura se acopien en el sitio de trabajo. (Rojas Velasquez, 2019, p. 30)

Mantener todo limpio, esto incluye, herramientas, equipos, dispositivos, pisos, paredes, ventanas y artículos personales, del mismo modo se debe mantener los objetos de tal manera que se puedan exhibir todas sus funciones.”

El seiso implica:

- Establecer el aseo como fundamental para la rutina.
- El aseo es un medio de mantenimiento por lo que se entiende que la inspección se considera limpieza.
- Cuando se elabora el aseo como mantenimiento se genera entendimiento por parte del personal, razón por la cual no es recomendable encargar el aseo a personal no calificado.
- La finalidad principal no es solamente quitar la suciedad, es fundamental llegar a la causa y la fuente de la suciedad para su posterior erradicación.

El propósito consiste en diseñar sistemas para no ensuciar y así minimizar la acción de limpiar, por lo que no es más limpio quien más limpia sino quien menos ensucia (Rojas Velasquez, 2019, p. 30)

### **2.11.1 Ventajas seiso – (limpiar)**

- Comprime el riesgo potencial de que se produzcan accidentes.
- Reduce el peligro latente de la ocurrencia de incidentes
- Mejora el confort corporal e intelectual del colaborador
- Restan los derroches de componentes
- El aseo conlleva a un incremento característico del sitio de trabajo

La calidad en general se incrementa y se impiden extravíos por desaseo (Rojas Velasquez, 2019, p. 30)

### **2.12. Cómo se interpreta el seiketsu – estandarizar**

Esta terminología hace referencia a la estandarización de los procesos a través de los elevados niveles de ordenamiento, estructura y aseo, seiketsu es la filosofía que posibilita conservar las metas logradas con el desarrollo de las tres "S" anteriores, ya que una vez alcanzado el nivel de orden y limpieza deseado, se debe estandarizar las operaciones, con el objetivo de conservar y mejorar los resultados ya logrados (Rojas Velasquez, 2019, p. 31)

Seiketsu o estandarización hace referencia a:

- Mantener el nivel de aseo alcanzado con las S predecesoras.
- Enseñar al operario con el apoyo de gerencia y una correcta capacitación.
- Los procedimientos contienen las técnicas para la realización del trabajo de aseo, la demora de este, la seguridad necesaria, y el proceso en caso se presente algún inconveniente.
- Se debe llevar un control de los cambios realizados en las áreas de trabajo.
- La utilización de los estándares debe ser evaluados para verificar que se estén desarrollando adecuadamente.

Mantener el estado de los objetos que ya han sido organizados, clasificados, y limpiados, es importante en la aplicación de la estandarización de los procesos (Rojas Velasquez, 2019, p. 31)

### **2.12.1 Ventajas seiketsu – estandarizar**

- Se incrementa el bienestar de los colaboradores al establecer rutinas de conservación del puesto de trabajo de manera invariable
- Los trabajadores tienen conocimiento del área de trabajo
- Se frenan fallos en el aseo que pueden sufrir incidentes o riesgos predecibles
- La gerencia se encuentra involucrada en la conservación de los puestos de trabajo al tomar parte en la aceptación de los patrones
- Se habilita a los trabajadores con el fin que puedan cumplir mayores compromisos en el espacio de trabajo

El lapso de control se mejora así como la productividad global (Rojas Velasquez, 2019, p. 33)

### **2.13. Interpretación shitsuke – disciplina**

La terminología shitsuke o disciplina hace referencia a convertir en rutina el uso de los procedimientos acordados y decretados para el aseo en el área de trabajo. Se alcanzan metas logradas por las "S" predecesoras por un extenso tiempo si se consigue generar un ámbito de consideración hacia los procedimientos y patrones acordados.

Es importante señalar que las "S" predecesoras se consiguen establecer fácilmente si en los puestos de trabajo se conserva el orden, el empleo de esta metodología respalda que la seguridad será constante, la productividad mejorará poco a poco y la calidad sea extraordinaria. Es decir, se debe mantener el hábito de cumplir con las 4S anteriores. Estableciendo un control permanente en el desempeño de cada tarea.

Si la gerencia promulga a los colaboradores la aplicación del ciclo de Deming diariamente, es fiable que la aplicación de esta "S" no presentará problemas, porque shitsuke es el nexa que hay entre el pensamiento de kaizen y las 5´S. Estas rutinas elaboradas con el desarrollo del ciclo P.H.V.A. está comprendida en un buen prototipo para alcanzar que educación sea primordial en la realización de las actividades. (Rojas Velasquez, 2019, p. 33)

Shitsuke implica que:

- La consideración a las técnicas y estándares definidos con el fin de mantener el lugar en condiciones adecuadas.
- Elaborar un seguimiento independiente y la atención a las normativas que favorecen a la actividad de una empresa.
- Difundir la posibilidad de llevar el control acerca de los procedimientos definidos.
- Consideración por los integrantes de la empresa y sus procesos, además de las técnicas y procedimientos, en donde el colaborar tiene incidencia inmediata.

## Ventajas del shitsuke

- Creación de una ideología de sentimiento, consideración y custodia de los recursos de la empresa.
- El orden es un método para modificar rutinas
- Perduran los patrones alcanzados
- Acrecienta la moralidad en los trabajadores
- Mayor satisfacción gracias a los estándares de calidad elevados porque se respetaron en su totalidad los procesos y reglas.
- El puesto de trabajo se convertirá en fascinante diariamente. (Rojas Velasquez, 2019, p. 33)

## 2.14. Productividad

### 2.14.1. Definición

La productividad se define como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados, la fabricación, la productividad sirve para evaluar el rendimiento de: talleres, máquinas, equipos de trabajo y empleados. Productividad en términos de empleados es sinónimo de beneficio, en un enfoque sistemático, se dice que algo o alguien es productivo con una cantidad de recursos, en un periodo de tiempo determinado, dado que se obtiene el máximo de productos. En las máquinas y equipos la productividad está considerada como parte de sus características técnicas, no así con el recurso humano o los trabajadores, se debe considerar factores que influyen en ella. (Navarro, 2012, pág. 42).

El análisis de la productividad y el discurso sobre la misma parecen ser potestad sólo del actor empresarial por ello se debe analizar las condiciones de generación y evaluación de la productividad, junto con la distribución de ingresos y el acceso a condiciones de trabajo como factores para el crecimiento económico y la competitividad al mismo tiempo para impedir una brecha social entre quienes participan y quienes no. De otro modo se define a la productividad como el uso eficiente de recursos –trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información en la producción de diversos bienes y servicios, ya que existe la posibilidad de aumentar la producción a partir del incremento de cualquiera de los factores productivos antes mencionados. En función de esto, la productividad se extendería mediante:

1. Mayor cantidad de trabajo calificado,
2. Aumento de los recursos naturales explotados
3. Aumento del equipamiento,
4. Uso eficiente de las nuevas tecnologías,
5. Uso eficiente de las tecnologías de la información.

## 6. Uso eficiente de las energías

La productividad puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo que lleva en conseguirlos y una relación entre cantidad y calidad de bienes o servicios producidos y la cantidad y calidad de recursos utilizados para producirlos, porque tanto a través de una mayor disponibilidad de los recursos mencionados anteriormente, como de su eficiencia.

En otro enfoque se enfatiza fundamentalmente la productividad como la relación entre el producto generado y el trabajo utilizado en el proceso productivo, sin considerar directamente las cantidades de capital, de esta manera, se junta la eficiencia ganada mediante la incorporación tecnológica a través de un salto cualitativo en el desempeño laboral porque la tecnología es la evidencia de un trabajo realizado previamente y que en ella se materializa.

En la actualidad una productividad mayor significa el logro de una mayor producción en volumen y cantidad con el mismo insumo, motivo por el cual es importante diferenciar la terminología productividad, producción y producto

Trabajar es producir, lo que se produce, y las herramientas y maquinarias con las que se produce, los insumos que se utilizan, todo es resultado del trabajo humano. Esta actividad productiva, se denomina producción y está orientada a obtener un resultado concreto en cantidad y en calidad que toma la forma de bienes o servicios. Este resultado de la actividad laboral desplegada en una cantidad de tiempo determinado se lo denomina producto.

La productividad permite determinar cuánto trabajo se requiere por cada unidad de producto, como si fuera un promedio de cuanto produce cada trabajador, razón por la cual toda medición de productividad es una medición del desempeño del trabajador (Sladogna, 2017, pp. 2-3)

**Tabla 2-2: Producción**

<b>PRODUCCIÓN</b>	La totalidad del proceso productivo necesario para producir un bien o servicio
<b>PRODUCTO</b>	El resultado del proceso productivo
<b>PRODUCTIVIDAD</b>	La relación entre el trabajo empleado y el producto generado

Fuente: (Sladogna, 2017).

### 2.15. Tipos de productividad

Según los factores que se tienen en cuenta en el proceso productivo, la productividad se clasifica en varios tipos como son:

- **Productividad laboral:** tiene relación con la producción final y la cantidad de trabajo que se ha empleado en generar, se mide según las horas de trabajo que son necesarias para obtener cierta suma de un producto.
- **Productividad total de los factores:** guarda relación con el total de los factores usados en el proceso productivo, mencionados factores son el capital y la tierra.

- **Productividad marginal:** se considera la producción extra obtenida con una unidad más de un factor productivo, manteniendo todo lo demás invariable. (Benavides Miramón, 2019, p. 6)

## 2.16. Importancia de la productividad

El incremento de la productividad es de vital importancia, porque posibilita a que mejore la calidad de vida de una sociedad, influyendo en los salarios y la rentabilidad de los proyectos, lo que también permite que la inversión y el empleo crezcan, en una organización, industria o nación, la productividad instituye el crecimiento económico. Cuando se ejecuta una estimación de la tendencia del crecimiento a largo plazo de un territorio, habrá que descomponerlo en dos elementos: cambios en el empleo y la productividad.

Un análisis productivo demanda:

- **Ahorro de tiempo:** referida a una mayor cantidad de tareas en un tiempo inferior y la dedicación del tiempo ahorrado en continuar creciendo mediante la realización de otras tareas.
- **Ahorro de costes:** cuando se elimina los elementos innecesarios para la persecución de los objetivos.

Un análisis adecuado va a permitir una adecuada combinación de maquinaria, trabajadores y resto de recursos para alcanzar una optimización de la producción de los bienes y servicios. (DELSOL, 2020, pp. 15-20)

## 2.17. Factores que influyen en la productividad.

Los factores más característicos intervienen en la productividad son los siguientes:

- **Calidad y disposición de recursos naturales (T):** si una empresa o un territorio está ubicado cerca de los recursos naturales tendrá una productividad gigante.
- **Capital invertido en la industria (K):** la cantidad de capital es un elemento que afecta de manera directa a la productividad.
- **Cantidad y calidad de los recursos humanos (L):** el número de trabajadores en una producción, el grado de educación y experiencia laboral.
- **Tecnología (A):** en función del nivel de comprensión y el nivel al que se encuentre la tecnología, mayor va a ser la productividad en una industria.
- **Configuración de la industria:** la clase de industria va a afectar en gran medida a la productividad de una organización. La estructura industrial está determinada por la competencia, barreras de entrada, poder de negociación, competidores potenciales y los productos sustitutivos, entre otros.

- **Entorno microeconómico:** impacta de manera directa en la capacidad de brindar un producto o servicio al cliente final.
- **Entorno macroeconómico:** tanto la demanda de productos y servicios como la necesidad de que las empresas innoven y eleven la validez para influir en la coyuntura económica. Las fuerzas externas de la empresa impactarán de forma indirecta.

Se conoce como productividad a la relación existente entre la cantidad de productos que se han obtenido a través de un sistema de producción y los recursos que han sido utilizados para ello. Por tanto, puede decirse que la productividad puede definirse como una guía de la eficiencia productiva de una organización, en la cual se encuentra diversos tipos de productividad y distintos factores que influyen en ella, de forma directa o indirecta. (DELSOL, 2020, pp. 15-20)

### **2.18. Medición de la productividad**

La medición de la productividad dentro de una organización hace referencia al nivel de desempeño de una organización mediante el manejo de los recursos para alcanzar los objetivos. Dependiendo la variable que se desee cuantificar las medidas de la productividad pueden ser: capital invertido, materiales, energía, horas – trabajo entre otras, por ello la ecuación comúnmente utilizada para este propósito es la siguiente:

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Insumo\ empleado}$$

La utilización de un único recurso de entrada para calcular la productividad se conoce como productividad de un solo factor, el cual se considera como un indicador dentro de la gestión de la organización, utilizado como métrica para garantizar el cumplimiento de metas, razón por lo cual es necesario la medición del desempeño de todos los factores de producción. Sin embargo, la productividad de múltiples factores es conocida como productividad de factor total. (Fontalvo Herrera et al., 2018, pp. 47-60)

### **2.19. Prueba estadística T pareada**

La prueba estadística T pareada se utiliza para la comprobación de la media entre pares de medidas si son o no igual a cero. Esta prueba es muy útil para estudiar un mismo conjunto de elementos, los cuales han sido medidos bajo condiciones diferentes realizadas a una misma variable antes y después de la aplicación de un tratamiento o las diferencias existentes entre los tratamientos aplicados al conjunto de datos inicial. Se debe considerar las observaciones de cada par deben hacerse en las mismas condiciones. (Molina Arias, 2017, pp. 377-381)

## 2.20. Operacionalización de variables

**Tabla 3-2:** Operacionalización de variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES	CRITERIO DE MEDICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	ESCALA
Herramienta Lean Manufacturing	Lean manufacturing tiene por objetivo la eliminación del despilfarro, mediante la utilización de una colección de herramientas. La filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios (Manuel Rajadell Carreras, 2010).	Value Stream Mapping	Tiempo de valor añadido (TVATiempo que no añade valor (TNVA)	Es una herramienta Lean muy importante, contiene todas las acciones, tanto las que agregan y no agregan valor dentro del proceso de fabricación de un producto desde la materia prima hasta el producto terminado en manos del cliente.	Tiempos de ciclo	Técnica de análisis Documental	Revisión Literaria  Instrumento de recolección de datos	Razón

Realizado por: Quezada Alexander, 2023.

**Tabla 4-2:** Operacionalización de variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES	CRITERIO DE MEDICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	ESCALA
Productividad	<p>Consiste en tener la plena capacidad para manufacturar los productos aprovechando los recursos disponibles de la empresa, con el objetivo de iniciar, mantener e incrementar la economía de la misma. La importancia radica en el hecho de servir como unidad de medición, en donde la empresa pueda conocer el nivel de eficiencia de sus operaciones y en especial saber como mejorar su situación actual (CECIBEL KATHERINE RIVILLE RUIZ, 2014).</p>	Productividad	$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Horas trabajadas}}$	<p>se define como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados, la fabricación, la productividad sirve para evaluar el rendimiento de: talleres, máquinas, equipos de trabajo y empleados.</p>	Porcentaje de productividad	Técnica de análisis Documental	Revisión literaria	Razón

**Realizado por:** Quezada Alexander, 2023.

## 2.21. Matriz de consistencia

**Tabla 5-2:** Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
¿La aplicación de la metodología lean manufacturing permite el mejoramiento del sistema productivo en la producción de cal de Minabradec Compañía Limitada de la ciudad de Riobamba?	Mejorar el sistema productivo mediante la aplicación de la metodología lean manufacturing en la producción de cal de Minabradec Compañía Limitada de la ciudad de Riobamba.	<p><b>Hipótesis Nula:</b> La aplicación de la metodología lean manufacturing no incrementa la productividad de la línea de producción de cal, es decir no existe diferencia significativa.</p> <p><b>Hipótesis alternativa:</b> La aplicación de la metodología lean manufacturing mejora la productividad de la línea de producción de cal, existe diferencia significativa</p>	<p><b>V Ind.</b></p> <p>Herramienta Lean Manufacturing</p>	<p>Value Stream Mapping</p> <p>5 S</p> <p>Diagrama de flujo, diagrama de recorrido, diagrama de análisis del proceso.</p>	Técnica de recolección de información.	Revisión Literaria
			<p><b>V. Dep.</b></p> <p>Productividad</p>	Productividad		Revisión literaria

**Realizado por:** Quezada Alexander, 2023.

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

La metodología de la investigación está encargada de elaborar, definir y sistematizar el conjunto de técnicas, métodos y procedimientos que se deben seguir durante el desarrollo de un proceso de investigación para la elaboración de conocimiento, motivo por el cual en este capítulo se aborda todos los métodos y técnicas empleadas para la resolución del trabajo de titulación propuesto, mediante la recolección de la información, el análisis de los datos, su clasificación y posterior comparación aplicando la estadística descriptiva, misma que permitió mostrar resultados de validez y pertinencia, a la hipótesis planteada cumpliendo con los estándares de investigación científica. Por consiguiente, en el presente capítulo se describe la metodología de investigación utilizada para la elaboración del presente trabajo de investigación en la empresa Minabradec Cía. Ltda.

