



# FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA CHROMETALES S.A.C.”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autores:

Manuel Elias Arevalo Carrasco

Freddy Manuel Coaguila Vilca

Asesor:

Ing. Mg. Teodoro Julián Riega Zapata

Lima - Perú

2020

## DEDICATORIA

El desarrollo de este trabajo va dedicado a Dios, que siempre está conmigo, a la comunidad de Cosma del distrito de Jimbe, la tierra que me vio crecer, a mi familia que es el motivo que me impulsa a seguir, a mi madre Elvira Carrasco Caballero que es la alegría de mi vida y muy en especial a mi abuela que siempre acompaña mis pensamientos.

*Manuel Elías Arévalo Carrasco*

Este trabajo va dedicado a mi madre, por enseñarme su perseverancia y su solidaridad. A mi esposa por su paciencia, dedicación y soporte en los momentos más difíciles en el periodo de estancia de la universidad.

A mis hijas Valeria, Brissa y Gabriela por ser el motivo de crecer cada día como profesional y ser un ejemplo hacia ellas.

A mis hermanos y hermana por su apoyo incondicional para seguir una carrera profesional

A mis cuñados y cuñadas por ser el sostén cuando más lo necesité.

*Freddy Manuel Coaguila Vilca*

## AGRADECIMIENTO

En principio, quiero agradecer a todas las personas que me motivaron a desarrollar este trabajo; en especial a mi tío Cirilo Carrasco Caballero, a mis hermanos y amistades en general.

También agradezco al Gerente de la empresa Chrometales S.A.C.; quien tuvo la predisposición de compartir su experiencia para la realización de este trabajo.

A mi asesor Mg. Ing. Teodoro Riega Zapata por su dedicación y esfuerzo para guiarme en la elaboración del Trabajo Suficiencia Profesional

Finalmente quiero agradecer a mi familia por ser el sostén en momentos de dificultad que se presentan en la vida.

*Manuel Elías Arévalo Carrasco*

En principio, agradezco a Dios por darme su bendición y su fortaleza a seguir por el camino correcto.

A mi asesor Mg. Ing. Teodoro Riega Zapata por su dedicación y esfuerzo para guiarme en la elaboración del Trabajo Suficiencia Profesional.

A mis profesores de la Universidad que me brindaron todo su conocimiento y nos guiaron a ver el mundo de manera diferente.

A mis compañeros de la universidad que me apoyaron en todo momento, compartiendo conocimientos, alegrías y tristezas.

*Freddy Manuel Coaguila Vilca*

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>86</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Diferentes enfoques del lean manufacturing</i> .....	33
Tabla 2. <i>Evaluación cuantitativa del manejo de RS en la empresa Chrometales S.A.C. valores absolutos</i> .....	42
Tabla 3. <i>Evaluación cuantitativa del manejo de RS en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C. valores relativos</i> .....	43
Tabla 4. <i>Lista de verificación para evaluar el nivel de cumplimiento de proceso de manejo de RS en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C.</i> .....	44
Tabla 5. <i>Evaluación el nivel de cumplimiento de proceso de manejo de RS en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C.</i> .....	46
Tabla 6. <i>Resultados de la técnica de grupo nominal con los factores que inciden en el manejo de RS en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C.</i> .....	49
Tabla 7. <i>Caracterización de los residuos generados en la empresa Chrometales S.A.C. del ámbito Gestión Municipal</i> .....	53
Tabla 8. <i>Caracterización de los residuos generados en la empresa del ámbito Gestión No Municipal</i> .....	54
Tabla 9. <i>Producción Mes de abril 2019</i> .....	56
Tabla 10. <i>Producción Mes de mayo 2019</i> .....	57
Tabla 11. <i>Producción Mes de junio 2019</i> .....	57
Tabla 12. <i>Producción total mensual y Residuos generados</i> .....	58
Tabla 13. <i>Código de colores para los residuos del ámbito no municipal según la norma NTP 900.058-2019.</i> .....	63
Tabla 14. <i>Contenedores de residuos para las zonas internas</i> .....	65

Tabla 15. <i>Contenedores de residuos para el almacén externo</i> .....	66
Tabla 16. <i>Costos iniciales de materiales en soles utilizados en la implementación.</i> .....	68
Tabla 17. <i>Recursos empleados en la implementación.</i> .....	69
Tabla 18. <i>Precios Promedio de Venta de Residuos Reciclables en el área Lima- Callao.</i> ..	70
Tabla 19. <i>Cantidad de residuos total por tipo generados por la empresa Chrometales SAC. en el segundo trimestre de 2019</i> .....	70
Tabla 20. <i>Ingreso bruto en soles por venta de residuos sólidos generados en la empresa Cantidad Chrometales SAC. en el segundo trimestre de 2019</i> .....	71
Tabla 21. <i>Flujo de efectivo proyectado sin la implementación</i> .....	72
Tabla 22. <i>Flujo de efectivo proyectado con la implementación</i> .....	73
Tabla 23. <i>Comparación de los flujos de efectivo proyectados con y sin la implementación</i> .....	74
Tabla 24. <i>Relación de los ingresos adicionales por la implementación de la propuesta, el cálculo del Valor Neto Actual (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR).</i> .....	76
Tabla 25. <i>Cálculo de la relación beneficio/costo y el tiempo de recuperación de la inversión.</i> .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama general de la empresa. ....	12
Figura 2. Localización geográfica de la empresa. ....	13
Figura 3. Operaciones para el manejo de residuos sólidos.....	27
Figura 4. Componentes del principio de minimización.....	31
Figura 5. Diagrama de procesos del área de producción de la empresa.....	41
Figura 6. Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto de los elementos que inciden en la gestión de residuos sólidos .....	47
Figura 7. Diagrama de Pareto para la priorización de los elementos que inciden en la gestión de RS .....	50
Figura 8. Porcentaje por tipo de residuo generado en la empresa Chrometales S.A.C. durante los tres meses de evaluación del proyecto. ....	55
Figura 9. Producción total por mes de la empresa (Kg) vs Virutas (Kg). ....	58
Figura 10. Producción total por mes de la empresa (Kg) vs Residuo Madera (Kg).....	59
Figura 11. Producción total por mes de la empresa (Kg) vs Residuo Papel (Kg).....	60

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ingresos por residuos.....	70
Ecuación 2. Formula Valor Actual Neto.....	74
Ecuación 3. Flujo de caja incremental .....	75
Ecuación 4. Relación costo beneficio .....	75

## RESUMEN EJECUTIVO

El estudio que se presenta a continuación como resultado de la experiencia profesional de los investigadores en la empresa Chrometales S.A.C. muestra los resultados de la implementación de un plan basado en la aplicación de herramientas de lean manufacturing que sugiera alternativas que puedan llevarse a cabo para mejorar la calidad de los procesos internos, incida sobre la rentabilidad de la empresa y contribuya al cuidado del medio ambiente a través del cumplimiento de las normas y métodos necesarios para la manipulación de los residuos sólidos. Dicho plan respondió a las necesidades de la organización de contar con un proceso más cónsono con las mejores prácticas ambientales, en el cual se desarrollaron las siguientes actividades: un estudio de caracterización de residuos, la determinación de recursos reaprovechables, una reorganización de la planta para mejorar los procesos de recolección almacenamiento y transporte de desechos, un procedimiento para la recolección selectiva de residuos de ámbito municipal y no municipal y la evaluación económica de ingresos por reciclaje. Además, se realizó una evaluación económica de la implementación para demostrar el beneficio que traía la empresa de manera económica la venta de los materiales reutilizables como virutas metálicas, papel y madera que generan ingresos financieros adicionales y una mejora en el flujo neto económico proyectado en cinco años.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### Antecedentes de la empresa

#### Descripción de la organización

Chrometales S.A.C. es una empresa fundada en el año 2014, creada para ofrecer servicios de recuperación y manufactura de componentes mecánicos y de otra naturaleza, para atender a los segmentos productivos relacionados con minería, textiles, pesca y similares. Desde su fundación, la empresa se ha interesado por la calidad de servicio, por lo que se orienta estratégicamente a ofrecer eficiencia en los tiempos de entrega y calidad. La organización cuenta con personal con competencias y calificaciones en diferentes áreas productivas como soldadores homologados, mecánicos de mantenimiento, operadores de máquinas y herramientas, así como electricistas industriales. Su planta se encuentra ubicada en Av. San Francisco Mz. B30 Lt. 79 Los Huertos de Tungasuca, distrito de Carabaylo, Lima Metropolitana.

#### Misión, Visión y Valores

**Misión:** “Ofrecer el mejor servicio especializado, en el tiempo oportuno y al mejor precio del mercado, así como inspirar optimismo y oportunidades a los integrantes de nuestra empresa”

**Visión:** Ofrecer un agradable ambiente laboral, con el mejor servicio especializado. Integrando redes de trabajo, para convertirse en una empresa sostenible, eficaz y dinámica.