#### **3.1. Enfoque de la investigación**

El enfoque de la presente investigación corresponde al modelo cuantitativo porque utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con referencia a la medición numérica y el análisis estadístico, con el objetivo de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 17).

El trabajo de titulación inició con un planteamiento y formulación del problema de investigación en la empresa Minabradec Cía. Ltda., luego se derivaron los objetivos y preguntas de investigación, se revisó el marco teórico relacionado al tema, se estableció una hipótesis con sus respectivas variables, se realizaron las mediciones con cinta métrica y recolección de datos utilizando ciertos métodos como visitas de campo, diálogo con los trabajadores en sus áreas de trabajo, observación, toma de fotografías del proceso que ayudaron a comprobar las mismas y la realización del plano de la empresa, diagrama de recorrido, diagrama de análisis de proceso tipo material, análisis de parámetros del porcentaje de cumplimiento de la metodología 5S y VSM, para realizar conclusiones y recomendaciones con respecto a la investigación. Por lo mencionado anteriormente, se determinó que la presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo.

#### **3.2. Tipo de diseño de la investigación**

El desarrollo del presente trabajo de titulación corresponde a una investigación de campo porque fue necesario la recolección de los datos primarios a partir de la realidad donde se ejecutan los sucesos, confirmando este argumento, el autor (Arias, 2012, p. 31) menciona que: “La investigación de campo consiste en la recolección de datos claramente de los sujetos investigados, o de la realidad donde suceden los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar las variables puesto que el investigador obtiene la información, sin alterar las condiciones que existen” (Arias, 2012, p. 31)

Además, se efectuó un seguimiento minucioso y toma de datos con visitas in situ a la empresa Minabradec Cía. Ltda. para analizar el comportamiento del proceso de producción de cal, a partir de ello se conoció las distancias y tiempos de las máquinas y herramientas utilizadas en el proceso.

### **3.3. Alcance de la investigación**

El alcance de la investigación es de tipo:

**Investigación correlacional** debido a que se visualizó cómo se relacionan o no se relacionan o enlazan diversos fenómenos entre sí, así como también se determinó el comportamiento de la variable conociendo el comportamiento de otra variable afín, con el objetivo de evaluar la relación que existe entre estos conceptos, mediante un grado de relación entre las variables.

De esta manera, mediante la visualización del proceso, inspecciones in-situ, toma de fotografías, medición de áreas de trajo con cinta métrica, toma de datos con cronómetro y la grabación de videos nos ayudó a conocer el comportamiento del proceso de producción de cal y todas las variables que influyen en el mismo, determinando que existe una mala cultura en limpieza y organización en los puestos de trabajo, desperdicio o despilfarro del material, desorden en áreas de trabajo, inasistencia de señalización y delimitación de las áreas de trabajo. Todos los parámetros 5S, se mejorarán y se propondrá una redistribución con el trabajo a realizar.

**Investigación explicativa**, se enmarca en este ámbito porque requiere de investigaciones exploratorias y descriptivas, a partir de las correlaciones establecidas por las variables presentes, este tipo de investigación explica las causas del fenómeno.

Del mismo modo con el análisis VSM, diagramas de proceso, diagrama de recorrido, diagrama de análisis del proceso tipo material ayuda a conocer los rangos de tiempos de cada máquina y distancias de entre áreas relacionadas con el proceso de producción de cal, para realizar una

propuesta de una nueva distribución de las áreas de trabajo con sus respectivas delimitaciones y señalizaciones de cada área.

### 3.4. Población y muestra de estudio

La población de estudio de la presente investigación es la empresa Minabradec Cía. Ltda. y sus procesos de producción.

La muestra se puntualizó en la producción de cal misma que se realiza en el presente estudio de investigación.

**Población:** corresponde al número de sacos de cal diarios producidos.

**Muestra:** Para el cálculo de la muestra se utilizará la siguiente fórmula.

$$n = \frac{Z^2 pqN}{Nk^2 + Z^2 pq}$$
$$n = \frac{((1.96)^2(0.5)(0.5)(40))}{((40)(0.05)^2) + ((1.96)^2(0.5)(0.5))}$$
$$n = \frac{38.416}{((0.1) + (0.96))}$$
$$n = 36.2278$$
$$n = 36 \text{ sacos.}$$

N: Tamaño de la población. (40 sacos diarios)

Z: Nivel de confianza. (0.95:1.96)

K: Límite de aceptación de error muestral. (5% :0.05)

p: nivel de aceptación. (0.5)

q: Nivel de rechazo. (1-p): 0.5

n: tamaño de la muestra a determinar.

Se considera 36 sacos de cal para el análisis de los tiempos empleados en la elaboración de estos.

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información

#### 3.5.1. Técnicas de recolección de datos

En la presente investigación se utilizó las siguientes técnicas de recolección de datos:

**Método de la Observación:** fueron basados en la recolección de la información a través de fuentes primarias las cuales fueron obtenidas en diversas inspecciones en campo y las fuentes

secundarias, mismas que fueron obtenidos por indagación proporcionada del personal administrativo y de servicio, para la recopilación de la información para el diagnóstico de la situación actual la empresa Minabradec Cía. Ltda.

Los parámetros 5S analizados brinda una imagen más amplia en la investigación.

Mediante la técnica de la observación, recolección de datos, tiempos y recorridos para la toma de datos y sus respectivos diagramas se realizó la elaboración de un VSM, diagramas de flujo, diagramas de análisis del proceso, diagrama de recorrido, diagrama de análisis del proceso tipo material, análisis 5S y planos de la empresa.

### **3.6. Instrumentos para procesar datos**

Una vez recopilada la información se procedió a ejecutar los cálculos respectivos mediante la utilización del programa Microsoft excel 2013, auto CAD, visio, draw.oi diagrams., word, que fueron instrumentos que ayudaron a generar el resultado requerido para posterior realizar el análisis e interpretación.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Situación inicial de la empresa

##### 4.1.1. Descripción de la empresa

**Razón Social:** Minabradec Cía. Ltda.

**Representante legal:** Ing. Cesar Coronel.

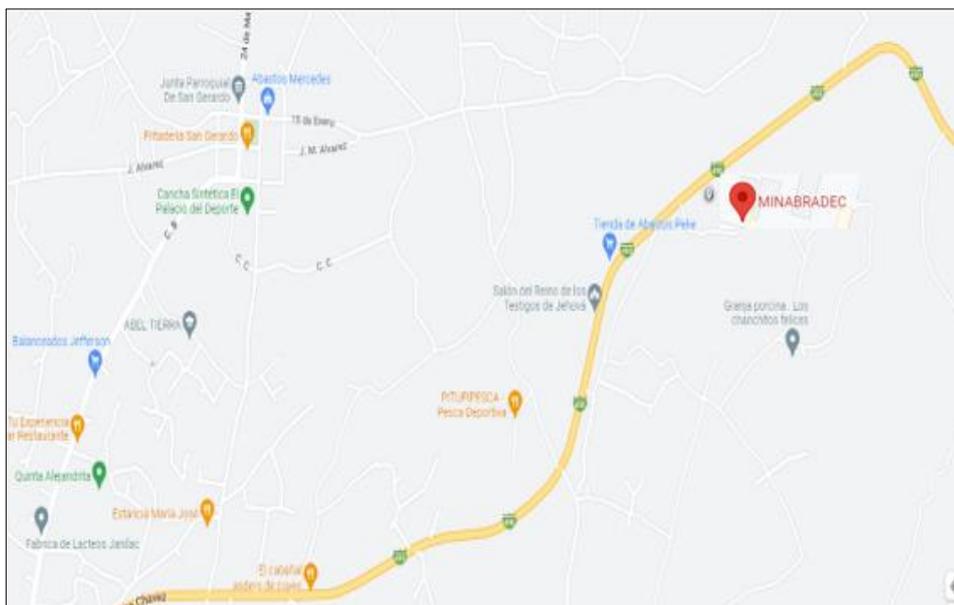
**Actividad económica:** La empresa Minabradec Cía. Ltda. se dedica a la fabricación de muelas de molino, piedras de amolar, pulimentar y productos abrasivos naturales y artificiales, incluidos productos abrasivos sobre una base flexible como el papel lija, y otro tipo de productos como el hidróxido de calcio y el carbonato de calcio.

##### 4.1.2. Localización

**Provincia:** Chimborazo

**Cantón:** Riobamba

**Dirección:** Calera vía Cubijéis



**Figura 1-4:** Localización de Minabradec Cía. Ltda.

**Fuente:** (Google Maps, 2023)

### **4.1.3. Información general**

Minabradec Cía. Ltda., abre sus puertas a sus clientes en noviembre del 2002 es una compañía con alto grado de confiabilidad que fue constituida el 27 de abril del 2010, en la ciudad de Riobamba Ecuador ubicada en el centro del país, donde también tiene su matriz principal. Está dedicada al procesamiento de minerales abrasivos en general. Es nuestro principal deseo el de cumplir a satisfacción con el requerimiento de nuestros clientes, mejorando continuamente la calidad de nuestros productos, cumpliendo también con nuestros proveedores, empleados y accionistas. Además de seguir creciendo como compañía, mejorando la calidad de nuestros productos. Con el firme propósito de mejorar cada día más con el esfuerzo de todo el grupo humano que lo conformamos.

### **4.2. Misión**

Ser la compañía abrasiva más respetada por la obtención de un balance medio ambiental limpio y operativo para el sector industrial, naval y petrolero.

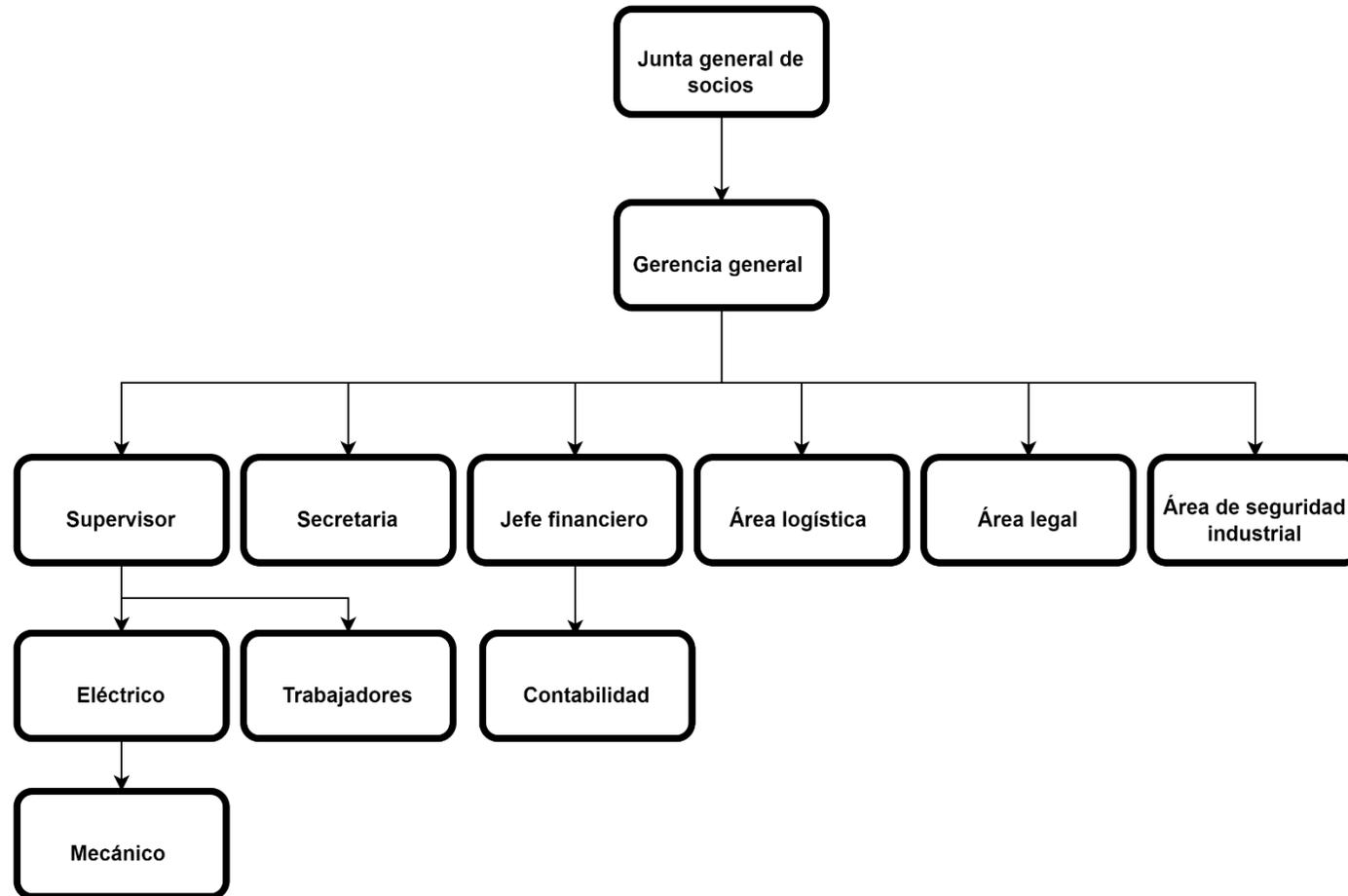
Estamos en un desarrollo sostenible que constituye un valor agregado en la vida media de un recubrimiento o esquema de recubrimientos que es directamente proporcional al grado de preparación de superficie con in perfil de anclaje obtenido con abrasivos minerales secos de granulometría seleccionada.

### **4.3. Visión**

Crear los cimientos para el futuro con una excelencia practica de preparación de superficie de los metales y no metales cumpliendo estrictas regulaciones de normas internacionales para asegurar la durabilidad y adherencia de recubrimientos, evitando costosas reparaciones por fenómenos corrosivos.

#### 4.4. Estructura funcional de la organización

En el siguiente esquema se detalla la estructura organizacional de Minabradec Cía. Ltda.



**Figura 2-4:** Organigrama estructural de la empresa

Fuente: Empresa Minabradec Cía. Ltda., 2023

#### 4.5. Descripción del producto

**Cal (Carbonato de calcio):** El proceso inicia en el área de almacenamiento de materia prima (piedra caliza), la cual es transportada en una excavadora pequeña hacia el área de triturado, la piedra caliza es triturada a una medida de  $\frac{3}{4}$  de pulgada aproximadamente, una vez triturado el material es transportado en carretillas manuales hacia el área de secado, donde el material (piedra caliza previamente triturada ) es llevado a un tubo donde ocupa un tiempo de secado de 2 horas, posteriormente, se abre una compuerta y cae todo el material hacia el molino de martillos donde se lleva el proceso de molido y desbastado de la piedra caliza a un polvo más fino posible durante 6 horas, para su posterior extracción hacia un filtro de mangas el mismo que cumple la función de separar y filtrar el material, ya una vez en el filtro de mangas el material es llenado manualmente en sacos de 25Kg, para ser transportados desde el área de llenado hacia el área de pesado donde se realiza un pesaje manual de cada uno de los sacos en una balanza y verificar su peso de 25kg sea el correcto, para ser transportados del área de pesado al área de cosido y por último los sacos son colocados en pallets ya previamente ubicados en montacargas para ser trasportados al área de almacenamiento de producto terminado.



**Figura 3-4:** Cal en crudo (carbonato de calcio).

Fuente: Empresa Minabradec Cía. Ltda., 2023

#### 4.6. Identificación de puestos de trabajo

**Almacén de materia prima:** Lugar destinado para el almacenamiento de piedra caliza o carbonato de calcio.



**Figura 4-4:** Almacén de materia prima.

**Fuente:** Empresa Minabradec Cía. Ltda., 2023

**Área de triturado mediante un triturador de mandíbulas primario:** La piedra caliza es transportada a esta área desde el área de almacenamiento en excavadoras pequeñas, ya en esta área el material (piedra caliza) cumple un proceso de triturado a una medida uniforme de  $\frac{3}{4}$  más o menos ya sea rocas duras o piedra suave, obteniendo un producto más uniforme y maniobrable para el operario para su transporte a su siguiente proceso.



**Figura 5-4:** Retroexcavadora pequeña y Trituradora de mandíbulas primario.

**Fuente:** Empresa Minabradec Cía. Ltda., 2023

**Área de secado de piedra caliza:** En esta área el material es transportado desde el área de triturado en carretillas manuales, el mismo es llenado en un tubo para que cumpla el proceso de secado de piedra caliza.



**Figura 6-4:** Zona de secado

**Fuente:** Empresa Minabradec Cia Ltda., 2023

**Área de Molino:** La piedra caliza después de un tiempo establecido en el área de secado cae a un molino de martillo posterior a la apertura de la compuerta, mismo que se encarga del molido y desbastado del material (piedra caliza) en polvo fino.



**Figura 7-4:** Molino de martillos

**Fuente:** Empresa Minabradec Cía. Ltda., 2023

**Área de Extracción:** Una vez molido y desbastado el material, mediante un extractor se extrae el material (cal) desde el molino hacia el filtro de mangas y al mismo tiempo absorbe el aire que se cola entre el material, el cual es liberarlo a la atmósfera.



**Figura 8-4:** Extractor

Fuente: Empresa Minabradec Cía. Ltda., 2023

**Área del Filtro de mangas:** Es el encargado de separar y filtrar el polvo fino (cal o carbonato de calcio), basado en su principio básico el cual es la filtración por tejidos, mangas o mallas finas, al hacer conducir la cal juntamente con el aire extraído por el extractor, ahí es donde las partículas de cal se descargan para su recolección mientras que el aire limpio es liberado al ambiente por el extractor. Y la cal se almacena en la parte inferior del mismo para su posterior llenado en sacos.



**Figura 9-4:** Filtro de mangas

Fuente: Empresa Minabradec Cía. Ltda. , 2023

**Área de llenado:** En esta área ya una vez la cal esté en el filtro de mangas, se procede mediante una palanca manual a llenar los sacos de cal o carbonato de calcio a un peso de 25kg aproximadamente.



**Figura 10-4:** Llenado de sacos.

Fuente: Empresa Minabradec Cía. Ltda., 2023

**Área de pesado:** una vez llenado los sacos al peso aproximado requerido, son transportados a una balanza, de tal manera que un operario realiza manualmente el peso uno a uno los sacos de cal y verifica su peso de 25kg sea el correcto.



**Figura 11-4:** Zona de pesado

Fuente: Empresa Minabradec Cía. Ltda., 2023

**Área de cosido:** verificado el peso de 25 Kg en el área de pesado, los sacos son transportados hacia esta área con la finalidad de coserlos de forma manual por el operario.



**Figura 12-4:** Zona de cosido de sacos de cal y cosedora manual manual.

Fuente: Empresa Minabradec Cía. Ltda., 2023

**Área de almacenamiento de producto terminado:** Los sacos de cal previamente cosidos son ubicados en pallets, posteriormente son colocados en montacargas para ser transportados hacia el almacén de producto terminado para su distribución al cliente.



**Figura 13-4:** Almacén de sacos

Fuente: Empresa Minabradec Cía. Ltda., 2023

#### 4.7. Desarrollo del VSM inicial

La utilización de la herramienta Value Stream Mapping (VSM) es muy útil para la identificación de las operaciones innecesarias que se realizan en cada una de las actividades a lo largo de la cadena de valor, entendiendo así de una manera detallada todos sus procedimientos y de esta forma buscar mejorar los mismos.

Para los distintos procesos a lo largo de este caso y por tratarse de la realidad de los hechos, se utilizará la Metodología del VSM, que se desarrolla a continuación:

#### 4.7.1. Selección de la familia de productos a analizar

La elección del producto se realiza de una familia de productos que compartan la mayor cantidad de procesos y operaciones como se detalla a continuación:

**Tabla 1-4:** Selección del producto.

Productos	Procesos								
	Triturado	Secado	Quemado	Hidratación	Molido y Extracción	Filtrado	Llenado	Pesado	Cosido
Cal (carbonato de calcio)	X	X			X	X	X	X	X
Yeso	X	X			X		X	X	X
Baritina	X	X			X	X	X	X	X
Diatomita	X	X			X	X	X	X	X

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

El producto seleccionado para su análisis es la cal cruda o carbonato de calcio, ya que este producto pasa por la mayoría de los procesos y si se realiza una mejora en su proceso principal. Las mejoras y beneficios se verán reflejados para los demás productos.

#### 4.7.2. Cálculo del takt time

- **Tiempo disponible**

Es la cantidad de tiempo efectivo que se tiene para trabajar restándole el tiempo de descanso, refrigerios, preparaciones, mantenimiento, etc. En la empresa se ha fijado los siguientes parámetros de tiempo para la jornada laboral diaria:

**Tabla 2-4:** Distribución de tiempos en la empresa.

Descripción	Tiempo (Horas)	Tiempo (minutos)
Preparación para la entrada a su jornada de trabajo.	0.08333	5
Refrigerio	0.08333	5
Preparación para salida de su jornada de trabajo.	0.08333	5
Paras programadas (baño).	0.08333	5
<b>TOTAL</b>	<b>0.33332</b>	<b>20</b>

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

**Tabla 3-4:** Datos takt time situación inicial

Cálculo tiempo takt	
Días Disponibles	20
Turnos Disponibles	1
Tiempo de jornada de trabajo (horas)	15.8057
Horas disponibles al mes	316.114
Minutos disponibles al mes	18966.84
Demanda Mensual	720 sacos de cal
Tiempo disponible de receso (min)	400

Realizado por: Quezada Alexander, 2023.

Tiempo disponible por día de trabajo = 18966.84 – 400 = 18566.84 **minutos**.

- **Takt time**

Es el tiempo en horas y/o minutos que debe durar la ejecución de una operación u operaciones dentro del proceso de un producto.

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Número de unidades producidad}}$$

$$TT = \frac{18566.84 \text{ min}}{720 \text{ sacos}}$$

$$TT = 25.79 \text{ min/saco.}$$

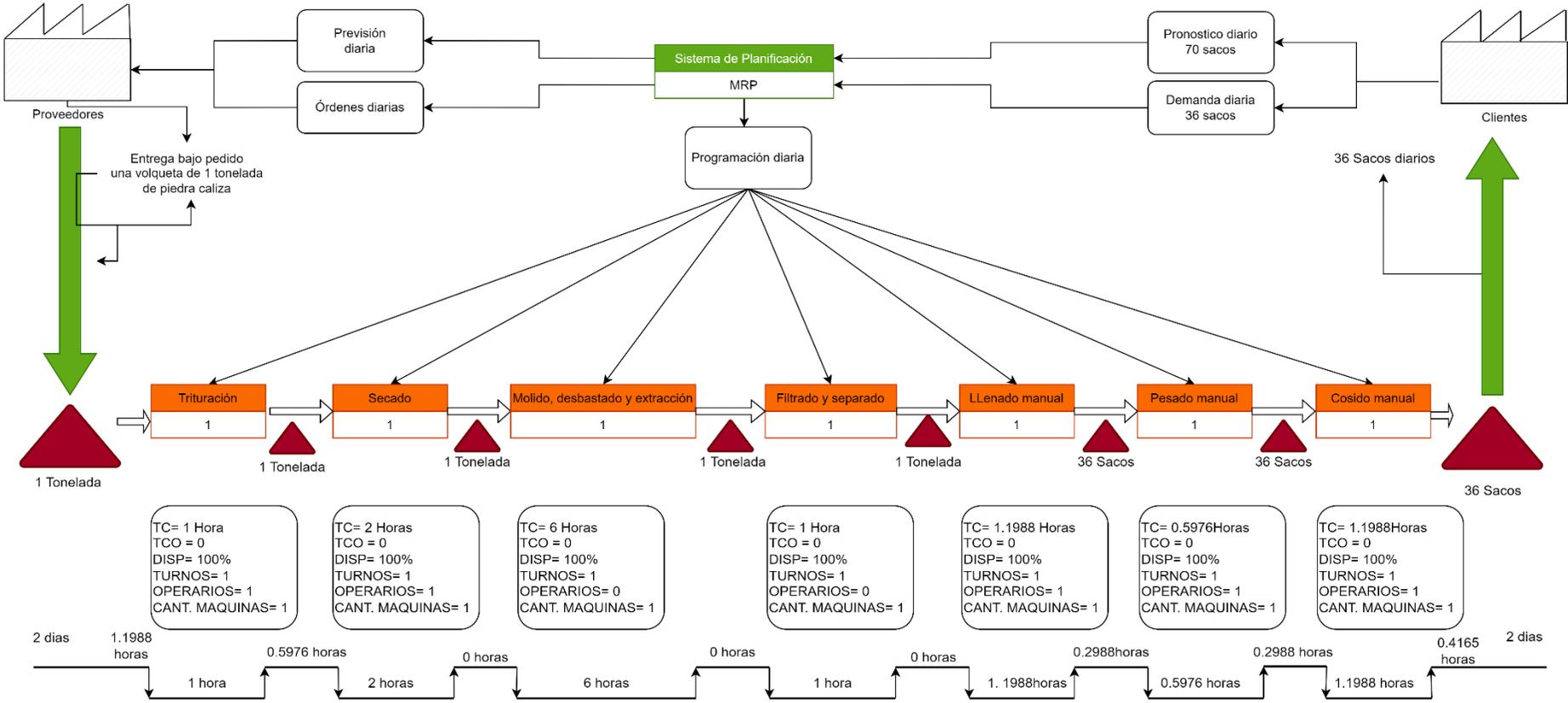
Cada 25.79 min la empresa produce un saco de cal (carbonato de calcio), este tiempo es el que maneja la empresa para satisfacer la demanda del cliente y se lo conoce como takt time.

#### 4.7.3. Realización del mapa del estado inicial

Se utilizó como principal herramienta el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM), para obtener la información del producto de estudio ya que se trata de una herramienta para mostrar las principales fuentes de desperdicio para su posterior análisis. Para el desarrollo del VSM actual, un factor muy importante fue el apoyo de la empresa y la participación de algunos de sus empleados en la obtención de los datos para el análisis.

En la elaboración del VSM actual, se inició determinando la demanda del cliente para luego proceder al cálculo del “takt time” (rapidez a la cual se debe fabricar un producto).

A continuación, se muestra el VSM preliminar.



Tiempo de valor añadido (TVA) = 12.9952 horas

Tiempo que no añade valor (TNVA) = 98.8105 horas

Figura 14-4: VSM inicial.

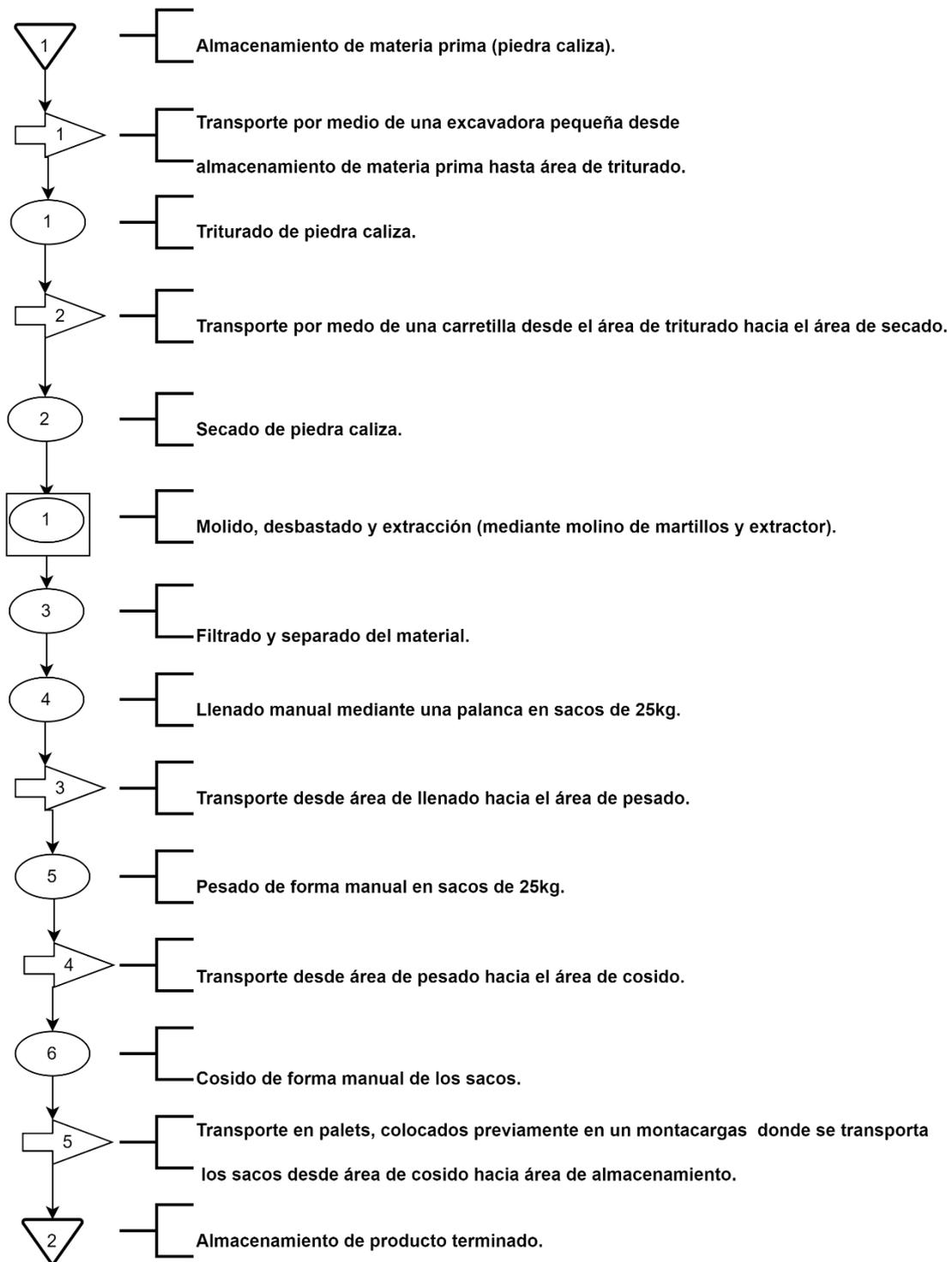
Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

#### **4.8. Diagrama de flujo del proceso tipo material**

En el diagrama de flujo tipo material se analiza las actividades (operación, transporte, inspección, almacén) que se realizan a lo largo de la cadena de producción. Es de tipo material porque el análisis se enfoca en el flujo del producto y no en el operario.

El proceso de producción de cal cruda o carbonato de calcio empieza con la recepción de la materia prima (piedra caliza) y termina con el almacenamiento del producto terminado en sacos de 25Kg en el cuarto de almacenamiento.

En la siguiente ilustración se detalla el flujo de proceso (tipo material) de producción de cal cruda o carbonato de calcio.



**Figura 15-4:** Flujo del proceso (tipo material) Producción de Cal o carbonato de calcio.

Realizado por: Quezada Alexander, 2023.

**Tabla 4-4:** Resumen del diagrama de flujo

<b>RESUMEN FLUJO DEL PROCESO</b>	
Operación	6
Transporte	5
Almacenaje	2
Actividad combinada	1

**Realizado por:** Quezada Alexander, 2023.

**Planos de la empresa:** En los planos de la empresa podemos evidenciar las áreas con sus respectivas dimensiones. Ver Anexo A.

**Diagrama de recorrido:** En el diagrama de recorrido (Anexo B) se obtiene una visión clara del flujo del producto dentro de la planta.

**Diagrama de análisis del proceso:** Es una representación gráfica de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes que tienen lugar durante el proceso o procedimiento, incluyendo información de interés para el análisis, tal como el tiempo y la distancia durante todo el proceso.