**Valores:** liderazgo, calidad, pasión, integridad, colaboración y cuentas claras.

### **Productos y servicios que ofrece la organización**

- a) Actividades de revestimiento en cromo duro para productos tales como vástagos rodillos ejes y otras piezas con capacidad de cromado que alcanza hasta los 6 metros de longitud.
- b) Servicios de tratamiento térmico con resistencia al desgaste y corrosión que ofrece una dureza de 58 hasta 62 rwc.
- c) Manufactura y servicios de reparación para cilindros hidráulicos así como cilindros neumáticos.
- d) Diversos servicios metalmecánicos entre los que se incluye mecanizados en torno paralelo, taladrado radial, rectificación cilíndrica, soldadura soldadura MAG (metal con gases activos) MIG (metal con gases inertes), TIG (gases inertes con tungsteno), entre otros.
- e) Servicios de mantenimiento industrial de naturaleza preventivo predictivo y correctivo de diversos equipos bien sea mecánicos o hidráulico.
- f) Elaboración de proyectos en estructuras metálicas de acuerdo a los requerimientos y planificación del cliente.

### **Organigrama de la empresa**

La empresa cuenta con cuatro áreas estratégicas para el logro de sus objetivos:

- a. Área administrativa, encabezada por el gerente general. supervisa y controla los aspectos contables legales y de logística.
- b. Área comercial, liderada por el gerente comercial encabeza el equipo de asesores técnicos a cargo de la atención al cliente y el proceso de ventas.

- c. Área de servicios encabezada por el jefe de taller, es la responsable por la recepción almacenamiento, custodia y proceso de los servicios que ofrece la organización
- d. Área técnica la cual es encabezada por el jefe de control de calidad, responsable por el aseguramiento de la calidad en el servicio y procesos internos es responsable Además del registro de los avances de cada servicio a través de los sistemas de información de la empresa.

En la Figura 1 se muestra el organigrama general de la empresa, donde se llevó a cabo la experiencia profesional de los investigadores:

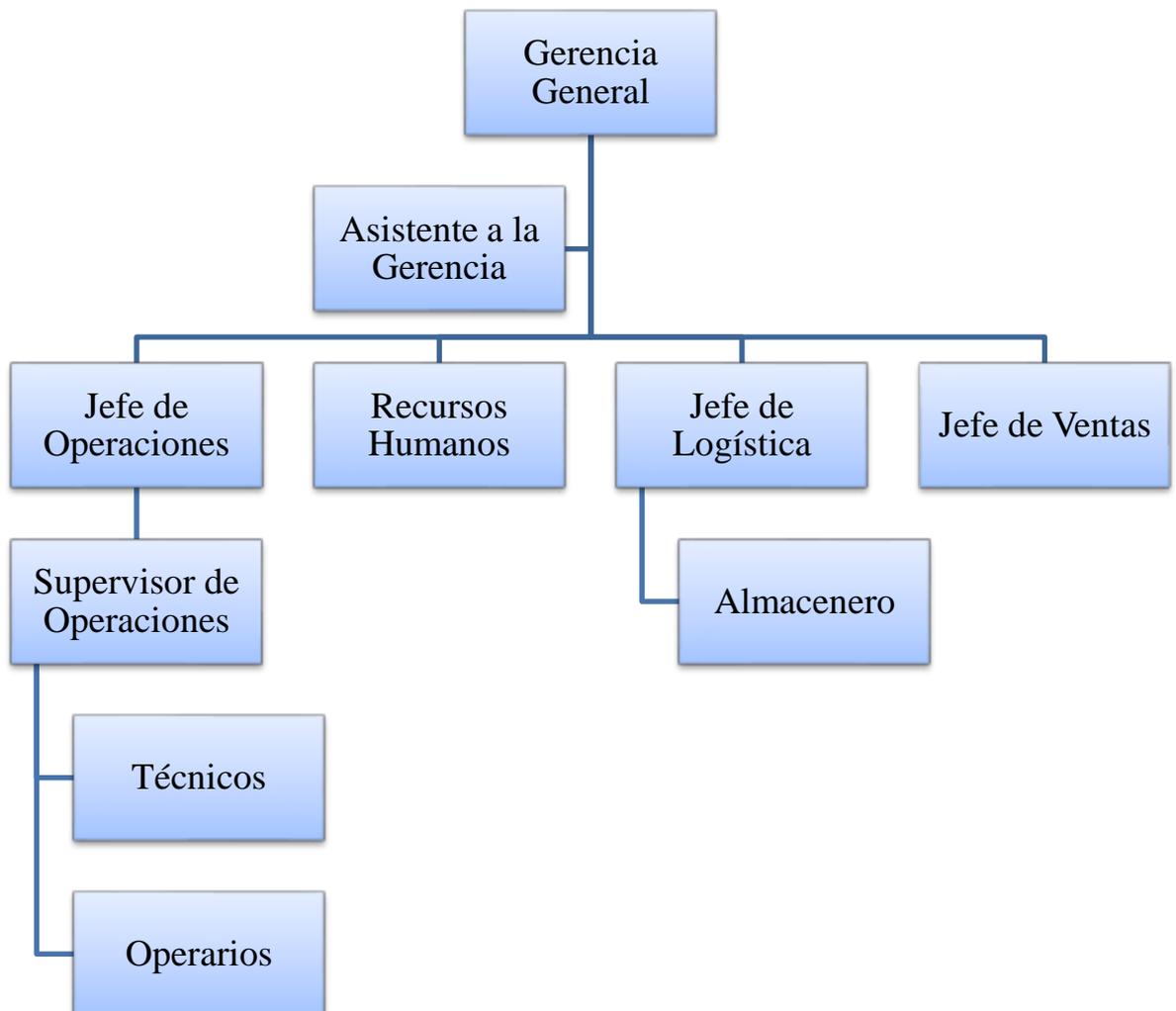


Figura 1. Organigrama general de la empresa.  
Fuente.: Chrometales S.A.C. (2019).

## Ubicación de la empresa Chrometales S.A.C.



Figura 2. Localización geográfica de la empresa.  
Fuente.: Chrometales S.A.C. (2019).

## Determinación del problema

Bajo las condiciones económicas y sociales de la actualidad, el que las empresas aspiran a optimizar su responsabilidad social y medioambiental, pueden adoptar y combinar la integración de herramientas de mejora continua (Fercoq et al, 2016). Así, las actividades conocidas como *lean maunufacturing*, centrada en técnicas de reducción de residuos han resultado en experiencias exitosas en los procesos de fabricación para implementar

reducción de residuos, utilizando un conjunto de acciones para monitorear y medir los logros del programa, que conducen a una mejora equilibrada del rendimiento en términos de dimensiones medioambientales, sociales y financieras (Mahesh et al, 2020).

En los aspectos relacionados con la gestión del medio ambiente y el tratamiento de residuos sólidos (en lo sucesivo por sus siglas RS), la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992, plantea que la eliminación de actividades que generan desperdicios, no solo está vinculada a la gestión de recolección y disposición final, sino que forma parte de un marco integral unido al ciclo de vida, que debe incorporar iniciativas sostenibles para la producción y el consumo; asimismo, propone que el manejo de desperdicios debe considerar la reducción en la generación de desperdicios, promoción de estrategias de reciclaje, así como la gestión adecuada en los procesos de recolección, tratamiento y disposición final. (Uriza, 2016).

En el Perú, el manejo de RS, se ha llevado a cabo como parte de las actividades de gestión inmediata de las organizaciones, con el apoyo de otras empresas dedicadas al reprocesamiento de materiales reciclables y el apoyo del Estado para la disposición de los desechos, sin considerar ni planificación a largo y mediano plazo ni el trabajo mancomunado entre diversas entidades, a pesar de existir un marco legal y normativo para este propósito (IPES, Promoción del Desarrollo Sostenible, 2016).

En cuanto a su manejo, la Ley 27314 - Ley General de Residuos Sólidos (2000), exige que los RS sean manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos: minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final.

Hay que reconocer que la poca efectividad de las instituciones del sector tanto público como privado, responsables del manejo de los RS, en la actualidad, inciden directamente sobre la situación ambiental y la calidad de vida de las poblaciones, en especial, en aquellas donde no existe una cultura orientada a minimizar la generación de desechos sólidos, ni una adecuada disposición final de los recursos no reutilizables.

En lo relacionado con los elementos técnicos y metodológicos apropiados para el tratamiento y gestión de los RS, en muchas organizaciones se lleva a cabo el manejo de estos materiales sin contar con herramientas de información ni estadísticas respecto a su generación y caracterización. Esta situación tiene efectos negativos sobre la calidad de las iniciativas orientadas a la recolección y en la toma de decisiones inadecuadas respecto a la aplicación de las técnicas que ayuden a solventar esta problemática (Zumaeta, 2017).