Empresa: Minabradec Cia Ltda				Proceso: Producción de Cal		Método: Actual	Fecha
Departamento: Produccion				Analista: Alexander Quezada		Hoja N° 01	11/7/2022
SIMBOLOS DEL DIAGRAMA				N°	Tiempo en horas	Distancia en metros	Descripción del Proceso
 Operación	 Transporte	 Almacén	 Operación Combinada				
				1			Almacenamiento de materia prima (piedra caliza).
				1	1,1988	30	Transporte por medio de una excavadora pequeña desde almacenamiento de materia prima hasta área de triturado.
				1	1		Triturado de piedra caliza.
				2	0,5976	5	Transporte por medio de una carretilla manual desde el área de triturado hacia el área de secado.
				2	2		Secado de piedra caliza.
				1	6		Molido, desbastado y extracción (Mediante molino de martillos y Extractor).
				3	1		Filtrado y separado del material
				4	1,1988		Llenado manual mediante una palanca en sacos de 25Kg.
				3	0,2988	5	Transporte desde área de llenado hacia área de pesado.
				5	0,5976		Pesado de forma manual en una balanza de sacos (25Kg).
				4	0,2988	4	Transporte desde área de pesado hacia área de cosido.
15,8057				6	1,1988		Cosido manual con coseadora de sacos.
				5	0,4165	140	Transporte en palets, colocados previamente en montacargas donde se transporta los sacos desde área de cosido hacia área de almacenamiento.
							Almacenamiento de producto terminado.
				<b>Total</b>	<b>15,8057</b>	<b>184</b>	
					<b>Horas</b>	<b>Metros</b>	

RESUMEN	
Operación	6
Transporte	5
Almacenaje	2
Actividad combinada	1
<b>Total</b>	<b>14</b>
<b>Tiempo en horas</b>	<b>15,8057</b>
<b>Distancia recorrida</b>	<b>184</b>

Horas	
Metros	

Figura 16-4: Diagrama de análisis del proceso.

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

Con el diagrama de análisis del proceso se puede evidenciar que uno de los factores que elevan el tiempo de producción es la gran distancia de recorrido o de distancia de los transportes dando como resultado 184 metros.

- **Análisis de la productividad inicial:**

$$Productividad = \frac{Produccion}{Horas trabajadas}$$

$$Productividad = \frac{36 \text{ sacos}}{15.80 \text{ horas}}$$

$$Productividad = 2.278 \text{ sacos/hora.}$$

Este cálculo de la productividad inicial nos indica que actualmente se producen 2.278 sacos/hora.

**Situación inicial, 5'S:** En el análisis se determinó que las causas de desperdicios lean es la falta de orden y limpieza por este motivo se realiza una evaluación de las 5'S ya que es una herramienta Lean Manufacturing orientada al orden y la limpieza. Esta evaluación establece una base inicial para la implementación de la herramienta.

La auditoría inicial se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 5-4:** Auditoría inicial

	<b>AUDITORÍA 5'S</b>		
	<b>Auditor:</b> Alexander Quezada <b>Área auditada:</b> Planta de producción.		
<b>Criterios de Evaluación</b>			
0=Muy deficiente    1=Deficiente    2=Regular    3=Bueno    4=Muy bueno    5=Excelente			
<b>SEIRI – Clasificar: "Mantener solo lo necesario"</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>	<b>Comentarios y notas para el siguiente nivel de mejora</b>	
¿Hay cosas inútiles que pueden molestar en el entorno de trabajo?	2	Realizar una lista de elementos innecesarios como zarandas que se ocupan en otros procesos.	

 <p>Área de almacenamiento de materia prima</p>		
<p>¿Hay materias primas, semielaborados o residuos no necesarios en el entorno de trabajo?</p>  <p>Área de almacenamiento de materia prima</p>	2	Asignar un lugar adecuado para almacenar los residuos o semielaborados o desperdicios.
<p>¿Están los objetos, de uso frecuente, ordenados en su ubicación y correctamente identificados en el entorno laboral?</p>  <p>Área de llenado</p>	1	Asignar un lugar adecuado para colocar los pallets de uso frecuente para el proceso.
<p>¿Están todos los elementos de limpieza: trapos, escobas, guantes, productos en su ubicación y correctamente identificados?</p> 	1	No tienen designado ningún lugar para la ubicación de elementos de limpieza.
<p>¿Están los elementos innecesarios identificados como tal?</p>	0	No existe identificación de los materiales innecesarios, como tubos y tablas que son

		<p>usados en otro tipo de procesos.</p>
<p><b>Suma</b></p>	<p><b>6</b></p>	
<p><b>SEITON – Organizar: "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar"</b></p>		
<p><b>Descripción</b></p>	<p><b>Calificación</b></p>	<p><b>Comentarios y notas para el siguiente nivel de mejora</b></p>
<p>¿Hay materiales y/o herramientas fuera de su lugar o carecen de lugar asignado?</p>  <p>Área de almacenamiento de producto terminado</p>	<p>1</p>	<p>Asignar un lugar para herramientas y materiales tales como la báscula que se usa en el proceso de pesado de sacos, no están en su área respectiva.</p>
<p>¿Son necesarias todas las herramientas disponibles y fácilmente identificables?</p>  <p>Área de almacenamiento de producto terminado.</p>	<p>2</p>	<p>No posee rótulos o algún tipo de edificación de uso de herramientas.</p>

Se observa objetos como extensión eléctrica y franelas que no pertenecen a esta área.		
<p>¿Hay líneas u otros marcadores para indicar claramente los pasillos y áreas de almacenamiento?</p>  <p>Área de almacenamiento producto terminado</p>	0	No posee identificación de la bodega o área de almacenamiento de producto terminado.
<b>Suma</b>	<b>3</b>	
<b>SEISO – Limpieza: "Un área de trabajo impecable"</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>	<b>Comentarios y notas para el siguiente nivel de mejora</b>
<p>¡Revise cuidadosamente el suelo, los pasos de acceso y los alrededores de los equipos! ¿Puedes encontrar manchas de aceite, polvo o residuos?</p>  <p>Área del molino de martillos</p>	2	No posee una limpieza adecuada del suelo donde caen el polvo o algún tipo de residuo del material.
<p>¿Hay partes de las máquinas o equipos sucios? ¿Puedes encontrar manchas de aceite, polvo o residuos?</p>	1	En la máquina filtro de mangas se puede evidenciar suciedad por polvo o residuo de material.

		
<p>¿Se realizan periódicamente tareas de limpieza conjuntamente con el mantenimiento de la planta?</p> 	0	No poseen un plan de limpieza en este momento.
<p>¿Existe una persona o equipo de personas responsable de supervisar las operaciones de limpieza?</p>	0	No tienen a ninguna persona asignada para la supervisión de limpieza en las áreas de trabajo.
<p>¿Se barre y limpia el suelo y los equipos normalmente sin ser dicho?</p>	1	Se barre la zona de trabajo al finalizar su jornada laboral por el operador.
<p><b>Suma</b></p>	<p><b>4</b></p>	
<p><b>SEIKETSU - Estandarizar "Todo siempre igual"</b></p>		
<p><b>Descripción</b></p>	<p><b>Calificación</b></p>	<p><b>Comentarios y notas para el siguiente nivel de mejora</b></p>
<p>¿El personal conoce y realiza la operación de forma adecuada?</p>	3	El operador realiza su operación de forma

		empírica o como él conoce.
¿Se aplican las 3 primeras “S”?	2	En algunas áreas no hay cumplimiento total de reglas o parámetros de las tres primeras S.
<p>¿Se aplica el CONTROL VISUAL?</p>  <p>Área de cosido</p>	1	En áreas donde es necesario el control visual no poseen el material adecuado para una verificación correcta.
¿Existen procedimientos escritos estándar y se utilizan activamente?	1	No poseen procedimientos estandarizados del proceso en este momento.
<b>Suma</b>	<b>7</b>	
<b>SHITSUKE– Autodisciplina: "Seguir las reglas y ser consistente"</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>	<b>Comentarios y notas para el siguiente nivel de mejora</b>
<p>¿Se realiza un control de limpieza?</p> 	1	No posee una limpieza adecuada de los espacios donde caen el polvo o algún tipo de residuo del material.
¿Se realizan los informes de auditoría correctamente y a su debido tiempo?	0	No poseen plan de informes de tareas se recomienda realizar los

				informes según la exigencia de la empresa.	
				En algunas áreas se cumplen a medias las reglas o parámetros de las primeras S.	
				El personal no posee conocimiento de las 5'S.	
				El personal aplica sus conocimientos obtenidos por su experiencia mas no por la cultura de las 5'S.	
				En algunas áreas si se utiliza la protección adecuada para su tarea, como botas, guantes y cubre bocas.	
<b>Suma</b>		<b>6</b>			
<b>Puntos posibles (pp)</b>	<b>115</b>	<b>Puntos obtenidos (po)</b>	<b>26</b>	<b>Calificación (po/pp)x100</b>	<b>22.66%</b>

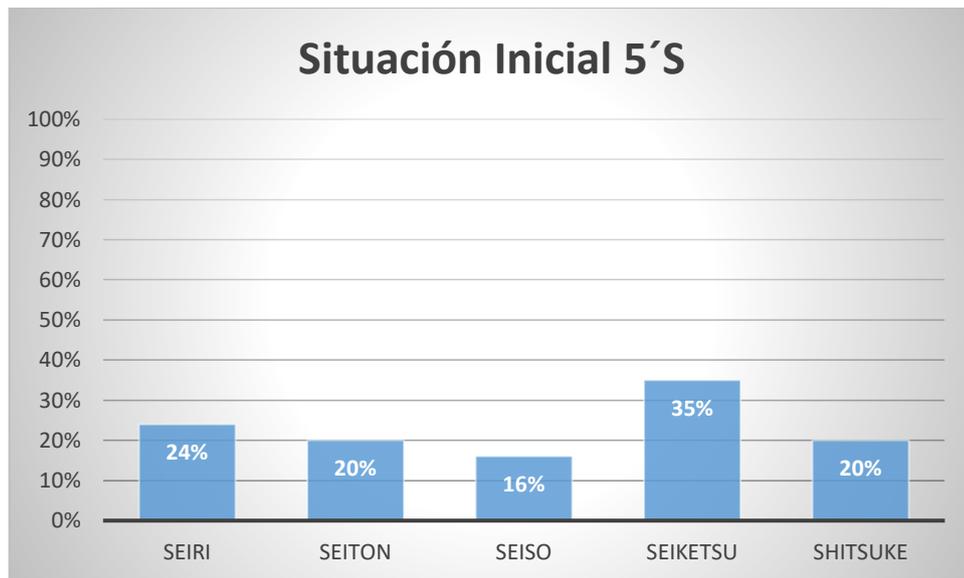
Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

Al realizar la auditoría inicial de los parámetros de cumplimiento 5S (clasificar, organizar, limpieza, estandarizar, autodisciplina), evaluados como resultado tenemos el 22.66%, con ellos podemos concluir que su porcentaje de impacto de las 5S (**ver tabla 8-5**) **ES INSATISFACTORIO.**

**Tabla 6-4:** Porcentaje de impacto de las 5S.

Nivel 5S	Porcentaje
Insatisfactorio	0-30
Por debajo del promedio	31-50
Promedio	51-70
Muy bueno	71-90
Excelente	91-100

Fuente: <https://www.redalyc.org/journal/816/81658967003/html/>



**Figura 17-4:** Situación Inicial 5'S

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

Los factores que influyen en el bajo porcentaje de cumplimiento de las 5'S son: una mala limpieza y organización de las áreas de trabajo como la presencia de elementos innecesarios en dichas áreas, no existe un lugar delimitado para cada cosa o herramientas y tampoco se encuentra en un lugar apropiado para su uso, las áreas de trabajo y de almacenamiento no están delimitadas ni señalizadas, no se maneja un manual de limpieza que cumpla con un porcentaje de impacto aceptable de las 5S.

## **CAPÍTULO V**

### **5. PROPUESTA**

#### **5.1. Redistribución de la planta**

Con la elaboración del diagrama análisis del proceso y diagrama de recorrido de producción de cal, se calculó una distancia de recorrido de **184 metros** los cuales son recorridos muy largos e innecesarios y se concluye que la distribución actual de la planta no es la adecuada por lo que algunas áreas están muy alejadas de recorrido del proceso de la elaboración de cal. Y se propone una redistribución de las áreas en las cuales interviene el recorrido del proceso, **Ver anexo C**. Una vez realizada la distribución de planta y el cálculo del diagrama del análisis del proceso propuesto se puede evidenciar una reducción del recorrido de 184 metros a 34 metros.

## 5.2. Análisis del proceso situación actual

Empresa: Minabradec Cia Ltda				Proceso: Produccion de Cal		Metodo: Actual	Fecha
Departamento: Produccion				Analista: Alexander Quezada		Hoja N° 01	11/7/2022
SIMBOLOS DEL DIAGRAMA				N°	Tiempo en horas	Distancia en metros	Descripcion del Proceso
 Operación	 Transporte	 Almacén	 Operación Combinada				
				1			Almacenamiento de materia prima (piedra caliza).
				1	0,5976	10	Transporte por medio de una excavadora pequeña desde almacenamiento de materia prima hasta área de triturado.
				1	1		Triturado de piedra caliza.
				2	0,5976	15	Transporte por medio de una carretilla desde el área de triturado hacia el área de secado.
				2	2		Secado de piedra caliza.
				1	6		Molido, desbastado y extracción (Mediante molino de martillos y Extractor).
				3	1		Filtrado y separado del material
				2	1,1988		Llenado manual mediante una palanca y pesado en forma manual en una balanza en sacos de 25Kg.
				3	0,2988	3	Transporte desde área de llenado y pesado hacia área de cosido.
				4	1,1988		Cosido manual con cosedora de sacos.
				4	0,083	6	Transporte en palets colocados previamente en montacargas donde se transporta los sacos desde área de cosido hacia área de almacenamiento.
				2			Almacenamiento de producto terminado.
				<b>Total</b>	<b>13,9746</b>	<b>34</b>	
					<b>Horas</b>	<b>Metros</b>	

RESUMEN	
Operación	4
Transporte	4
Almacenaje	2
Actividad combinada	2
<b>Total</b>	<b>12</b>
<b>Tiempo en horas</b>	<b>13,9746</b>
<b>Distancia recorrida</b>	<b>34</b>

15,8057
1,8311

Figura 1-5: Diagrama de análisis del proceso actual.

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

### 5.3. Desarrollo del VSM

Realizada la nueva distribución de planta y el diagrama del análisis propuesto analizaremos el Value Stream Mapping (VSM).

#### 5.3.1. Cálculo del takt time

- **Tiempo disponible.**

En la empresa se ha fijado los siguientes parámetros de tiempo para la jornada laboral diaria:

**Tabla 1-5:** Distribución de tiempos en la empresa.

Descripción	Tiempo (Horas)	Tiempo (minutos)
Preparación para la entrada a su jornada de trabajo.	0.08333	5
Refrigerio	0.08333	5
Preparación para salida de su jornada de trabajo.	0.08333	5
Paras programadas (baño).	0.08333	5
<b>TOTAL</b>	<b>0.33332</b>	<b>20</b>

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

**Tabla 2-5:** Datos cálculo takt time.

Cálculo Tiempo takt	
Días Disponibles	20
Turnos Disponibles	1
Tiempo de jornada de trabajo (horas)	13.9746
Horas disponibles al mes	279.492
Minutos disponibles al mes	16769.52
Demanda Mensual	720
Tiempo disponible de receso (min)	400

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

Tiempo disponible por día de trabajo =  $16769.52 - 400 = 16369.52$  **Minutos.**

Realizada la propuesta de mejora mediante la utilización de la herramienta VSM, se obtuvo la simplificación de un componente del diagrama de procesos pasando del elemento operación a operación combinada, por ende, se obtuvo la reducción de tiempo en la operación de cosido

pasando de 15.8057 horas a 13.9746 horas. Es importante señalar que se analizó el estudio de la metodología para 36 sacos de cal en una jornada laboral.

Una vez realizados los cálculos oportunos, se efectuó el cálculo del tiempo disponible por día de trabajo y el takt time.

- **Takt time**

Es el tiempo en horas y/o minutos que debe durar la ejecución de una operación u operaciones dentro del proceso de un producto.