En el contexto del caso de estudio, producto de la experiencia profesional de los investigadores en la empresa Chrometales S.A.C., se observó un conjunto de problemas relacionados con el manejo de los RS derivados de los procesos productivos de la organización, que se pueden resumir de la siguiente manera:

La empresa Chrometales S.A.C. es una organización dedicada al servicio reparación y mantenimiento de pistones hidráulicos, que genera aproximadamente 25 kg diarios de RS, los cuales pueden ser valorizados y reutilizados; sin embargo, la empresa lleva a cabo un inadecuado manejo de los referidos residuos de acuerdo con la Ley General de Residuos Sólidos y las recomendaciones propuestas por el lean manufacturing

En consecuencia, la empresa se encuentra en una situación de vulnerabilidad, ya que, al no cumplir con un plan de disposición de residuos, podría ser sometida a inspecciones y multas por parte de las instituciones responsables del manejo de RS tales como el Organismo

de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y la Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral (Sunafil).

Entre las causas que generan el problema antes descrito se encuentra las siguientes: la falta de orden y organización por parte de los colaboradores de la empresa, falta de capacitación de la gerencia y colaboradores en el manejo de RS, no se hace una adecuada clasificación de los residuos generados en el proceso, como metales virutas, cartón, plástico, papel o aceites. Además se genera el residuo de virutas en el proceso de cilindrado y rectificado de los ejes de los pistones hidráulicos.

Por falta de un plan, los residuos se convierten en desechos finales cuyo destino final es el recolector de basura de los servicios de limpieza de la municipalidad de Carabayllo, y no se hace un aprovechamiento de estos residuos en forma adecuada que podría incluso generar beneficios económicos a la organización.

A partir del diagnóstico inicial, realizado para el estudio, se debe reconocer que el manejo de los RS en la referida organización, representa una problemática real y urgente, que es necesario solucionar; por tanto, sirve como base para el desarrollo de la presente investigación, en la cual se propone un plan basado en la aplicación de herramientas del *lean manufacturing* que sugiera alternativas que puedan llevarse a cabo para mejorar la calidad de los procesos internos, incida sobre la rentabilidad de la empresa y contribuya al cuidado del medio ambiente a través del cumplimiento de las normas y métodos necesarios para la manipulación de los residuos sólidos en la empresa. Para orientar las actividades desarrolladas, se formuló el siguiente problema: ¿De qué manera influye la implementación del plan de manejo de residuos sólidos mediante la aplicación lean manufacturing en la empresa Chrometales S.A.C.?

## **Justificación**

### **Justificación Teórica**

Al considerar la implementación de plan de manejo de RS tomando en cuenta como referente teórico los principios del lean manufacturing, el estudio dará como resultados información relevante como los volúmenes de generación de RS de la empresa, información que permitirá proyectar la cantidad de RS reutilizables y desechos, que inducirá a la recomendación de diferentes tipos de acciones como reciclaje de material inorgánico, todo en beneficio de las condiciones de trabajo, saneamiento ambiental y conservación de los recursos de la empresa.

### **Justificación Práctica**

La información derivada del estudio de caracterización permitirá obtener la información necesaria para la elaboración de un plan de manejo de RS mediante la aplicación lean manufacturing en la empresa Chrometales S.A.C. y orientar a los actores participantes y grupos de interés a realizar actividades de manera planificada acorde con las características y requerimientos de la organización, así como proponer alternativas de solución en cualquiera de las fases a cumplir en la gestión de RS con fines de reaprovechamiento y/o minimización. De esta forma, el estudio representa un aporte fundamental para elaborar instrumentos de gestión ambiental en materia de RS en la empresa.

### **Justificación Metodológica**

En cuanto a la aplicación de la herramienta lean manufacturing, a lo largo del proceso investigativo se hará uso con tres recursos clave: el proceso de investigación o referente teórico, la aplicación de la metodología y la presentación de resultados, los cuales podrán considerarse para la caracterización y disposición final de los RS en la empresa Chrometales

S.A.C. y la propuesta que surge como resultado del proceso investigativo. Finalmente, como valor agregado al proceso de investigación se propone generar información para la elaboración de un recurso que ayude a la sensibilización y orientación de la dirección de la empresa y sus colaboradores.

## **Objetivos de la investigación**

### **Objetivo General**

Implementar un plan de manejo de residuos sólidos mediante la aplicación lean manufacturing en la empresa Chrometales S.A.C.

### **Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual del proceso de manejo de residuos sólidos en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C.
- Formular un plan de manejo de residuos sólidos a partir de las herramientas provistas por la metodología lean manufacturing en la empresa Chrometales S.A.C.
- Aplicar el plan de manejo de residuos sólidos mediante el uso de la aplicación lean manufacturing en la empresa Chrometales S.A.C.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### Antecedentes de la investigación

#### Antecedentes Internacionales

Mahesh et al. (2020) elaboraron un estudio cuyo propósito fue la reducción de residuos utilizando herramientas lean en un entorno multicultural. Esta investigación consideró las relaciones de todo el sistema que permitieron que las herramientas lean ayudaran a reducir los desperdicios en los procesos industriales en un entorno de trabajo multicultural en organizaciones que anteriormente se comprometían con las prácticas Lean. Diez categorías de desechos prevalentes en la industria se clasificaron en manufactura, no manufactura y bienestar. Se realizaron siete estudios de caso de cinco empresas que buscaban establecer la relación entre herramientas lean y desperdicio en sus procesos. En general, el estudio encontró una fuerte conectividad entre las herramientas lean y la reducción de residuos de fabricación. Además, los hallazgos indican que algunas herramientas pueden ser contraproducentes para la reducción de residuos en un sistema industrial. Las herramientas Lean fueron lo suficientemente resistentes como para que la implementación en lugares de trabajo multiculturales, incluso con poblaciones transitorias, no influyera en la generación de residuos.

Oliveira et al. (2019), elaboraron una investigación para aplicar los principios del pensamiento Lean para reducir los desechos en la reconfiguración de las líneas de ensamblaje de una fábrica de radios en Brasil. En sus resultados, los autores mostraron que, debido a la disminución de la demanda del cliente, los volúmenes producidos también disminuyeron y provocó la aparición de desperdicios relacionados con demasiado espacio ocupado, estaciones de trabajo desbalanceadas, más capacidad de la necesaria, trabajo

estándar desactualizado. hojas, cuellos de botella, y otras actividades sin valor agregado. El estudio concluyó que se presentó una propuesta de reconfiguración de dos líneas de montaje final con el objetivo de adecuar físicamente las líneas a los volúmenes reales de producción y eliminar los residuos existentes. La reconfiguración propuesta se tradujo en ganancias muy positivas para la empresa, a saber, la liberación del 22% del espacio ocupado por las líneas de producción, una reducción del número de operadores, un aumento del 50% en la productividad de cada una de las líneas y un aumento en la tasa de utilización.

Cherrafi et al. (2018), elaboraron un estudio para desarrollar un modelo para el desempeño de la cadena de suministro a partir de prácticas ecológicas e innovación de procesos. Se recopilaron datos de 374 empresas manufactureras y se analizaron los resultados mediante el modelado de ecuaciones estructurales (SEM). Los hallazgos revelaron un efecto sinérgico entre las innovaciones de procesos, las prácticas ecológicas y lean, que juegan un papel crucial en la mejora del desempeño en las cadenas de suministro ecológicas. En particular, los resultados sugirieron que: las prácticas lean como justo a tiempo, reducción del tiempo de instalación, fabricación celular y eliminación de desechos pueden contribuir significativamente a mejorar el desempeño. El estudio concluyó que las prácticas verdes, incluyendo el diseño ecológico, la evaluación del ciclo de vida, la fabricación ecológica, la logística inversa y la gestión de residuos afectan de manera significativa y positiva el desempeño de las organizaciones.

Fercoq et al. (2016), llevaron a cabo una investigación con el propósito de realizar un estudio cuantitativo de integración de herramientas de lean Green (o ecológico), centrada en técnicas de reducción de residuos en los procesos de fabricación. En sus resultados, los autores indicaron que la literatura confirma la convergencia de los conceptos de Lean Manufacturing y Green Management. Específicamente, las técnicas de reducción se

consideran una de las principales áreas de superposición entre los paradigmas lean y green. Con base en estos resultados, se describió una jerarquía de factores de progreso para un programa de minimización de residuos en se describe la fabricación: la jerarquía de las 3R (reutilización, el reciclaje, la recuperación energética) debe preferirse a un análisis de residuos mortales (muda). En sus conclusiones, indicaron que para implementar una reducción de desechos es necesario un conjunto de herramientas para monitorear y medir los logros del programa, que en última instancia conducir a una mejora equilibrada del rendimiento en términos de dimensiones medioambientales, sociales y económicas.

### **Antecedentes nacionales**

Carbajal (2019), realizó una tesis que tuvo como propósito de desarrollar un conjunto de acciones basadas en el modelo lean Green en el proceso de producción en una industria de confecciones textiles. El trabajo fue desarrollado como una investigación de enfoque cuantitativo de nivel descriptivo y aplicada. En sus resultados, el autor propuso la aplicación de un modelo estructurado en cinco fases: formación del pensamiento ambiental; estabilización de los flujos de valor; identificación de los aspectos e impactos ambientales; medición del flujo de valor ambiental y mejora continua. En sus conclusiones se indicó que la herramienta lean que más se ajustaba a las necesidades de la organización era el kaizen, cuyos resultados generaron un 25% en el incremento de la producción con un 15% en la reducción del impacto ambiental. Además, se concluyó que el al final de la implementación del modelo lean Green se detectó que este no se enfoca únicamente en la producción, sino en la responsabilidad ambiental y que el factor clave para el éxito de cada etapa es el elemento humano, del cual se puede obtener el desempeño esperado a través de la capacitación y el liderazgo en cada área de trabajo.

Mendoza (2019), elaboró un trabajo de investigación con el objetivo de desarrollar un plan de minimización y manejo de RS en una planta cementera ubicada en la ciudad de Piura. El estudio fue desarrollado bajo el tratamiento metodológico de enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo y aplicado. En sus resultados, la investigadora creó un plan de trabajo basado en los principios de las cuatro R ambientales (reducción reutilización reciclaje y revaloración) con lo cual se buscó estandarizar los procesos relacionados con el manejo de RS en cada etapa de producción, mediante un conjunto de pasos o indicaciones que aseguraban una adecuada generación de los residuos. Dicho plan incluía propuestas, actividades, capacitaciones y posibles mejoras en distintas áreas de la planta para lograr una óptima gestión del manejo interno de residuos. En las conclusiones, se indicó que las acciones que tuvieron mayor impacto en la organización fueron las siguientes: implementación de una correcta ubicación de los puntos de acopio, almacenamientos temporales, manejos de residuos bajo el enfoque 4R, mejoramiento de la infraestructura del almacén central, un programa de capacitación, así como un plan de contingencia y seguridad para el manejo de RS.

Díaz y Romero (2016), elaboraron una tesis para determinar cuáles eran las estrategias más adecuadas para optimizar la gestión de RS en una institución de salud ubicada en la ciudad de Chiclayo. En sus resultados las autoras mostraron que se realizó un estudio diagnóstico de la situación actual, lo que permitió identificar factores críticos y proponer estrategias para mejorar la referida gestión. En las conclusiones, se indicó que el personal que labora en el servicio de emergencia es el que tiene mayor riesgo al manipular desechos sólidos biológicos; asimismo el 60% de personal desconoce el contenido de la norma técnica para manejo de RS lo cual los expone a un mayor riesgo laboral. debido a ello se hizo de especial importancia a la creación de un sistema de gestión orientado no sólo a controlar los riesgos en el manejo de residuos, sino alcanzar su minimización desde el punto de origen

hasta el destino final, en el cual se cuente con la participación del personal para mejorar su conocimiento en el manejo adecuado de los desechos.

Polo (2015), llevó a cabo una tesis con el objetivo de elaborar una propuesta de gestión integral de RS en una planta de lubricantes. En sus resultados, la autora planteó un programa basado en un diagnóstico de la situación actual en el manejo de RS; la caracterización y cuantificación de los materiales generados por la planta y se estableció una relación entre la cantidad producida de lubricantes y la generación de RS, con lo cual se diseñó una propuesta que incluía: mejoramiento en la generación almacenamiento y disposición final, así como una comercialización adecuada de los RS a través de convenios con empresas y organizaciones no gubernamentales. En las conclusiones, la investigadora indicó que la relación entre la generación de RS con potencial de reciclaje, tales como cartones plásticos de baja densidad metales y otros materiales fue directamente proporcional a la cantidad fabricada de lubricantes. Asimismo, se detectó una alta correlación entre la producción de lubricantes y las generaciones líquidos peligrosos plásticos de baja densidad y desechos de madera.

## **Bases Teóricas**

### **Manejo de residuos sólidos**

En los últimos años, el rápido desarrollo industrial ha provocado impactos ambientales negativos, incluyendo el uso excesivo de recursos, contaminaciones tóxicas y gases de efecto invernadero (Oliveira et al., 2019). El cambio climático global ya ha tenido efectos observables en el planeta. Es reconocido como el desafío ambiental más importante que enfrenta la humanidad en la actualidad (Mahesh et al., 2020). En esta línea, los efectos de

las presiones del cambio climático sobre las organizaciones son cada vez mayores. (Belvedere et al., 2019).

Como resultado, la creciente preocupación por el medio ambiente y la responsabilidad social en los últimos años, incluida la presión de los clientes, reguladores y otras partes interesadas, han llevado a las organizaciones a considerar la sostenibilidad como parte de su gestión estratégica (Sutahrsan et al., 2020). Por ejemplo, ahora se ha vuelto más común y aceptado el conocimiento de que para que las organizaciones sigan siendo competitivas, un adecuado equilibrio económico, las prioridades ambientales y sociales deben gestionarse en sus operaciones globales (Cherrafi et al., 2018). Así, determinar cómo promover la sostenibilidad es actualmente uno de los temas importantes que se investigan tanto en la teoría como en la práctica.

Los residuos sólidos son sustancias, productos o subproductos en estado semisólido o sólido, generados por un productor, en cantidades que éste dispone o está reglamentado a la normatividad, a fin de evitar los riesgos que causen la salud de las personas y su entorno (Belvedere et al., 2019). Además, se menciona que los RS se clasifican en: residuo comercial, residuo domiciliario, residuo de limpieza o espacios públicos, residuo industrial, residuo de centros de atención de salud, residuos de actividades de construcción, residuos agropecuarios, residuos especiales o residuos de instalaciones (Minsa, 2014).

Asimismo, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2016) los define como cualquier material, objeto, sustancia o elemento que resulta del consumo o utilización de un bien en actividades de origen doméstico, industrial, comercial, institucional o de servicios, abandonado por un ente generador que un ente generador abandona. Además, se especifica, a diferencia del desecho, que un residuo sólido puede ser aprovechado, ya que se puede transformar en un nuevo bien con valor económico. De esta forma, se indica que los

RS son reutilizables, recuperables y reciclables, y se pueden gestionar dependiendo del nivel de concientización, voluntad política, tecnología y recursos legales (Galvis, 2016).

Por su parte, Alea et al. (2019) mencionan que residuo es aquella materia que es generada en las actividades de producción y consumo. Esta no alcanza el valor económico necesario, ya que no existe una tecnología idónea para que sea aprovechada o porque no existe un espacio para la recuperación de estos productos. De todo esto se concluye que el concepto de residuo es relativo y ha evolucionado con el tiempo, tecnología, economía y condiciones sociales. También se conceptualiza como el conjunto de desechos que no son transportados y han sido rechazados en cualquier proceso de transformación o reciclaje porque carecen de valor (Oldenhage, 2016). Asimismo, Asimismo pueden ser clasificados de acuerdo a su naturaleza física, el origen y la forma como son gestionados. De acuerdo con su composición física, se clasifican en:

- a. Orgánicos: Los residuos orgánicos son los provenientes del ámbito vegetal o animal, que han sido afectados por el proceso biológico natural de descomposición.
- b. Inorgánicos: Son todos aquellos que provienen de fuentes minerales y no se descomponen naturalmente.

Una segunda clasificación es de acuerdo a su origen. Esto hace referencia a las personas, organizaciones, instituciones y otras entidades que generan los RS. Se clasifican de esta forma en los siguientes:

- a. Residenciales o domésticos: la característica de este tipo de residuos es que tiene un alto nivel de composición orgánica. El volumen, la naturaleza y la cuantificación de estos materiales viene dada por la calidad de vida de las personas que lo generan.

- b. Comerciales: Este tipo de residuos tiene la característica de que está formada mayormente por materiales de papel y cartón generados por el empaque de mercancías. Los desechos son generados por empresas o establecimientos de tipo comercial; dentro de esta categoría también se incluyen grupos comerciales relacionados con alimentos y plazas de mercado.
- c. Industriales: Son los residuos que se generan en los negocios fábricas e instalaciones de naturaleza industrial tienen la cualidad de que generan desechos industriales producto de sus actividades de manufactura debido a ello la composición de los desechos es heterogénea y está condicionada en gran parte por el tipo de actividad que realiza la organización.
- d. Institucionales: Se caracterizan por un alto porcentaje de residuos orgánicos, papel y cartón. Son generados usualmente por entidades educativas, o de naturaleza gubernamental, militar, cárceles, sedes religiosas, terminales de transporte y otras edificaciones destinadas a oficinas.
- e. Especiales o eventuales: este tipo de residuos son los que se generan en actividades populares o eventos de masas tales como conciertos espectáculos y eventos deportivos se caracterizan porque generan un alto porcentaje de papel y cartón.
- f. Urbanos: En este grupo se incluyen los barridos de calle, que son caracterizados por un alto porcentaje de material inerte y papel; así como la limpieza de lugares públicos, que se caracterizan por un tener alto nivel de papel y cartón. Los residuos de lugares públicos se encuentran en parques, zonas de recreo y plazas.