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Número de unidades producidas}}$$

$$TT = \frac{13.9746}{720\text{sacos}}$$

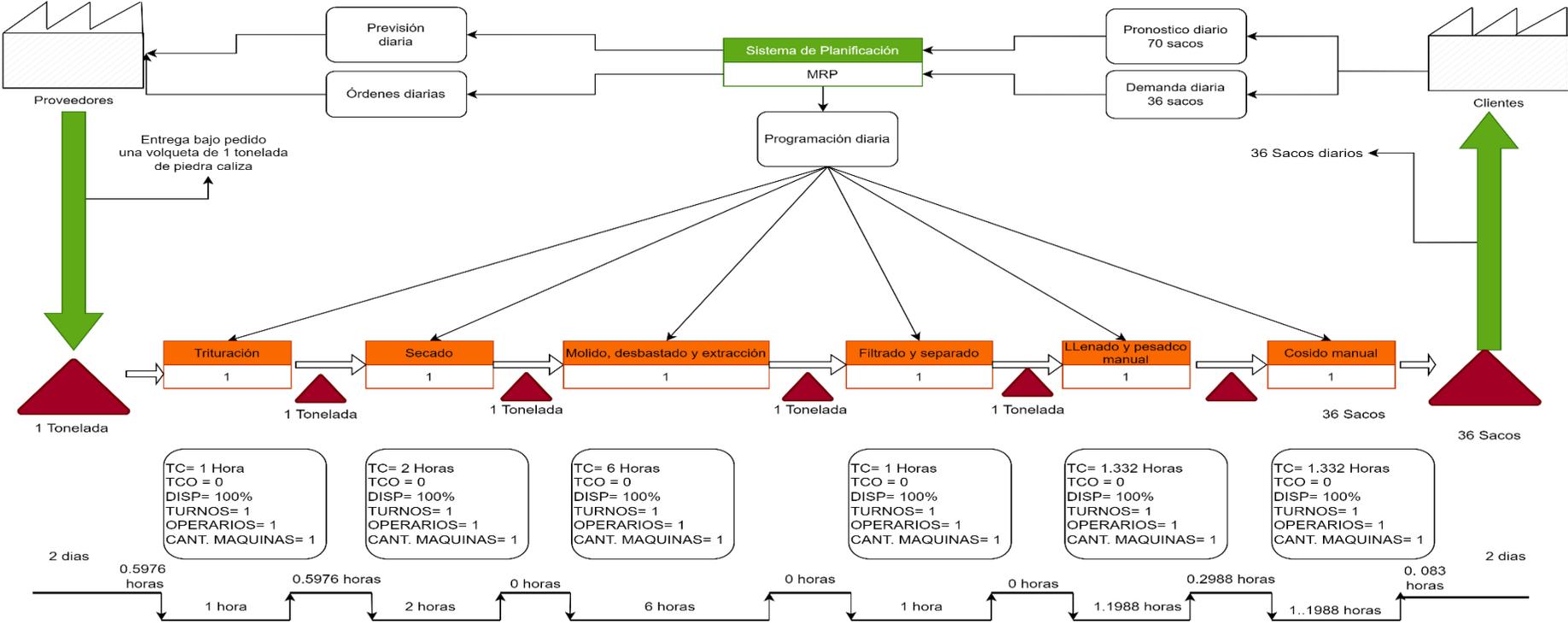
$$TT = 22.74 \text{ min/saco.}$$

Cada 22.74 min la empresa producirá un saco de cal (carbonato de calcio). Este tiempo es el que se manejará en la empresa para satisfacer la demanda del cliente.

### **5.3.2. Realización del mapa VSM propuesto**

Para la elaboración del VSM propuesto, se inició determinando la demanda del cliente para luego proceder al cálculo del “takt time” (rapidez a la cual se debe fabricar un producto).

A continuación, se muestra el VSM.



Tiempo de valor añadido (TVA) = 12.3976 horas  
 Tiempo que no añade valor (TNVA) = 97.577 horas

**Figura 2-5: VSM Actual.**  
 Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

#### 5.4. Análisis de la productividad propuesta.

$$Productividad = \frac{\text{Producción}}{\text{Horas trabajadas}}$$

$$Productividad = \frac{36 \text{ sacos}}{13.9746 \text{ horas}}$$

$$Productividad = 2.576 \text{ sacos/hora.}$$

El cálculo de la productividad indica que la empresa produce 2.576 sacos/hora.

##### 5.4.1 Cálculo de la mejora de la productividad

Productividad situación inicial = **2.278** sacos/hora.

Productividad situación actual = **2.576** sacos/hora.

**Mejora de la productividad** = Productividad actual - Productividad situación inicial

$$\text{Mejora de la productividad} = (2.278 - 2.576) \text{ sacos/hora.}$$

$$\text{Mejora de la productividad} = 0.30 \text{ sacos/hora.}$$

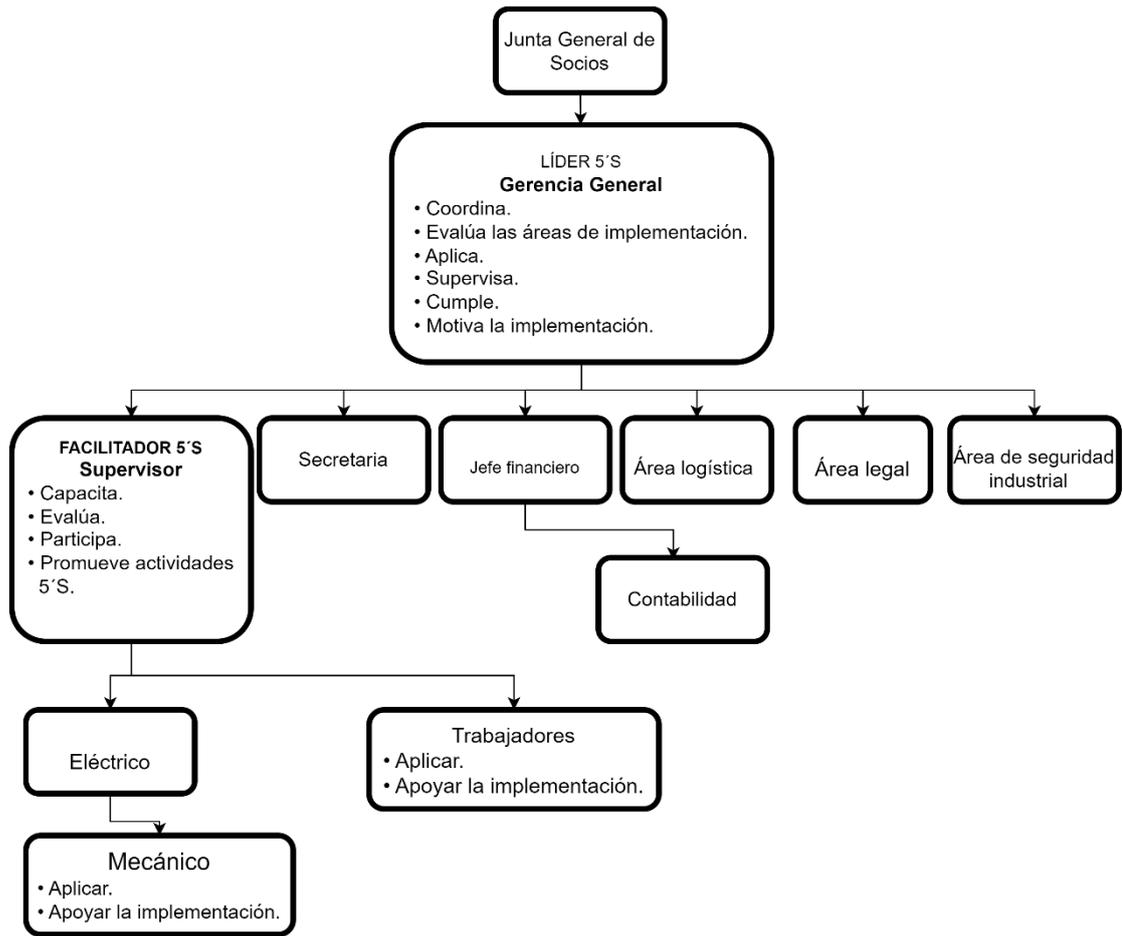
En base a la propuesta realizada se obtuvo una mejora de la productividad de 0.30 sacos/hora, es decir la empresa producirá 4.20 sacos adicional a los 36 sacos de producción que realizaban anteriormente.

#### 5.5. Implementación de la herramienta Lean 5'S

Una vez determinado los desperdicios lean (transportes, movimientos innecesarios y tiempos) ocasionados por la falta de orden y limpieza, se ha llegado a la conclusión que la mejor herramienta para eliminar estos desperdicios es las 5'S.

#### 5.6. Estructura organizacional y funcional de las 5'S

En el establecimiento del organigrama estructural y funcional se designa las funciones y los responsables de implementar la herramienta 5'S, con el de garantizar su sustentabilidad en el futuro.



**Figura 3-5:** Organigrama estructural y funcional de las 5'S.

**Realizado por:** Quezada. Alexander, 2023.

### 5.7. Cronograma de implementación

Las actividades de implementación se van a desarrollar a lo largo de 5 meses, las actividades inician con el análisis de la situación actual.

**Tabla 3-5:** Cronograma de implementación 5'S

ACTIVIDAD	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
	Semana				Semana				Semana				Semana				Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	1	2	1	2	3	4
Análisis de la Situación Actual	■	■																		
Estructura organizacional			■	■																
Lanzamiento de programa					■	■														
Seleccionar							■	■												
Ordenar									■	■										
Limpiar											■	■								
Estandarizar													■	■						
Disciplina															■	■				
Auditorías y análisis de los beneficios																	■	■		
Elaboración del informe final																			■	■

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

### 5.8. Implementación 5'S:

Previo a la implementación de las 5'S se realiza el lanzamiento del programa con el fin de dar a conocer la herramienta lean a todo el personal.

Para lo cual se realizó una pancarta informativa, la misma que se colocó a la entrada de la empresa como se puede observar en la siguiente ilustración.



**Figura 4-5:** Lanzamiento del programa

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

Luego de colocar la pancarta se realizó una reunión en la sala de juntas de la empresa con todo el personal administrativo y de planta; se dio a conocer de manera formal el arranque del proyecto de implementación.

En la reunión el gerente general compartió una corta introducción acerca de la herramienta lean y brindó el compromiso de la empresa para que la implementación se cumpla sin inconvenientes, a continuación, se realizó la capacitación inicial para lo cual se utilizó material didáctico preparado en diapositivas, trípticos y videos.



**Figura 5-5:** Capacitación y entrega de indumentaria al personal de la empresa.

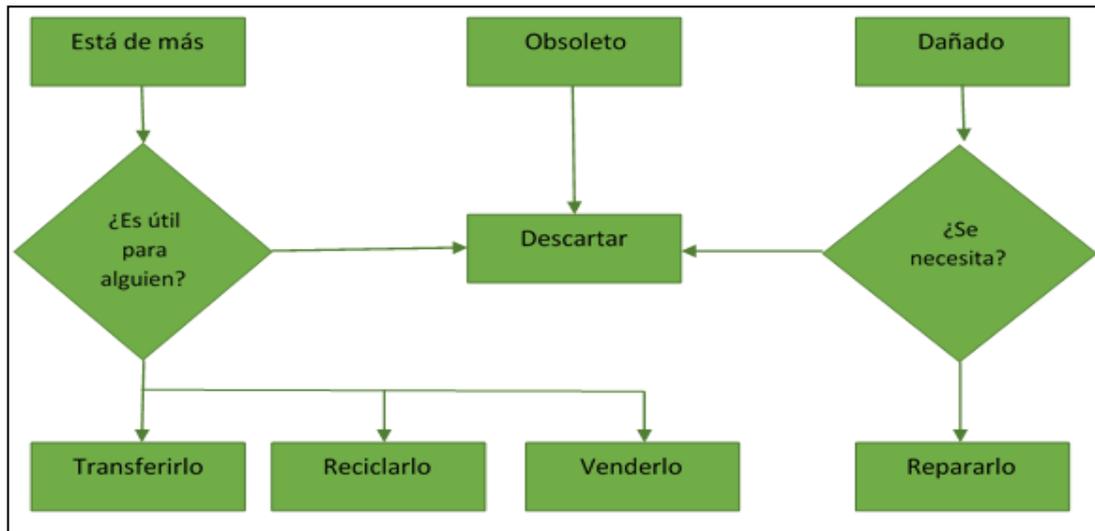
Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

### **5.8.1. Aplicación del Seiri (Seleccionar)**

En el interior de la empresa de producción suelen almacenarse elementos que no son útiles para el proceso, a estos elementos se los conoce como elementos innecesarios. Seiri consiste en eliminar de las áreas de trabajo los elementos innecesarios y mantener dentro del área los elementos que se necesitan. La ubicación correcta en su lugar o área de utilización de dichos elementos innecesarios debe realizarse según su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el fin de agilizar el trabajo.

Para cada área de trabajo, mediante el diálogo con los trabajadores se indaga qué elementos son necesarios y qué elementos son innecesarios. El diálogo se realiza en el puesto de trabajo propio de cada trabajador, se analiza uno a uno el elemento que se localice en el área y se realiza la siguiente pregunta: ¿Es útil para alguien? Si el elemento es innecesario se decide transferirlo a otra área donde no estorbe, reciclarlo en caso de ser posible o venderlo con previa autorización, la última alternativa a más de beneficiar el orden y limpieza puede significar un aporte económico para la empresa.

El procedimiento descrito en el párrafo anterior se resume en la siguiente ilustración.



**Figura 6-5:** Criterios de selección (seiri)

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

#### 5.8.1.1. Elementos necesarios

Cómo se mencionó en el apartado anterior la selección de los elementos necesarios se realiza en conjunto con los operarios mediante el diálogo. Se considera que el elemento es necesario cuando se utiliza con frecuencia en el proceso (una o más veces) pueden ser herramientas o equipos, cuando el elemento aporta a la seguridad al trabajador como los equipos de protección individual, también son elementos necesarios los materiales que se utilicen para el transporte o almacén ocasional del producto, entre otros.

- **Equipos de protección individual o personal**

Algunos trabajadores utilizan guantes, capucha, mandil, mascarilla y botas para su trabajo y en otros casos algunos trabajadores no utilizan los elementos de protección personal necesaria para desempeñar su trabajo y sin ningún tipo de control bajo normas o principios de seguridad. Y la frecuencia de uso de estos elementos es permanente ya que es necesario que los trabajadores estén seguros ante los riesgos que implica el desarrollo de su actividad. Por consiguiente, se les proporciona un listado de elementos de protección personal con sus respectivas normas y beneficios de cada uno de los elementos.



**Figura 7-5:** Elementos de protección personal

**Realizado por:** Quezada. Alexander, 2023.

**Tabla 4-5:** Selección de elementos de protección personal

Denominación	Norma	Elemento	Veneficios	Imagen
Protección para pies.	INEN 1926 (Calzado de trabajo y de seguridad).	Botas de caucho clase B, botín tipo 2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Previene riesgos específicos de impacto.</li> <li>• Disminuye lesiones</li> <li>• Disminuye el riesgo de fuertes golpes con materiales pesados o materiales en el suelo.</li> </ul>	
Protección para manos.	NTE INEN-ISO 10819 (Vibraciones mecánicas y choques. Vibraciones mano-brazo. Método para la medida y evaluación de la transmisibilidad de la vibración por los guantes a la palma de la mano)	Guantes G40	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son muy flexibles para la maniobrabilidad de cualquier tipo de material, como maquinaria, herramientas, sacos en nuestro caso y cualquier tipo de objeto a utilizar.</li> </ul>	

<p>Ropa de protección.</p>	<p>NTP 769 (Relativa a requisitos generales de ropa de protección)</p>	<p>Pantalón y camisa de mezclilla industrial</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es resistente, ideal para oficios o labores de gran intensidad, lo cual ayuda a que tenga larga duración.</li> <li>• No se ensucia fácilmente, gracias al color oscuro se puede exponer a ambientes muy pesados.</li> <li>• El pantalón de mezclilla industrial brinda comodidad y seguridad al empleado.</li> </ul>	
<p>Protección respiratoria</p>	<p>INEN 2924 (equipos de protección respiratoria mascarillas de protección contra partículas)</p>	<p>Mascarilla 3M 6200 + cartuchos 6003</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para trabajos de pulido, barrido, embolsado u otros trabajos en los cuales se produce polvos o cualquier otro tipo de residuos que pueden ser llevados por el viento.</li> </ul>	

<p>Protección visual</p>	<p>NTE 3125 INEN (protectores oculares individuales. Requisitos y métodos de ensayo)</p>	<p>Monogafas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección frente a impactos</li> <li>• Protección frente a la penetración de partículas de polvo grueso</li> <li>• Protección frente a la penetración de partículas de polvo fino y gases</li> <li>• Protección frente a las salpicaduras de líquidos</li> <li>• Protección frente a la penetración de gotas de líquidos</li> </ul>	
<p>Protección para la cabeza.</p>	<p>NTE 146:2013 INEN (cascos de seguridad para uso industrial)</p>	<p>Capucha de tela jean</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brinda la seguridad de toda la cabeza contra el ingreso de polvo o cualquier otro tipo de material.</li> </ul>	

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

- **Máquinas y herramientas.**

Las máquinas y herramientas de uso frecuente son:

**Tabla 5-5: Máquinas y herramientas**

<b>Maquina o herramienta.</b>	<b>Descripción:</b>	<b>Imagen:</b>
Excavadora pequeña	Utilizada para transportar materia prima (Piedra caliza) desde el área de almacenamiento hasta el área de triturado.	
Carretilla manual	Utilizada para transportar material ya triturado hacia el área de secado.	
Pallets	Utilizados para transportar varios sacos de cal de 25kg.	
Montacargas pequeño	Utilizado para transportar los pallets hasta el área de almacenamiento de producto terminado.	