La última clasificación es por tipo de manejo. Esto divide a los residuos en o peligrosos, o aquellos que implican un peligro o un efecto dañino para la salud de los

individuos o animales o tienen efectos negativos sobre el medio ambiente; y los no peligrosos o inertes, los cuales incluyen los que no afectan a personas, animales o al medio ambiente de forma negativa y son estables en el tiempo. En cuanto a su manejo, la Ley 27314 - Ley General de Residuos Sólidos (2000), exige que estos sean manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:



*Figura 3.* Operaciones para el manejo de residuos sólidos.

Fuente: Elaboración propia, a partir de la Ley General de residuos sólidos (2000)

### **Gestión integral de residuos sólidos**

Es el conjunto de componentes y/o etapas necesarias para lograr resolver la problemática de los residuos que se generan en una comunidad determinada. (Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria Ambiental AAISA, 2017) Tiene como propósito realizar una gestión ambiental y económicamente adecuada. De acuerdo con la normativa vigente relacionada con el ámbito del sector público y su responsabilidad en la gestión de la salud el nivel del poder público provincial está obligado a normalizar y controlar la

disposición final de desechos sólidos desechos líquidos y desechos industriales en el ámbito de su provincia.

En cuanto a su estructura, el sistema de gestión de RS comprende varias fases, estas, de acuerdo con Rentería y Zeballos (2014), abarcan la generación, comercialización y disposición final de estos. A continuación, se describen cada una de estas etapas:

**Generación:** Es la etapa inicial, se refiere a la producción diaria de los RS, esto se encuentra altamente relacionado al nivel de consumo y el crecimiento poblacional. Según el Quinto Informe Nacional de RS Municipales y No Municipales elaborado por el MINAM, la generación per cápita en función de los municipios declarantes, en el año 2010 se obtuvo 0,52 kg/hab/día que luego para el año 2011 incremento en 0,61 kg/hab/día. (Rentería y Zeballos, 2014).

**Segregación de la fuente:** Se refiere a la acción de separar los RS con el propósito de que más tarde puedan ser reaprovechados. Los residuos a segregar dependen mucho de la caracterización de la localidad, el mercado local y el precio de los productos; por lo general tenemos al plástico, papel, Tetra pak, cartón, entre otros (Rentería y Zeballos, 2014). Del mismo modo, hay que indicar que para realizar una correcta separación de los residuos se debe de disponer de recipientes adecuados, los cuales deben ser de un material resistente, que no se deteriore y optimice su almacenamiento. (Muñoz, 2014)

**Recolección selectiva y transporte:** La recolección selectiva de RS se puede dar de dos maneras, bien sea a través de la recolección puerta a puerta: se realiza desde los domicilios de las familias, por medio de camiones que recogen la basura por cada casa, estos pasan con una frecuencia establecida; o de la recolección con contenedores, acción mediante la cual se colocan los contenedores en puntos estratégicos donde los vecinos botan su basura ya que recoge en estos puntos clave. Se indica además que se debe tener en cuenta dos

puntos: Primero, es necesario cumplir con un horario de recolección de los RS domiciliarios, ello evitará que se puede manipular por parte de animales, segregadores informales, vehículos, entre otros. Segundo, es necesario considerar el uso de vehículos adecuados, ya que se podría perder o desperdicios residuos en la vía pública (MINAM, 2016)

**Tratamiento:** Existen varias formas de tratamiento de RS, entre ellas están: la reducción del volumen, que facilita la disposición final, otra es la eliminación parcial del contenido de humedad de los RS o se intenta separar las porciones no deseadas; por último, también se tiene la compactación, el secado, la estabilización biológica, compostaje y la incineración. (Renteria & Zeballos, 2014). Por su parte, Muñoz (2014) explica que existen dos transformaciones posibles, una puede ser física y otra química o biológica; la primera consiste en modificaciones de forma y tamaño, mientras la segunda consiste en modificaciones de sus componentes y estructuras químicas.

**Comercialización:** es la acción de vender los residuos solios aprovechables, esta puede ser por las empresas comercializadoras o centros especializados. Cabe precisar que existen también centros de acopios informales. Las empresas de comercialización sean formales o no, venden sus residuos a las industrias que efectúan la transformación en materias primas secundarias. Se explica además que las empresas legales están autorizadas solo a trabajar únicamente con residuos industriales; sin embargo, la diferenciación es compleja con los residuos domésticos (Durand, 2012).

**Disposición final:** En el caso de encontrar residuos no reciclables estos van directamente a los compactadores y, a través de ellos, al relleno sanitario. De acuerdo con lo expresado por Uriza (2016), se puede señalar como formas de disposición final de los RS domiciliarios:

**Rellenos sanitarios:** es un sistema de almacenamiento donde se depositan, esparcen y compactan los residuos, para reducir su volumen y finalmente se cubren y aplana con las maquinas aplanadoras. Por otro lado, Oldenhage, (2016), clasifica a los rellenos sanitarios según la cantidad de basura que puede procesarse. Entre ellos se pueden mencionar los rellenos sanitarios mecanizados, que producen más de cuarenta toneladas de desechos al día; semicontrolados, los cuales producen entre dieciséis y cuarenta toneladas por día, Se combina el trabajo manual y de maquinaria pesada, y el relleno sanitario manual, que producen menos de quince toneladas al día.

**Vertedero a cielo abierto:** de acuerdo con Uriza (2016), es un sistema muy utilizado, consiste en depositar los RS sin ningún tratamiento, lo cual es probable que genera afectación al medio ambiente, a manera que los productos se van descomponiendo, generan químicos que afectan al suelo, como su textura o porosidad.

**Incineración:** Consiste en convertir en cenizas usando hornos especiales, esta forma de disposición si se ejecuta correctamente es costosa, sin embargo. Tiene la ventaja que una vez incinerados los residuos se reducen su volumen y peso

### **Principios en la gestión de residuos sólidos**

La gestión de RS es un conjunto de acciones normativas, financieras y de planificación que se llevan a cabo para el tratamiento de los RS, desde su generación, basándose en criterios sanitarios, ambientales y de factibilidad técnica y económica para la reducción en la fuente, aprovechamiento, tratamiento y disposición final de los RS (MINAM, 2000). Se presentan dos principios importantes que son reconocidos como la base para una gestión de RS:

**Principio de minimización:** de acuerdo con Oldenhage (2016), este principio declara que los mejores desechos son los desechos que no se producen, y se relacionan estrechamente con las políticas de producción y consumo. Se busca minimizar la generación de desechos en cada fase del ciclo de vida de un producto. En la Figura 3 se observan las fases de la perspectiva de la minimización y las medidas correspondientes para minimizar la generación de residuos:



*Figura 4.* Componentes del principio de minimización  
 Fuente: Elaboración propia, a partir de Oldenhage (2016).

**Principio contaminador-pagador:** Este principio busca de cobrar a los generadores de los RS que introducen los productos en el mercado. Actualmente ya se usa este principio en Europa, principalmente para los productores de desechos como: materiales de embalajes, neumáticos, aceites usados, pilas y baterías, así como residuos electrónicos y eléctricos. En este sentido, la declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo expresó que las autoridades de cada país deberían promover la internalización de los costos ambientales y el uso de herramientas económicas y fiscales, a partir del criterio de que quien contamina debe,

en principio, asumir los costos de la contaminación, y tomando en cuenta el interés público en forma debida, sin distorsionar el comercio ni las inversiones internacionales.

### **Lean Manufacturing**

También conocido por su traducción más exacta (manufactura esbelta) es una filosofía ampliamente reconocida por muchas organizaciones en todo el mundo desde principios de la década de 1990, y se puede describir mejor como un proceso de eliminación de residuos del sistema (Kumar & Kumar, 2016). Cualquier cosa, proceso o producto-servicio, que lo que no valora su producto es desperdicio, (Abualfaraa et al., 2020), por lo que el valor debe ser apreciado con claridad por el cliente. De esta manera, los clientes valorarán más el producto final si y solo si se ajusta a sus requisitos, entregado a tiempo al menor costo posible.

La idea de lean manufacturing se esfuerza por maximizar el valor de su producto final a los ojos de los clientes mediante el refinamiento incesante de la calidad del producto final y eliminación de todo tipo de excedentes en el sistema (Mahesh et al., 2020). La alta dirección juega un papel dinámico en la transformación hacia lean, debe unir a las personas y crear conciencia sobre lo que sucederá durante el curso de la implementación y lo que se anticipa de ellos (Kumar & Kumar, 2016).

La aplicación de estas herramientas agiliza el sistema productivo, lo que a su vez podría convertirse en la estrategia adecuada a largo plazo para las ventajas competitivas sostenibles. La agilidad empresarial es la capacidad de las organizaciones para responder adecuadamente a las necesidades y deseos inconstantes de los consumidores, lo que se está volviendo infinitamente formidable en el mundo globalizado. La agilidad se ha convertido en un barómetro del éxito a largo plazo para muchas organizaciones en todo el mundo. De la revisión de la literatura, se extraen los siguientes enfoques sobre el lean manufacturing (Ver Tabla 1):

Tabla 1. *Diferentes enfoques del lean manufacturing*

Autor	Enfoque
Belvedere et al. (2019)	Es una metodología integral sincronizada e integrada que incluye una amplia gama de herramientas de gestión, como gestión de la calidad total, gestión de la productividad total, JIT, trabajo en equipo, distribución celular y gestión de proveedores, en beneficio de una producción optimizada que puede entregar el tipo correcto de producto, en el lugar y momento correctos a un costo mínimo posible al eliminar todo tipos de residuos en el sistema.
Abualfaraa et al. (2020)	Es un sistema en constante evolución, un sistema de fabricación bien construido sobre la base del proceso y el control de calidad respaldado por un ambiente de trabajo saludable para entregar un producto de calidad al mínimo costo posible al eliminar todo tipo de residuos, que generan valor para los clientes, la sociedad y la economía en su conjunto.
Mahesh et al. (2020)	La manufactura esbelta es una filosofía impulsada con un enfoque de arriba hacia abajo para crear la comprensión y la confianza necesarias hacia una filosofía para obtener los máximos beneficios de ella.
Ferroq et al. (2016)	La esencia de la filosofía lean es crear un sistema productivo que evolucione de manera constante y responda al cliente, que apunte a mejora de la calidad y reducción de costes, tiempo de entrega del producto mediante la eliminación de todo tipo de actividades sin valor añadido (manipulación de materiales, cambio, espera, movimiento y defectos, etc.), mediante el fomento de una cultura laboral propicia con la formación adecuada y educación para asegurar una participación total.

De acuerdo con Kumar & Kumar (2016), se sugirieron cinco factores esbeltos vitales que podrían marcar la diferencia entre el éxito y fracaso de la organización:

1. Especificar el valor desde la perspectiva del cliente. La necesidad y el deseo de los clientes es esencial desde el diseño del producto hasta el diseño del proceso para que el valor del producto final se puede maximizar de acuerdo con los clientes (Cherrafi et al, 2018). Una vez establecido el valor, se debe hacer un mapa del flujo de valor que comienza desde la adquisición hasta el producto final entregado al cliente y, posteriormente, servicio posventa, eliminación segura del producto, entre otros.
2. Es necesario asegurar que se agrega valor al producto en cada etapa de la cadena de valor. El mapeo del flujo de valor son todas las actividades que procesan el producto (Mollenkopf et al, 2010). El proceso típico puede ser diseño, planificación, producción, entrega o servicio postventa. El mapeo del flujo de valor le brinda una mejor perspectiva de sus operaciones comerciales (Oliveira et al., 2019).
3. El principio de flujo es esencial para agregar valor a un producto a medida que pasa de una etapa a otra en la cadena de valor por eliminación. de todo tipo de residuos y garantizar que todas las etapas siguientes se desarrollen sin cuellos de botella, retrasos o interrupciones (Kumar & Kumar, 2016). Cada etapa del flujo de valor debe ocurrir secuencialmente. El principio de flujo da como resultado una mejora de hasta un 50% en la productividad
4. No se debe producir nada para almacenar, es un desperdicio. Se debe producir a un ritmo sincronizado con la demanda de los clientes. El cliente debe sacar un producto de su cadena de valor en lugar de empujar el producto hacia el cliente (Nallusamy, & Dinagaraj, 2015). Esto se conoce como sistema de producción *pull* o sistema de producción justo a tiempo. El sistema de producción de extracción no produce

acumulación de existencias, lo que en realidad es un desperdicio que compromete seriamente la rentabilidad de la organización.

5. Luchar por la perfección. La perfección no está relacionada de ninguna manera con la calidad del producto final. La perfección tiene un significado más amplio. Significa producir de acuerdo con los requisitos de los clientes, la tasa a la que el cliente y al mínimo costo posible mediante la eliminación continua todo tipo de residuos en el sistema (Kumar & Kumar, 2016).

Derivado del lean, se han creado prácticas específicas para la reducción de residuos industriales denominadas *lean Green manufacturing* (fabricación ajustada verde), producto de la combinación de estrategias ecológicas y manufactura lean, la cual es una prometedora filosofía con la intención de mejorar la productividad, para mejorar de manera constante la eficiencia y eficacia del negocio (Kumar & Kumar, 2016).

Por una parte, las prácticas ecológicas de manera aislada se centraban en reducir las emisiones peligrosas, deshacerse del consumo de recursos que generaban desperdicio, reciclar y minimizar los riesgos para la salud en todo el proceso de fabricación, minimizando la huella medioambiental durante todo el producto ciclo vital (Abualfaraa et al.,2020). Sin embargo, aunque las prácticas ecológicas pueden cumplir con las expectativas más ecológicas del mercado extendiendo la idea de "reducción de desperdicios" propuesta por el lean manufacturing, en el sentido de reducir residuos, contaminación, uso de materias primas y consumo de energía, la relación entre prácticas ecológicas y el desempeño económico aún permanece incierto (Carbajal, 2019).

Por un lado, hay investigadores que coinciden en que estrategias ecológicas, como diseño para el medio ambiente o gestión de la cadena de suministro ecológica (GCSE), contribuyen a optimizar la interacción de los sistemas económico y medioambiental,

produciendo un desarrollo e integración empresarial (Kumar & Kumar, 2016). Por otro lado, hay investigadores que afirman que las prácticas ecológicas no son suficientes para garantizar la sostenibilidad. Además, los practicantes a menudo argumentan que las prácticas verdes pueden ser una carga para lograr mejoras en el diseño y la producción procesos (Abualfaraa et al.,2020).

En este contexto conflictivo, investigadores y profesionales coinciden en que ni lean ni las prácticas verdes han demostrado ser capaces de mantener el equilibrio esperado entre aspectos ambientales y sociales cuando se implementan individualmente. Entonces, para cumplir los requisitos actuales de sostenibilidad, se ha propuesto la combinación de prácticas lean y estrategias ecológicas, para que las fortalezas puedan mejorarse y sus debilidades pueden mitigarse (Cherrafi et al., 2018).

### **Glosario de términos**

**Control:** se dice que un proceso se encuentra en un estado controlar si el proceso presenta sólo una variación aleatoria (como opuesto a la variación sistemática y / o variación con fuentes conocidas). Al monitorear el control con control gráficos, se muestra un estado de control cuando todos los puntos permanecer entre los límites de control establecidos sin ninguna anomalía patrones (no aleatorios).

**Control adaptativo:** un método de prevención de defectos que detecta errores o posibles errores durante los procesos antes pueden convertirse en defectos.

**Despliegue de funciones de calidad (QFD):** una estructura método en el que se traducen los requisitos del cliente en los requisitos técnicos apropiados para cada etapa de desarrollo y producción de productos.

**Diagrama de causa y efecto:** una herramienta para analizar dispersión del proceso. También se le conoce como diagrama de Ishikawa, porque Kaoru Ishikawa lo desarrolló, y diagrama de espina de pescado, porque el diagrama completo se asemeja a un esqueleto de pez. El diagrama ilustra las causas principales y subcausas que conducen a un efecto (síntoma)

**Diagrama de flujo:** representación gráfica de los pasos en un proceso. Los diagramas de flujo se dibujan para comprender mejor los procesos. El diagrama de flujo es una de las siete herramientas de calidad.

**Diagrama de Pareto:** una técnica gráfica utilizada para cuantificar problemas de modo que se pueda hacer un esfuerzo para arreglar pocas causas vitales, a diferencia de las muchas triviales. El principio de Pareto sugiere que la mayoría de los efectos provienen de relativamente pocas causas; es decir, el 80% de los efectos vienen del 20% de las causas.

**Disposición:** el manejo final de los desechos sólidos, luego de la recolección, procesamiento o incineración. La eliminación suele significar la colocación de los desechos en un basurero o vertedero.

**Eficiencia del ciclo de proceso (PCE):** una medida del porcentaje de tiempo de valor agregado a través de un proceso, Calculado dividiendo el tiempo total de valor agregado para todos procesar pasos entre el plazo de entrega.

**Evaluación de impacto ambiental (EIA):** una evaluación diseñada para identificar y predecir el impacto de una acción o un proyecto en el medio ambiente y la salud y el bienestar humanos. Puede incluir la evaluación de riesgos como componente, junto con la evaluación económica y del uso de la tierra.

**Evaluación de riesgos ambientales (EnRA):** una evaluación de las interacciones de los agentes, los seres humanos y los recursos ecológicos. Compuesto por la evaluación de

riesgos para la salud humana y la evaluación de riesgos ecológicos, generalmente evaluando las probabilidades y magnitudes de daño que podrían provenir de contaminantes ambientales.