Cosedora de sacos	Utilizada para coser los sacos de cal.	
Balanza	Utilizada para el pesado de sacos de cal.	
Sacos (capacidad 25 kg).	Utilizados para ser llenados de cal.	

**Realizado por:** Quezada. Alexander, 2023.

### 5.8.1.2. Elementos innecesarios

Una vez establecidos los elementos necesarios se realiza una inspección de los puestos de trabajo junto con los trabajadores con el fin de identificar los elementos innecesarios. Todo elemento que no conste en las tablas de elementos necesarios se considera innecesario para el proceso de producción de cal.

Un elemento que no se utilice y sea innecesario para el proceso de producción no quiere decir que no se lo usa para alguna otra actividad en la empresa (por ejemplo para la limpieza), por tal motivo no se desecha todos los elementos innecesarios encontrados en ocasiones solo se los debe transferir a otra área, aquí radica la importancia del trabajo conjunto de los trabajadores ya que

gracias a ellos podemos determinar que elemento innecesario no se debe desechar porque es importante para la empresa.

En la inspección de los elementos innecesarios se han identificado los siguientes elementos:

- **Equipos de protección personal**

En las áreas de trabajo se encontraron ropa, gorras, zapatillas que no tenían nada que ver con los equipos que son necesarios para el proceso. Por el motivo es importante que este tipo de elementos sean guardados previamente, puede ser en lugares designados para el almacenamiento de cosas personales del operario.

- **Plásticos, baldes**

De igual manera los plásticos y baldes que colocan en lugares donde obstaculicen el paso del personal y ocasiones una desorganización de la are de trabajo deben ser llevados a una are designada para dicho elemento.

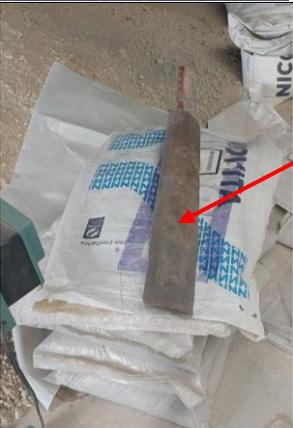
- **Productos para la limpieza.**

Se encontraron escobas, envases vacíos de productos de limpieza, guaipe en sitios que obstaculizan la libre circulación en el interior de la zona de almacenamiento de producto terminado limpieza se realiza al final de la jornada de trabajo, no es necesario almacenar estos elementos en los puestos de trabajo durante el proceso, por lo cual se asignará un área para colocar estos elementos.

El supervisor de la empresa debe realizar una inspección y un informe de los elementos innecesarios identificados cada semana o cada mes, con el fin de manejar un registro. En el informe se detalla fecha de realización de la inspección y del informe, descripción, ubicación y cantidad del elemento innecesario y la acción que se realizó para retirar este elemento del área de trabajo. El mismo que será revisado y aprobado por el gerente.

**Tabla 6-5:** Formato para el registro de elementos innecesarios

		<b>REGISTRO DE “ELEMENTOS INNECESARIOS”</b>				<b>Código</b>
						<b>5°S-Ins-001</b>
						<b>Revisión</b>
						<b>0</b>
						<b>N° de pág.</b>
		<b>00</b>				
<b>N°</b>	<b>Fecha</b>	<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Acción</b>
1	10/10/2022		Balde de metal	Zona de llenado	1	Reubicación del balde de metal en zona de almacenamiento de chatarra.
1	10/10/2022		Plástico	Zona de llenado	1	Reubicación del material plástico a zona de almacenamiento de chatarra.

1	10/10/2022		Mesa	Paso de montacargas con sacos de cal.	1	Reubicación de la mesa a zona de chatarra
1	10/10/2022		Tubo	Zona de almacenamiento de producto terminado	1	Reubicación de tubo o tubos a zona de chatarra.

1	10/10/2022				Extensión eléctrica de luz	Zona de almacenamiento de producto terminado	1	Reubicación a zona de almacenamiento de productos varios.
1	10/10/2022				Tronco de madera	Zona de molido	1	Reubicación a zona de chatarra.

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

### 5.8.2. Aplicación del Seiton (Ordenar)

Una vez identificado los elementos necesarios se debe ordenarlos en el puesto de trabajo, de esta forma se cumple el fundamento del seiton “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. Con la aplicación del seiton se reduce el esfuerzo, los movimientos innecesarios y el tiempo de búsqueda de los elementos.



**Figura 8-5:** Reglas básicas para ordenar

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

- Con el fin de delimitar los espacios de trabajo se señalizó, las zonas de circulación y las áreas donde el proceso toma su línea de producción, esto realza la presentación visual de la empresa proyectando una imagen de orden y limpieza. Con esto se logra que los trabajadores sepan en dónde y hasta dónde pueden trabajar.

#### 5.8.2.1. Señalización de las áreas de trabajo

La señalización de las áreas de trabajo se realizó con pintura de color amarillo y negro y con cinta de señalización en algunos casos. Se delimita el contorno de los puestos de trabajo a una distancia de 80 cm a 1 metro de las partes más salientes de las máquinas, equipos o lugares de trabajo **(según lo establecido en el artículo 74 del decreto 2393)**.

El color de la señalética está regulado por la norma técnica ecuatoriana **NTE INEN-ISO 3864-1:2013** referente a símbolos gráficos, colores, señales de seguridad.

**Tabla 7-5:** Señalización de áreas y lugares de trabajo

Área o lugar de trabajo	Descripción	Imágenes
<p>Área de almacén de materia prima.</p>	<p>Esta área es destinada para el almacenamiento de la piedra caliza, para evitar el mal uso del espacio se procedió a delimitar el espacio necesario para su almacenamiento y manejo.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p> 
		<p style="text-align: center;"><b>Después</b></p> 
<p>Área de triturado</p>	<p>Esta área es destinada para la trituración de la piedra caliza, se señaló el espacio necesario alrededor de la máquina para la movilización necesaria del operario.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p> 
		<p style="text-align: center;"><b>Después</b></p> 

<p><b>Área de secado</b></p>	<p>En esta área el material ya triturado es almacenado en un tubo para su secado.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Después</b></p> 
<p><b>Área de llenado</b></p>	<p>Área destinada para el llenado de saco con cal.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Después</b></p> 

<p><b>Área de pesado</b></p>	<p>Área designada para pesado de sacos, se procedió a delimitar el área de trabajo y señalar el área respectivamente.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Después</b></p> 
<p><b>Área de cosido</b></p>	<p>Se destino una mejor área para el cosido, juntamente con una adecuación de la máquina de cosido para su mejor uso y desenvolvimiento del trabajador.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p> 

		<p style="text-align: center;"><b>Después</b></p> 
<p><b>Área de molido</b></p>	<p>Se procedió a la señalización del área o puesto de trabajo.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Después</b></p> 

<b>Área de almacenamiento de producto terminado</b>	Se delimito y señalizó toda el área y se puso un letrero del área respectiva.	<b>Antes</b>
		
		<b>Después</b>
		
		

<p><b>Personal de la empresa.</b></p>	<p>Se les entrego una muestra de toda la indumentaria normada mencionada anteriormente para el tipo de trabajo que realizan.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Antes</b></p> 
		<p style="text-align: center;"><b>Después</b></p> 

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

**Tabla 8-5:** Auditoria después de la aplicación 5 S.

	<b>AUDITORÍA 5'S</b>	
	<b>Auditor:</b> Alexander Quezada <b>Área auditada:</b> Planta de producción.	
<b>Criterios de Evaluación</b>		
<b>0=Muy deficiente    1=Deficiente    2=Regular    3=Bueno    4=Muy bueno    5=Excelente</b>		
<b>SEIRI – Clasificar: "Mantener solo lo necesario"</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>	<b>Comentarios y notas para el siguiente nivel de mejora</b>
¿Hay cosas inútiles que pueden molestar en el entorno de trabajo?  Área de almacén de materia prima	4	Ya no se evidencia materiales innecesarios para esta área.
¿Hay materias primas, semielaborados o residuos no necesarios en el entorno de trabajo?  Área de almacén de materia prima	4	Salvo algunas hiervas o montes que no podemos controlar que aparecen por la materia prima acumulada ya no existe materiales extraños a la materia prima.
¿Están los objetos, de uso frecuente, ordenados en su ubicación y correctamente identificados en el entorno laboral?	4	Materiales ajenos al proceso se eliminó de dichos lugares.

 <p>Área de llenado, extracción y pesado.</p>		
<p>¿Están todos los elementos de limpieza: trapos, escobas, guantes, productos en su ubicación y correctamente identificados?</p>  <p>Elementos de limpieza.</p>	<p>4</p>	<p>Ahora ya tienen un lugar destinado con su respectiva delimitación de su zona de almacenamiento todos los materiales de limpieza.</p>
<p>¿Están los elementos innecesarios identificados como tal?</p> 	<p>3</p>	<p>Ubicación en un lugar alejado a los procesos de producción.</p>

<b>Suma</b>	<b>19</b>	
<b>SEITON – Organizar: "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar"</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>	<b>Comentarios y notas para el siguiente nivel de mejora</b>
<p>¿Hay materiales y/o herramientas fuera de su lugar o carecen de lugar asignado?</p>  <p>Área de pesad.</p>	4	El material o máquina está en su área de trabajo.
<p>¿Son necesarias todas las herramientas disponibles y fácilmente identificables?</p> 	4	Todo tipo de herramientas de uso están en su lugar de trabajo.
<p>¿Hay líneas u otros marcadores para indicar claramente los pasillos y áreas de almacenamiento?</p>	4	Delimitación de áreas con líneas de seguridad.

 <p>Área de almacén producto terminado</p>		
<p><b>Suma</b></p>	<p><b>12</b></p>	
<p><b>SEISO – Limpieza: "Un área de trabajo impecable"</b></p>		
<p><b>Descripción</b></p>	<p><b>Calificación</b></p>	<p><b>Comentarios y notas para el siguiente nivel de mejora</b></p>
<p>¿Revisa cuidadosamente el suelo, los pasos de acceso y los alrededores de los equipos! ¿Puedes encontrar manchas de aceite, polvo o residuos?</p>  <p>Área del molino de martillos</p>	<p>4</p>	<p>Todo tipo de objetos ajenos a la producción fueron retirados y una limpieza al final de su jornada de trabajo establecido.</p>
<p>¿Hay partes de las máquinas o equipos sucios? ¿Puedes encontrar manchas de aceite, polvo o residuos?</p>	<p>3</p>	<p>En la máquina filtro de mangas se puede evidenciar suciedad por polvo o residuo de material, los cuales son tratados o limpiados al finalizar su jornada de trabajo.</p>

		
<p>¿Se realizan periódicamente tareas de limpieza juntamente con el mantenimiento de la planta?</p>	3	Limpieza de su lugar de trabajo por parte del operario al finalizar su jornada laboral
<p>¿Existe una persona o equipo de personas responsable de supervisar las operaciones de limpieza?</p>	4	El supervisor hace una supervisión por área de trabajo al finalizar la jornada de trabajo.
<p>¿Se barre y limpia el suelo y los equipos normalmente sin ser dicho?</p>	4	Se barre la zona de trabajo al finalizar su jornada laboral por el operador.
<p><b>Suma</b></p>	<p><b>18</b></p>	
<p><b>SEIKETSU - Estandarizar "Todo siempre igual"</b></p>		
<p><b>Descripción</b></p>	<p><b>Calificación</b></p>	<p><b>Comentarios y notas para el siguiente nivel de mejora</b></p>
<p>¿El personal conoce y realiza la operación de forma adecuada?</p>	4	El operador realiza su operación de forma más ordenada y adecuada, después de las capacitaciones recibidas.
<p>¿Se aplican las 3 primeras "S"?</p>	4	En todas las áreas se cumplen las reglas o parámetros de las tres primeras S.
<p>¿Se aplica el CONTROL VISUAL?</p>	5	Con la implementación de las 5S ahora el

		<p>personal cuenta con Monogafas para su protección visual ante cualquier tipo de polvo o sustancia que perjudique la vista.</p>
<p>¿Existen procedimientos escritos estándar y se utilizan activamente?</p>	<p>4</p>	<p>Con las capacitaciones de las 5S, existen procedimientos de como desenvolverse en su lugar de trabajo y estándares de limpieza de su zona.</p>
<p><b>Suma</b></p>	<p><b>17</b></p>	
<p><b>SHITSUKE– Autodisciplina: "Seguir las reglas y ser consistente"</b></p>		
<p><b>Descripción</b></p>	<p><b>Calificación</b></p>	<p><b>Comentarios y notas para el siguiente nivel de mejora</b></p>
<p>¿Se realiza un control de limpieza?</p> 	<p>4</p>	<p>Con la implementación de un lugar donde todas las herramientas de limpieza poseen un plan de limpieza de su área de trabajo.</p>
<p>¿Se realizan los informes de auditoría correctamente y a su debido tiempo?</p>	<p>0</p>	<p>No poseen plan de informes de tareas se recomienda realizar los informes según la exigencia de la empresa.</p>

¿Se aplican las cuatro primeras “S”?	4	En todas las áreas se aplica las 4S.			
¿El personal conoce las 5´¿S, ha recibido capacitación al respecto?	5	El personal tiene el conocimiento y manejo de las 5S.			
¿Se aplica la cultura de las 5´S, ¿se practican continuamente los principios de clasificación, orden y limpieza?	5	El personal aplica sus conocimientos obtenidos en las capacitaciones impartidas de las 5S.			
¿Se utiliza el uniforme reglamentario, así como el material de protección diario para las actividades que se llevan a cabo? 	5	El personal ahora ya posee toda la indumentaria de protección diaria para realizar sus actividades de forma correcta y segura.			
<b>Suma</b>	<b>23</b>				
<b>Puntos posibles (pp)</b>	<b>115</b>	<b>Puntos obtenidos (po)</b>	<b>89</b>	<b>Calificación (po/pp) x100</b>	<b>78 %</b>

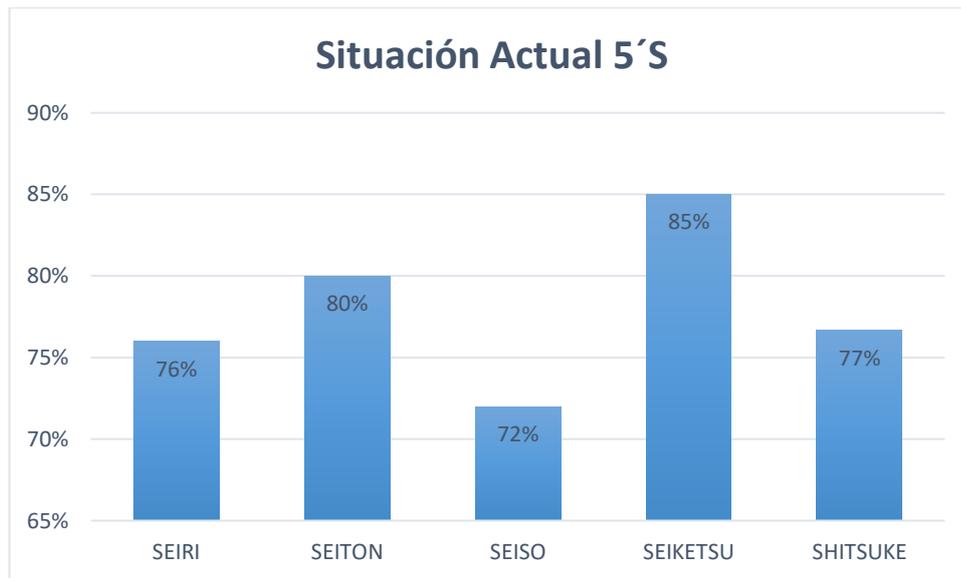
Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

**Tabla 9-5:** Porcentaje de impacto de las 5S.

Nivel 5S	Porcentaje
Insatisfactorio	0-30
Por debajo del promedio	31-50
Promedio	51-70
Muy bueno	71-90
Excelente	91-100

Fuente: <https://www.redalyc.org/journal/816/81658967003/html/>

El resultado de la auditoría final después de la aplicación de los parámetros de cumplimiento 5S (clasificar, organizar, limpieza, estandarizar, autodisciplina), es del **78 %** el impacto de cumplimiento **ES MUY BUENO**.