**Inspección:** medir, examinar, probar o calibrar una o más características de un producto o servicio y comparar los resultados con los requisitos especificados para determinar si se logra la conformidad para cada característica.

**Kaizen:** un término japonés que significa mejora gradual interminable, haciendo las pequeñas cosas mejor y estableciendo y logrando estándares cada vez más altos.

**Lista de verificación:** una herramienta que se utiliza para garantizar que todos los pasos importantes o se han tomado acciones en una operación. Las listas de verificación contienen elementos que son importantes o relevantes para un problema o situación.

**Material biodegradable:** cualquier material orgánico que los microorganismos puedan descomponer en compuestos más simples y estables. La mayoría de los desechos orgánicos (por ejemplo, alimentos, papel) son biodegradables

**Producción más limpia:** Procesos diseñados para reducir los residuos generados por la producción.

**Reciclables:** artículos que se pueden reprocesar como materia prima para nuevos productos. Algunos ejemplos comunes son los envases de papel, vidrio, aluminio, cartón ondulado y plástico.

**Reciclaje:** el proceso de transformación de materiales en materias primas para la fabricación de nuevos productos, que pueden ser similares o no al producto original.

**Residuo orgánico:** técnicamente, desechos que contienen carbono, incluidos papel, plásticos, madera, desechos de alimentos y desechos de jardín. En la práctica, el término se usa a menudo en un sentido más restringido para significar material que se deriva más

directamente de fuentes vegetales o animales, y que generalmente puede ser descompuesto por microorganismos.

**Residuos peligrosos:** Residuos reactivos, tóxicos, corrosivos o peligrosos para los seres vivos y / o el medio ambiente. Muchos subproductos industriales son peligrosos.

**Responsabilidad del productor:** un sistema en el que un productor de productos o servicios asume la responsabilidad de los desechos que resultan de los productos o servicios comercializados, reduciendo los materiales utilizados en la producción, haciendo bienes reparables o reciclables y / o reduciendo el empaque.

**Separación de fuentes:** Separar materiales compostables y reciclables del flujo de desechos antes de que se recolecten con otros RS, para facilitar la reutilización, el reciclaje y el compostaje.

**Técnica de grupo nominal (TGN):** una técnica, similar a la lluvia de ideas, utilizada por los equipos para generar ideas sobre un tema en particular. Se pregunta a los miembros del equipo para generar silenciosamente tantas ideas como sea posible, escribiéndolos. A cada miembro se le pide que comparta una idea, que se registra. Después de que todas las ideas son registradas, son discutidos y priorizados por el grupo.

**Tiempo de ciclo:** el tiempo que tarda un solo paso del proceso o operación para procesar una sola unidad. También se llama Task Time. Se puede dividir en valor agregado, tiempo agregado esencial sin valor y sin valor agregado.

**Valor agregado para el cliente:** cualquier actividad que cambie la forma, ajuste o función de un producto para satisfacer las necesidades del cliente, que el cliente está dispuesto a pagar.

### **CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

#### **Diagnóstico de la situación actual del proceso de manejo de residuos sólidos en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C.**

La primera fase de la descripción de la experiencia consistió en realizar un conjunto de actividades para diagnosticar el proceso de manejo de RS. Dichas actividades incluyeron: una descripción del proceso productivo de la empresa; una evaluación cuantitativa de los componentes que se manejan como RS en el área de producción de la organización; la elaboración de una lista de chequeo para describir el nivel de cumplimiento de los requisitos necesarios para el manejo de RS y finalmente la determinación de los factores principales que incidían en el consejo de manejos de RS.

#### **Descripción del proceso productivo de la empresa Chrometales S.A.C.**

Como se mencionó anteriormente, Chrometales SAC es una empresa dedicada al el servicio de recuperación y fabricación de componentes mecánicos y en general, dirigido al sector minero, textil, pesquero y afines. En la figura 5 se muestra un diagrama analítico de procesos del área de producción en el cual se muestran cada una de las áreas que intervienen en los procesos productivos logística evaluación rectificación Pulido cromado y las actividades que realiza cada una así como los tiempos estimados en minutos por los investigadores.

			Símbolos						TIEMPO ESTIMADO (MIN)
			Proc	P/I	Insp.	Trans	Alm	Dem	
RESPONSABLE	ACTIVIDAD								
Área de logística	1	Recepción del componente						30	
	2	Traslado del componente						2	
Área de Evaluación	3	Derivar la evaluación						15	
	4	Evaluación Visual						10	
	5	Evaluación Dimensional						30	
	6	Traslado del componente						1	
Área Rectificadora	7	Montaje y Prerectificado						180	
	8	Extraer tapa de cromo						90	
Área pulido	9	Montaje y Prepulido						90	
Área Cromado	0	Preparación y accesorio para el proceso electrolítico						90	
	1	Designar amperaje para el cromado promedio de Diámetro y long.						720	
	2	Sumergir en la tina de cromo y programar tiempo de amperaje						1440	
	3	Extraer el componente del baño de cromo						30	
	4	traslado del componente						1	
	Área pulido	5	Procesar en la maquina pulidora						90
6		traslado del componente						2	
7		Se procede a embalar el componente y prepararlo para el despacho						10	
Total de actividades por símbolo			5	3	2	4	2	1	
Total de minutos								2831 min	

Figura 5. Diagrama de procesos del área de producción de la empresa.  
Fuente: Elaboración propia (2019).

## **Evaluación cuantitativa del manejo de residuos sólidos en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C.**

En las tablas 2 y 3 se hace un resumen de la medición en la generación de RS por parte de la empresa Chrometales S.A.C. La observación fue elaborada entre los meses de abril y junio de 2019 y se muestra los valores promedios mensuales:

Tabla 2. *Evaluación cuantitativa del manejo de RS en la empresa Chrometales S.A.C. valores absolutos*

Material	Abril	Mayo	Junio	Total
Virutas metálicas	779.74	743.55	1037.08	2560.37
Papel	72.00	62.00	65.00	199.00
Material orgánico	65.00	80.00	72.00	217.00
Plástico	22.00	25.00	20.00	67.00
Madera	214.36	250.42	228.76	693.54
Residuos no utilizables	101.00	96.00	92.00	289.00
Total	1254.10	1256.97	1514.84	4025.91

Como se puede apreciar, la mayor cantidad que RS que se generan en la empresa es producto de virutas metálicas, las cuales pueden ser comercializables y son utilizadas para la elaboración de otros productos en la Tabla 3 se hace una representación porcentual de los resultados obtenidos en la medición. En dicha tabla se puede apreciar que el 95,7% de los materiales de la empresa pueden ser sometidos a algún tipo de reproceso o reciclaje destacando las virutas metálicas con 63,60% y la madera con 17,23%:

Tabla 3. *Evaluación cuantitativa del manejo de RS en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C. valores relativos*

Material	Abril	Mayo	Junio	Total
Virutas metálicas	62.18%	59.15%	68.46%	63.60%
Papel	5.74%	4.93%	4.29%	4.94%
Material orgánico	5.18%	6.36	4.75%	5.39%
Plástico	1.75%	1.99	1.32%	1.66%
Madera	17.09%	19.92	15.10%	17.23%
Residuos no utilizables	8.05%	7.64	6.07%	7.18%
Total	100.00	100.00	100.00	100.00%

**Elaboración de una lista de chequeo para describir el nivel de cumplimiento de proceso de manejo de residuos sólidos en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C.**

Con el propósito de describir el nivel de cumplimiento de los requisitos que debe cumplir el proceso de manejo de RS en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C., se aplicó una lista de verificación que contenía los elementos básicos de un sistema de RS. Es una herramienta que utilizan los equipos de las instalaciones para garantizar el cumplimiento de las normas reguladoras de gestión de residuos. Ayuda a evaluar si los procesos de segregación y eliminación de residuos están implementados y seguidos correctamente por la organización. En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 4. *Lista de verificación para evaluar el nivel de cumplimiento de proceso de manejo de RS en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C.*

Aspecto a observar	Hallazgo	
	SÍ	NO
<b>CONDICIONES GENERALES</b>		
La empresa cuenta con políticas formales para el manejo de RS.		X
La empresa ha capacitado al personal para el manejo adecuado de los RS.		X
Se ha desarrollado un mapa de procesos que faciliten el manejo de los residuos en el área de producción.		X
La empresa ha articulado un sistema de gestión con terceros para el manejo y disposición de los RS.	X	
La empresa motiva al personal a proponer ideas para mejorar la gestión de RS en el área de producción		X
<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>		
Los contenedores de residuos son apropiados para su uso	X	
Los contenedores de residuos están en buenas condiciones	X	
Los residuos de los diferentes departamentos de la empresa se manejan en forma separada.		X
Los contenedores de materiales destinados a reciclaje o venta están claramente etiquetados.		X