**Figura 9-5:** Situación actual 5´S

**Realizado por:** Quezada. Alexander, 2023.

### 5.9. Delimitación de áreas de trabajo propuesto

Con la elaboración del diagrama análisis del proceso y diagrama de recorrido de producción de cal se propone una redistribución de las áreas en las cuales interviene el recorrido del proceso, **Ver anexo C.**

Las mismas que fueron delimitadas con pintura y en algunos lugares con cinta delimitadora amarilla y negra, para su futura reubicación de las áreas de trabajo que influyen en el proceso de producción de cal.

**Tabla 10-5:** Delimitación de áreas

<b>Delimitación de áreas para futura redistribución.</b>	
	
	<p><b>Área de filtrado Llenado Y pesado</b></p>
	<p><b>Área de cosido</b></p>



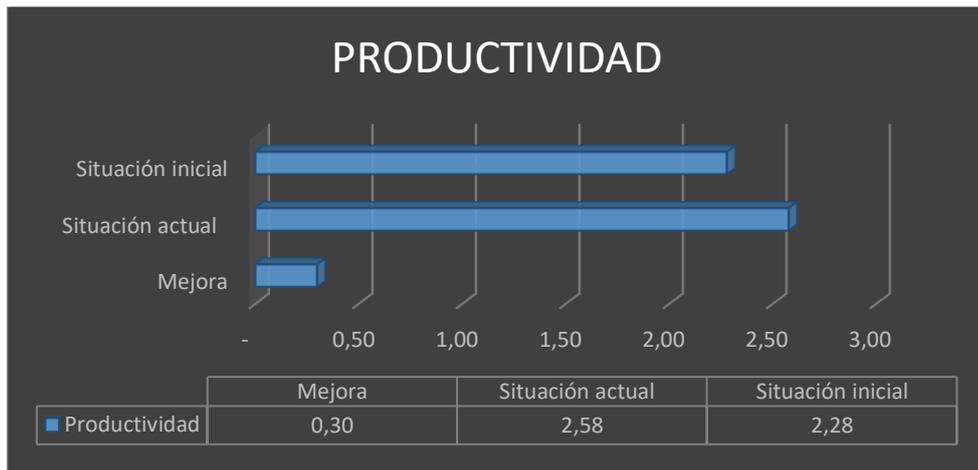
**Área de almacenamiento de producto terminado.**

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

### 5.10 Verificación de la hipótesis planteada.

Al término de este estudio se realizó la comparación entre la situación inicial y la situación actual. A continuación, se muestran los siguientes indicadores realizados:

#### 5.10.1 Productividad

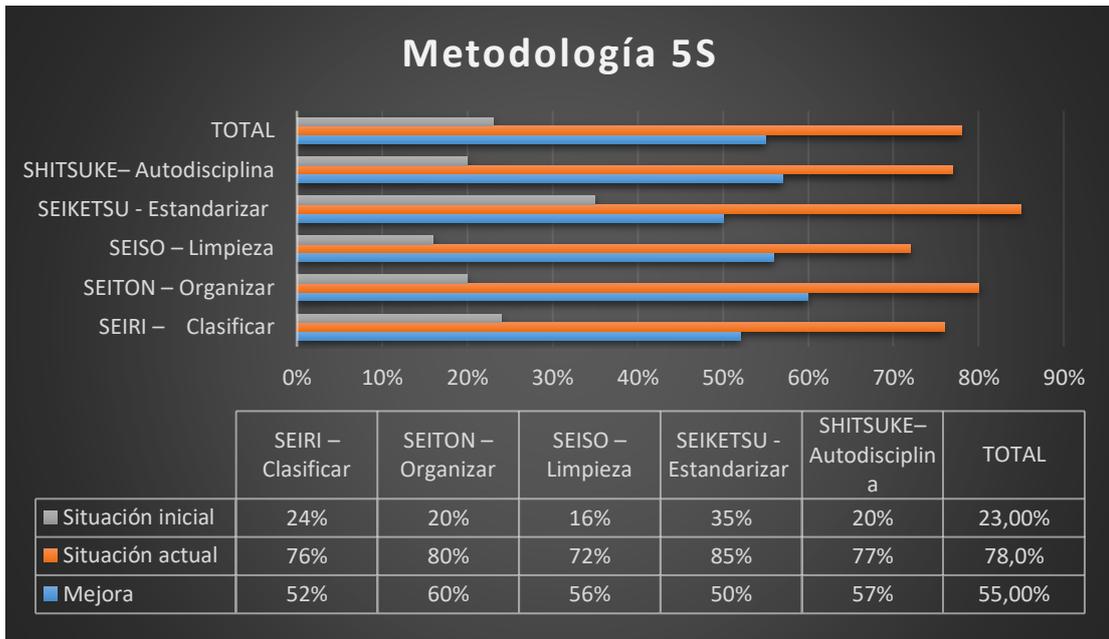


**Figura 10-5:** Situación inicial vs actual - productividad

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

Con la metodología lean manufacturing aplicada se obtuvo una mejora de la productividad de un **0.30 sacos/hora.**

#### 5.10.2 Metodología 5S´

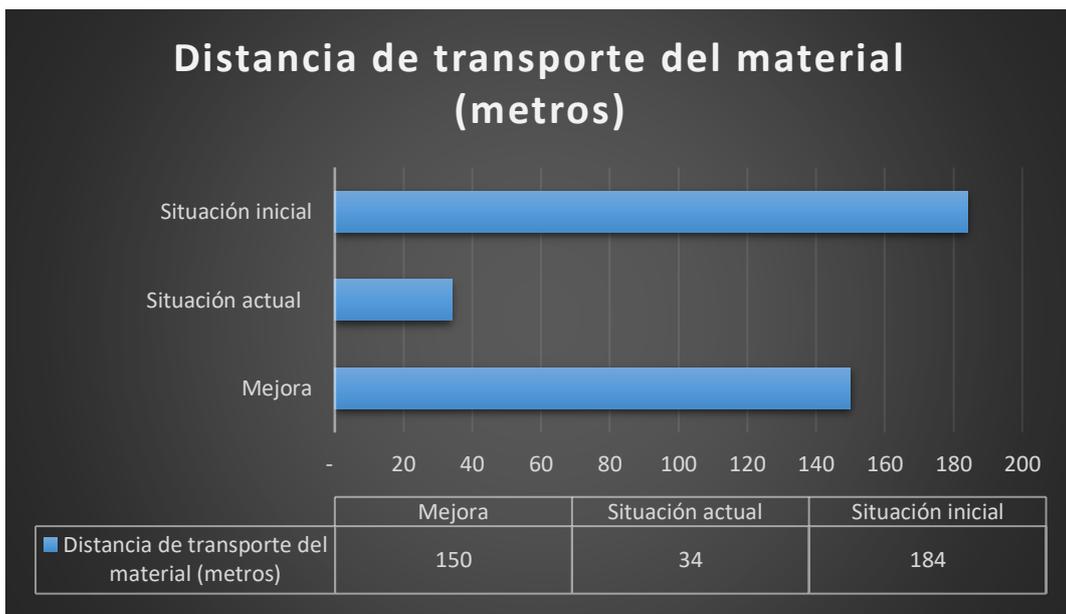


**Figura 11-5:** Situación inicial vs actual – 5S´

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

Con la aplicación de la metodología 5S aplicada se obtuvo una mejora, pasando de 23% en la situación inicial a 78% en la situación actual, incrementando 55% total de los 5 parámetros analizados.

### 5.10.3 Distancia de transporte de material



**Figura 12-5:** Situación inicial vs actual – recorrido

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

Con la propuesta de redistribución de la planta se puede evidenciar en los diagramas de recorrido (**Ver anexo B**), diagrama de análisis del proceso propuesto (**ver ilustración 1-5**) y en la simulación realizada en SolidWorks que la distancia disminuye considerablemente en 150 metros.

Al término de este estudio se ha logrado visualizar como las diferentes variables propuestas inciden sobre la productividad de la línea de producción de cal, con las mejoras realizadas y la aplicación de la metodología lean manufacturing, obteniendo un incremento en el porcentaje de productividad, un aumento en el porcentaje de cumplimiento de los parámetros 5S , además se planificó la implementación de la nueva distribución de la planta propuesta para mejoras futuras en su producción, con ello se acepta la hipótesis planteada, por ende la aplicación de la metodología lean manufacturing permitió el incremento de la productividad de la línea de producción de cal.

### **5.11 Comprobación de hipótesis.**

Para la comprobación de la hipótesis se utilizó la prueba estadística T pareada, porque se analizó la variable productividad en la situación inicial y la misma variable una vez implementada la metodología lean manufacturing en la empresa, para determinar la existencia de diferencias significativas de este indicador haciendo uso de esta metodología.

#### **Variable dependiente**

- Productividad

#### **Variable independiente**

- Herramienta lean manufacturing.

La tabla que se muestra a continuación hace referencia al registro de productividad en un intervalo de 2 semanas laborables antes de la implementación de las herramientas lean manufacturing, así como el registro de la productividad después de la implementación de las herramientas de calidad en la empresa.

**Tabla 11-5:** Registro de productividad situación inicial vs actual

<b>Productividad</b>	<b>Situación inicial</b> (sacos / hora)	<b>Situación actual</b> (sacos / hora)
<b>Día 1</b>	2,28	2,58

<b>Día 2</b>	2,01	2,55
<b>Día 3</b>	2,15	2,59
<b>Día 4</b>	2,02	2,60
<b>Día 5</b>	2,05	2,50
<b>Día 6</b>	2,12	2,54
<b>Día 7</b>	2,00	2,56
<b>Día 8</b>	2,16	2,53
<b>Día 9</b>	2,02	2,57
<b>Día 10</b>	2,03	2,56

Realizado por: Quezada. Alexander, 2023.

Fuente: Quezada. Alexander, 2023.

### Desarrollo:

**Hipótesis Nula:** La aplicación de la metodología lean manufacturing no incrementa la productividad de la línea de producción de cal, es decir no existe diferencia significativa.

**Ho:**  $U_A=0$

**Hipótesis alternativa:** La aplicación de la metodología lean manufacturing mejora la productividad de la línea de producción de cal, existe diferencia significativa.

**Hi:**  $U_A \neq 0$

## IC y Prueba T pareada: S. INICIAL; S. ACTUAL

### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
S. INICIAL	10	2,0840	0,0911	0,0288
S. ACTUAL	10	2,5580	0,0297	0,0094

### Estimación de la diferencia pareada

Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para la diferencia_μ
-0,4740	0,0929	0,0294	(-0,5404; -0,4076)

diferencia\_μ: media de (S. INICIAL - S. ACTUAL)

Prueba	
Hipótesis nula	$H_0: \text{diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
Valor T	Valor p
-16,14	0,000

**Figura 13-5.** Prueba T pareada - Minitab

**Realizado por:** Alexander Quezada, 2023

**Interpretación:** Los resultados de la prueba estadística T pareada en la cual que se comparó la productividad antes y después de la implementación de la metodología lean manufacturing, muestra que el nivel de confianza de los datos es igual al 95%, de igual manera al obtener un valor negativo del valor T no se acepta la hipótesis nula porque existe una diferencia significativa del mismo modo como el valor estadístico (p- value) es menor que el nivel de significancia alfa (0,05) rechazamos la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de trabajo, concluyendo que la aplicación de la metodología lean manufacturing mejora la productividad de la línea de producción de cal, por tanto existe un incremento en este indicador , validando de esta manera el desarrollo del trabajo de titulación propuesto mediante el incremento de productividad en la organización.

## CONCLUSIONES

- La recolección de la información de los procesos de producción de cal de la empresa, fue ejecutado mediante la aplicación de las herramientas: VSM, diagrama de proceso, diagrama de recorrido, diagrama análisis del proceso, evaluación de los parámetros 5S, se recolectó toda la información importante del proceso de producción donde la situación inicial del análisis del proceso de producción de cal se evaluó mediante el lead time es igual a 15.8057 horas, el takt time es de 25.79min/sacos de cal y una productividad de 2.278 sacos/hora.
- La identificación de los problemas que influyen en la demora de la producción fue ejecutada bajo los parámetros utilizados para la recolección de información sobre el proceso de producción, en el cual se determinó el principal problema que presenta la producción, existiendo transportes muy largos del material, falta de identificación y señalización de las áreas o puestos de trabajo, juntamente con una mala cultura de limpieza y organización en dichas áreas.
- El desarrollo de la metodología de mejoramiento del proceso mediante lean manufacturing en la producción de cal, fue ejecutado mediante el plan de acción 5´S, en el cual se mitigó los siguientes factores: aspecto sucio de la planta, máquinas, instalaciones, herramientas, etc.; desorden, herramientas sueltas, sacos de cal a la deriva, etc. Uso inadecuado de equipos de protección personal y en algunos casos falta de indumentaria en equipos de trabajo, movimientos de transporte innecesarios, la falta de delimitación en almacenes de productos terminados y la falta de señalización de las áreas de trabajo, porque se determinó que el porcentaje de cumplimiento de esta herramienta es Insatisfactorio con un 22.61%.
- La evaluación de la metodología propuesta a través de una prueba piloto para la mejora del nuevo modelo del proceso producción planteado, muestra la implementación del VSM y la 5´S las mismas que elevaron los porcentajes de cumplimiento del seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke a un promedio del 78% (MUY BUENO), en la cual se mejoró la productividad en 0,30 sacos/hora, es decir se aumentó 4.20 sacos en la producción de la jornada laboral actual, validando la hipótesis alternativa, además se obtuvo la reducción de distancias pasando de 184 metros de recorrido a un nuevo recorrido de 34 metros durante todo el proceso, donde las distancias son cortas en traslado del material y los movimientos de los trabajadores no serán repetitivos.

## RECOMENDACIONES

- Partiendo de un principio de mejora continua se recomienda mediante el uso del VSM analizar periódicamente la situación actual del proceso de producción con el fin de determinar desperdicios lean futuros.
- Aplicar auditorías periódicas para garantizar el cumplimiento de la herramienta 5´S implementada. Se recomienda que las auditorías las realice una persona que cuente con los requisitos de idoneidad, conocimiento y experiencia en la aplicación de herramientas lean manufacturing.
- Al instante de implementar las 5´S es conveniente determinar los agentes que permitan actuar sobre la motivación del personal para emplearlos como instrumentos que promuevan el desarrollo del programa.
- Planificar la implementación de la nueva distribución de la planta propuesta para mejoras futuras en su producción.
- Es deber del empresario implementar un sistema de motivación laboral que incentive al trabajador a cumplir con las 5´S, el incentivo puede ser económico como también se puede entregar certificados y otro tipo de reconocimientos. Además, en la política de calidad se puede mencionar como un objetivo manejar procesos limpios mediante la implementación 5´S.

## GLOSARIO

- **Calidad impulsada por el cliente:** “la totalidad de los rasgos y características de un producto o servicio en que se sustenta su capacidad para satisfacer determinadas necesidades”. Esta definición depende en gran medida de los enfoques basados en el producto y el usuario y es impulsada por la necesidad de dar valor agregado a los clientes y, por tanto, influir en la satisfacción y la preferencia. (Evans & Lindsay, 2014, p. 17)
- **Calidad total:** Compromiso con la mejora de la empresa en términos de hacer las “cosas bien y a la primera”, para alcanzar la plena satisfacción del cliente, tanto interno como externo. La calidad total se logra a través de mediciones constantes y esfuerzo continuo de mejora. (Hernández & Vizán, 2013, p. 158)
- **Despilfarro:** Actividades que consumen tiempo, recursos y espacio, pero no contribuyen a satisfacer las necesidades del cliente. (Castro, 2019, p. 56)
- **Defectos:** Producto o servicio que se desvía de las especificaciones o no satisface las expectativas del cliente, incluyendo los aspectos relativos a seguridad. (Proaño Villavicencio et al., 2017, p. 54)
- **Estandarización:** Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para hacer las cosas. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera organizada y ordenada, sistematizar o estandarizar un proceso asegura unos efectos perdurables. (Hernández & Vizán 2013, p.34)
- **Tiempo de respuesta:** Es el tiempo total que un cliente tiene que esperar para recibir un producto desde el momento que cursó la orden de compra. (Castro, 2019, p. 43)

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ARIAS, F.**, 2012. *El proyecto de investigación (Introducción a la metodología científica)*. 6. S.l.: Episteme. ISBN 980-07-8529-9.

**BAUTISTA A. & MENDOZA.** Estrategias de desarrollo para la empresa Cal del Centro S.A.C. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad del Pacífico. Guayaquil, Ecuador 2015. P.25. [Consulta: 08 de noviembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/1653>

**BENAVIDES M,** La productividad [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España, 2019. P.18. [Consulta: 08 de noviembre 2022]. Disponible en: [https://core.ac.uk/display/290002989?utm\\_source=pdf&utm\\_medium=banner&utm\\_campaign=pdf-decoration-v1](https://core.ac.uk/display/290002989?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1)

**CASTRO, T.** Perspectiva para la mejora del servicio al cliente en las empresas públicas de la ciudad de Guayaquil. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil, Ecuador, 2019. P.45. [Consulta: 11 de noviembre 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17454/1/UPS-GT002690.pdf>

**DELSOL, S.** Productividad ¿Qué es? ¿Cómo funciona? (2020). [En línea] Disponible en: <https://www.sdelsol.com/glosario/productividad/>

**EVANS, J., & LINDSAY.** *Administración y control de la calidad*, (9.<sup>a</sup> ed.). (2014).

**FONTALVO HERRERA; et al.** La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión Empresarial*, 16(1), 47-60. (2018). [En línea] Disponible en: <https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1375>

**HERNÁNDEZ, J., & VIZÁN, A.** (2013). *Lean manufacturing. Concepto, técnicas e implantación*. [En línea], [Consulta: 19 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/78202/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>

**HERNÁNDEZ S; et al.** *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill. 5 edición. 2014. pp105-110.

**MASAPANTA, M. R.** Análisis de despilfarros mediante la técnica Value Stream Mapping (VSM) en la fábrica de calzado Lenical [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador, 2014. P.30. [Consulta: 19 de diciembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20654>

**MATÍAS, J., & IDOPE, A.** (2013). *Lean manufacturing. Concepto, técnicas e implantación*. [En línea], [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>

**MÉNDEZ R. E.** (2008). *La investigación en la era de la información: Guía para realizar la bibliografía y fichas de trabajo* (1.<sup>a</sup> ed.). Trillas. [En línea], [Consulta: 24 diciembre 2022]. Disponible en: [http://biblioteca.unach.edu.ec/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=14030](http://biblioteca.unach.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=14030)

**MOLINA ARIAS, M.** ¿Qué significa realmente el valor de p? *Pediatría Atención Primaria*, 19(76), 377-381. (2017). [En línea] Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1139-76322017000500014&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1139-76322017000500014&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

**PIÑERO, E. A., et al.** (2018). Programa 5S's para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, VI (20), 99-110. [En línea], [Consulta: 24 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/2150/215057003009/>

**PROAÑO V., et al.** (2017). Metodología para elaborar un plan de mejora continua. *3c Empresa: Investigación y pensamiento crítico*, 6(5), [En línea], [Consulta: 24 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.50-56>

**RAJADEL, & SÁNCHEZ.** (2012). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Díaz de Santos. [En línea], [Consulta: 26 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/VV-AA/dp/8479789670>

**ROJAS VELASQUEZ, C.** Aplicación de la metodología 5's para la optimización en la gestión del almacén en una empresa importadora de equipos de laboratorio [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Ricardo Palma. Santiago de Surco, Perú, 2019. P.48. [Consulta: 27 de diciembre 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/337285565.pdf>

**SLADOGNA, M.** (2017). *Productividad y acción sindical.pptx*. [En línea], [Consulta: 26 diciembre 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/33891200/Productividad\\_y\\_acci%C3%B3n\\_sindical\\_pptx](https://www.academia.edu/33891200/Productividad_y_acci%C3%B3n_sindical_pptx)

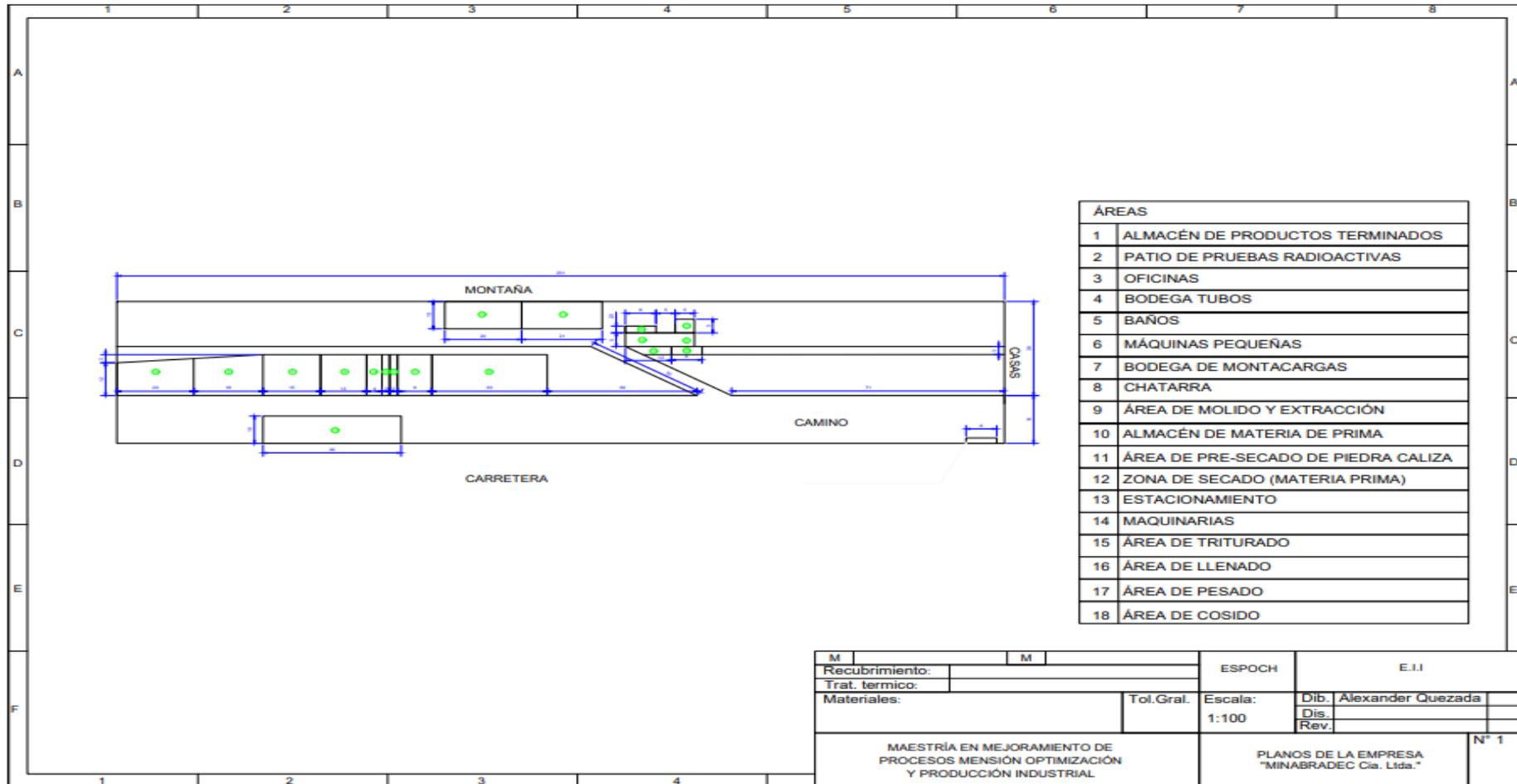
**TELLO, J., & MATUTE, J.** Diseño de un modelo de la filosofía Lean Management, para la Empresa Importadora, Distribuidora y Comercializadora Hilandesa. [En línea] (Trabajo de

titulación) (Ingeniería) Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador, 2014. P.30. [Consulta: 27 de diciembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3729>

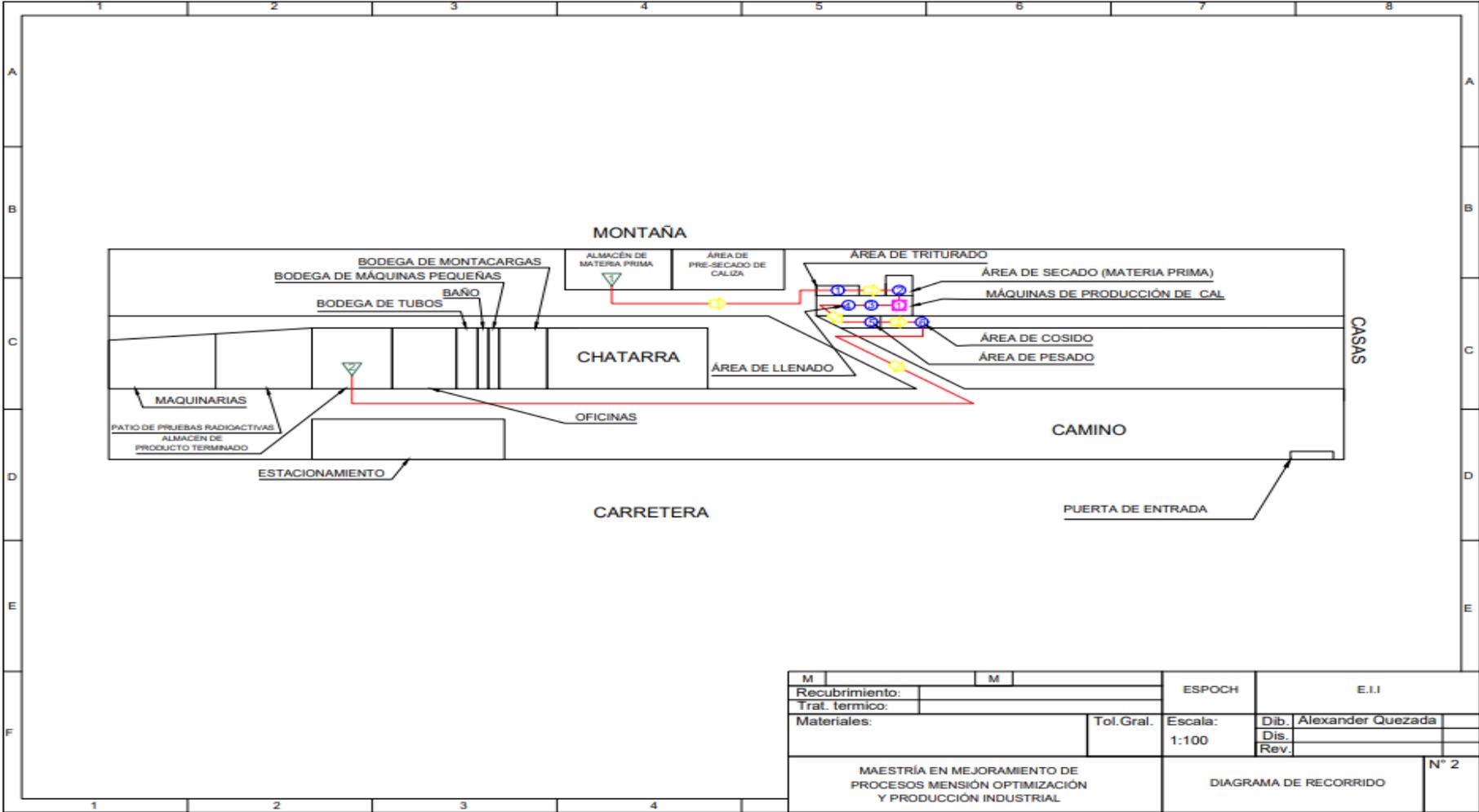
**YANTALEMA, O. V.** Implementación de la metodología 5S en el taller mecánico de una industria de alimentos ubicada en Guayaquil. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil, Ecuador, 2020. P.56. [Consulta: 27 de diciembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19788>

# ANEXOS

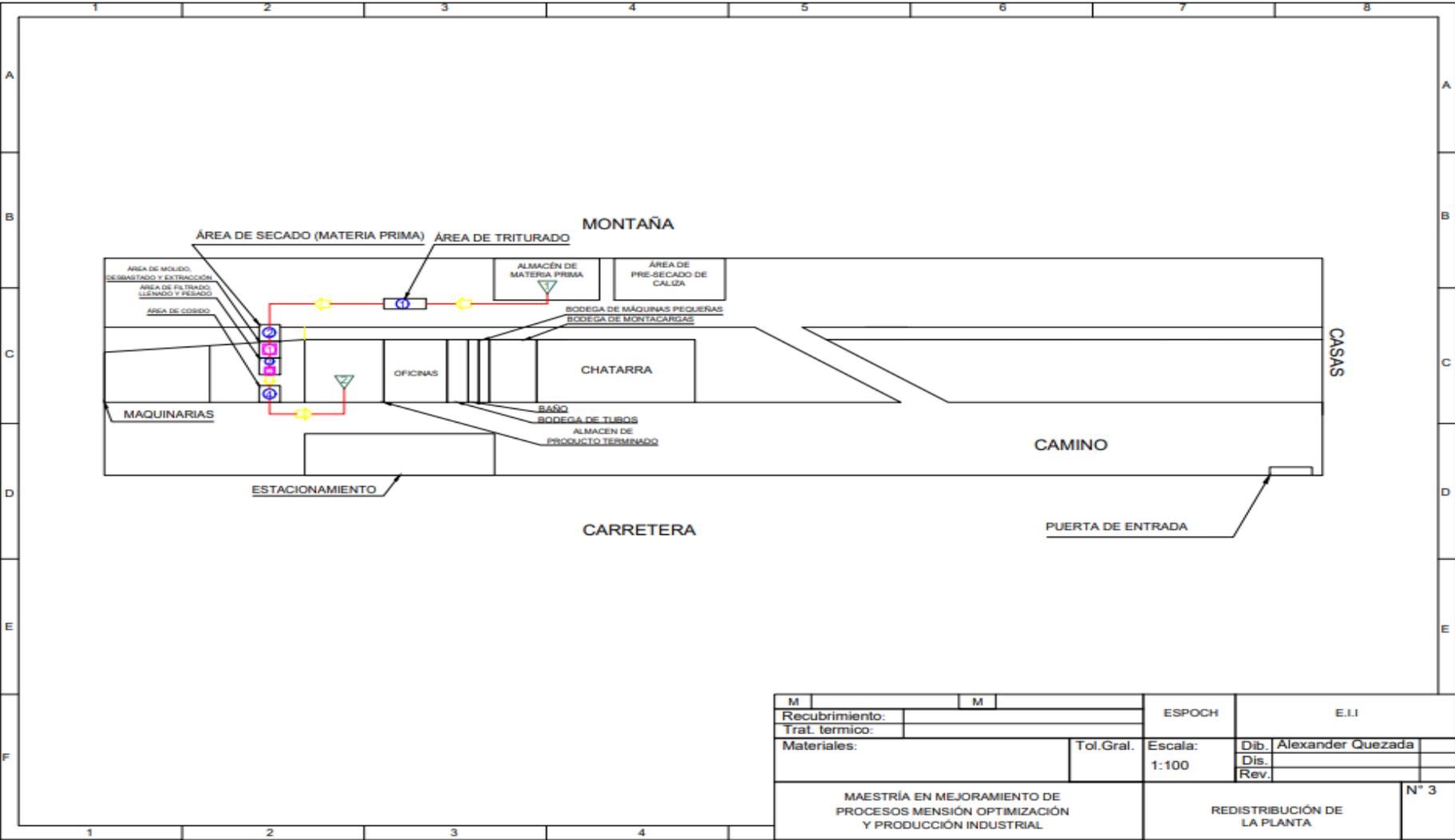
## ANEXO A: PLANOS DE LA EMPRESA



**ANEXO B: DIAGRAMA DE RECORRIDO**



**ANEXO C: REDISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA**



M	M	ESPOCH	E.LI
Recubrimiento:			
Tra.t. termico:			
Materiales:		Tol.Gral.	Escala:
			1:100
MAESTRÍA EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS MENSIÓN OPTIMIZACIÓN Y PRODUCCIÓN INDUSTRIAL		REDISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA	
			N° 3



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 05 / Septiembre/ 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b>  <b>PATRICIO ALEXANDER QUEZADA HARO</b>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<i>Instituto de Posgrado y Educación Continua</i>
<b>Título a optar:</b> “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA PRODUCTIVO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN LA PRODUCCIÓN DE CAL DE MINABRADEC COMPAÑÍA LIMITADA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”
<b>f. Documentalista responsable:</b>