Aspecto a observar	Hallazgo	
	SÍ	NO
Existe una adecuada proporción entre la cantidad de contenedores de residuos y la basura generada diariamente.	X	
<b>CLASIFICACIÓN</b>		
Se almacena los desechos en una habitación bien ventilada.	X	
Las áreas de almacenamiento de residuos están libres de olor olores contaminantes o señales de insectos o roedores.	X	
Todos los trabajadores usan el equipo de protección personal apropiado mientras separan los desechos.		X
Se han adoptado medidas para hacer frente a residuos peligrosos	X	
Existe un botiquín de primeros auxilios disponibles en el área de clasificación para casos de emergencia.		X
<b>DISPOSICIÓN</b>		
Existe una programación adecuada para eliminación de desechos.		X
La ubicación de los contenedores de residuos es apropiada; es decir, está lejos de tomas de aire puertas y ventanas operables en relación con la disposición del personal y las condiciones ambientales	X	
<b>USO FINAL</b>		
Se han definido indicadores de gestión para medir el nivel de desempeño de la gestión de RS en la empresa.		X
Se clasifican los materiales para su posterior uso en actividades de reciclaje.		X

Aspecto a observar	Hallazgo	
	SÍ	NO
Se ha articulado acciones con empresas de reciclaje para la recolección de material utilizable.	X	
Se generan ingresos económicos producto de la venta de material reutilizable y reciclable	X	
Se cuenta con el apropiado sistema de recolección municipal de RS	X	

En la Tabla 5 se hace una evaluación cuantitativa del nivel de cumplimiento de proceso de manejo de RS en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C.

Tabla 5. *Evaluación el nivel de cumplimiento de proceso de manejo de RS en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C.*

Requisitos	Cumple	No cumple
Condiciones generales de la gestión de residuos	1	4
Gestión de residuos	3	2
Clasificación	2	2
Disposición	1	1
Uso final	3	2
Totales	10	11
<b>Nivel de cumplimiento</b>		47,6%

De acuerdo con la cuantificación de los hallazgos detectados en el proceso de observación y verificación la empresa manifiesta un cumplimiento del 47,6% en la gestión de RS en el área de producción. Los resultados generales de esta práctica fueron presentados en un Diagrama de Ishikawa (Ver Figura 5):

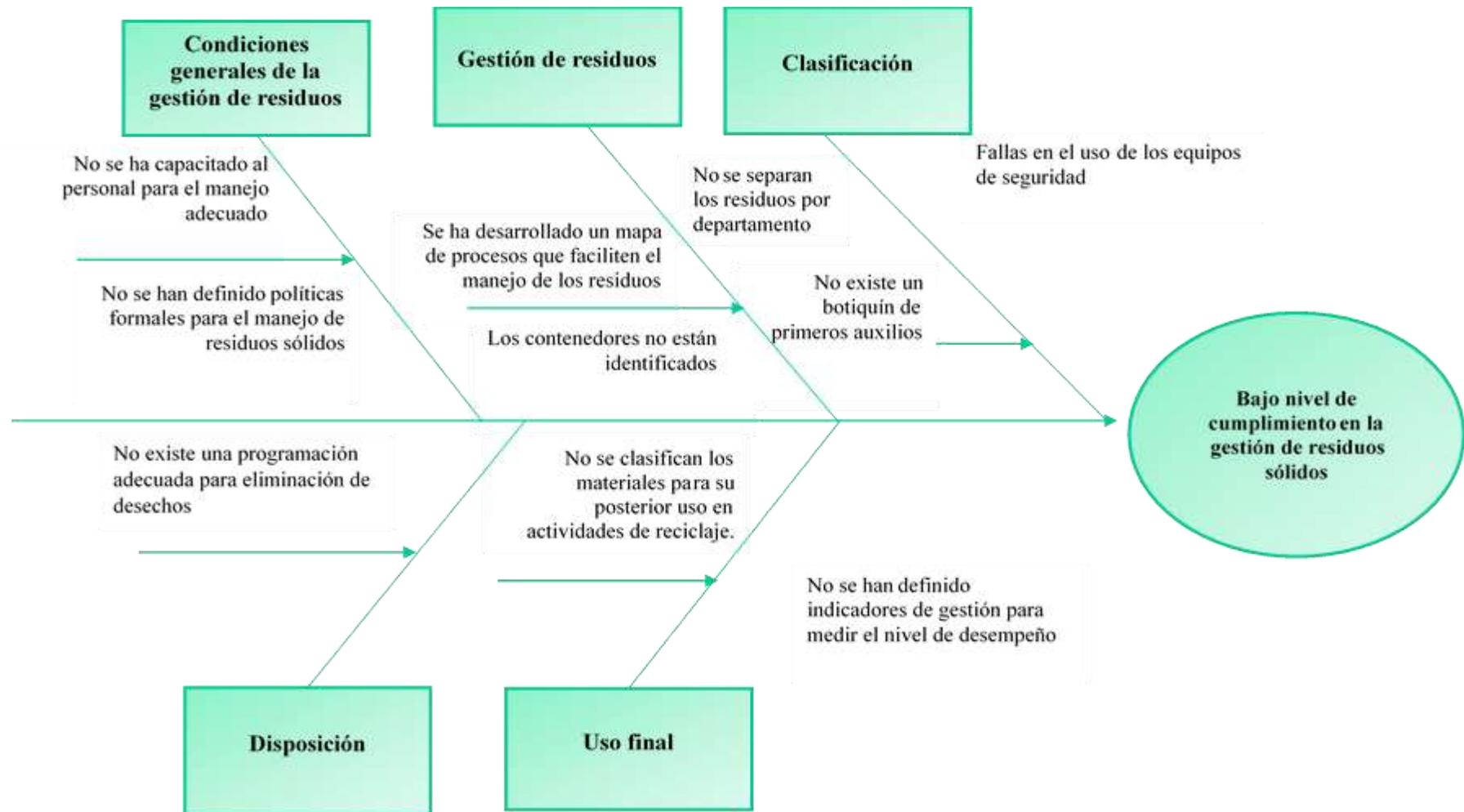


Figura 6. Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto de los elementos que inciden en la gestión de residuos sólidos  
 Fuente: Elaboración propia (2019)

## **Determinación de los factores principales que inciden en el proceso de manejo de residuos sólidos en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C.**

La siguiente actividad fue la determinación de los factores principales que influyen en el proceso de manejo de RS en el área de producción de la empresa. Para ello, las deficiencias detectadas en la lista de verificación y mostradas en el diagrama de Ishikawa fueron sometidas a una evaluación por parte del personal supervisorio directivo y operativo del área de producción de la empresa quienes evaluaron mediante la técnica de grupo nominal.

Los aspectos evaluados fueron: falta de capacitación en el manejo de residuos, falta de políticas formales, falta de un mapa de procesos para facilitar el manejo de los RS; los contenedores no están identificados; no se separan los residuos por departamento; no existe un botiquín de primeros auxilios en la zona de clasificación; falta de equipos de seguridad en el área de clasificación; falta de indicadores de gestión para evaluar los alcances de las prácticas llevadas a cabo en la empresa, no se clasifican los materiales para su posterior uso el reciclaje ni existe una programación adecuada para eliminar los desechos.

Con el uso de esta técnica, cada trabajador observó la evidencia detectada y la evaluó del 1 a al 10, otorgando 10 puntos al factor que consideraba más importante y 1 al que consideraba menos importante con estos resultados los factores analizados fueron priorizados (Ver Tabla 6) y representados visualmente en un Diagrama de Pareto que se presenta en la figura 7.

Tabla 6. Resultados de la técnica de grupo nominal con los factores que inciden en el manejo de RS en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C.

<b>Factor</b>	<b>Puntaje</b>	<b>%</b>	<b>Acumulado</b>
La empresa carece de políticas formales para el manejo de RS.	145	17.6%	17.6%
No existe una programación adecuada para eliminación de desechos.	140	17.0%	34.5%
La empresa no ha capacitado al personal para el manejo adecuado de los RS	132	16.0%	50.5%
No se han definido indicadores de gestión para medir el nivel de desempeño de la gestión de RS en la empresa	118	14.3%	64.8%
No se ha desarrollado un mapa de procesos que faciliten el manejo de los residuos.	100	12.1%	77.0%
Los contenedores de materiales destinados a reciclaje o venta están claramente etiquetados.	71	8.6%	85.6%
No se clasifican los materiales para su posterior uso en actividades de reciclaje	51	6.2%	91.8%
La empresa no motiva al personal a proponer ideas para mejorar la gestión de RS en el área de producción.	32	3.9%	95.6%
Los trabajadores no usan el equipo de protección personal apropiado mientras separan los desechos.	18	2.2%	97.8%
Los residuos de los diferentes departamentos de la empresa se manejan en forma separada.	11	1.3%	99.2%
No existe un botiquín de primeros auxilios disponibles en el área de clasificación para casos de emergencia	7	0.8%	100.0%

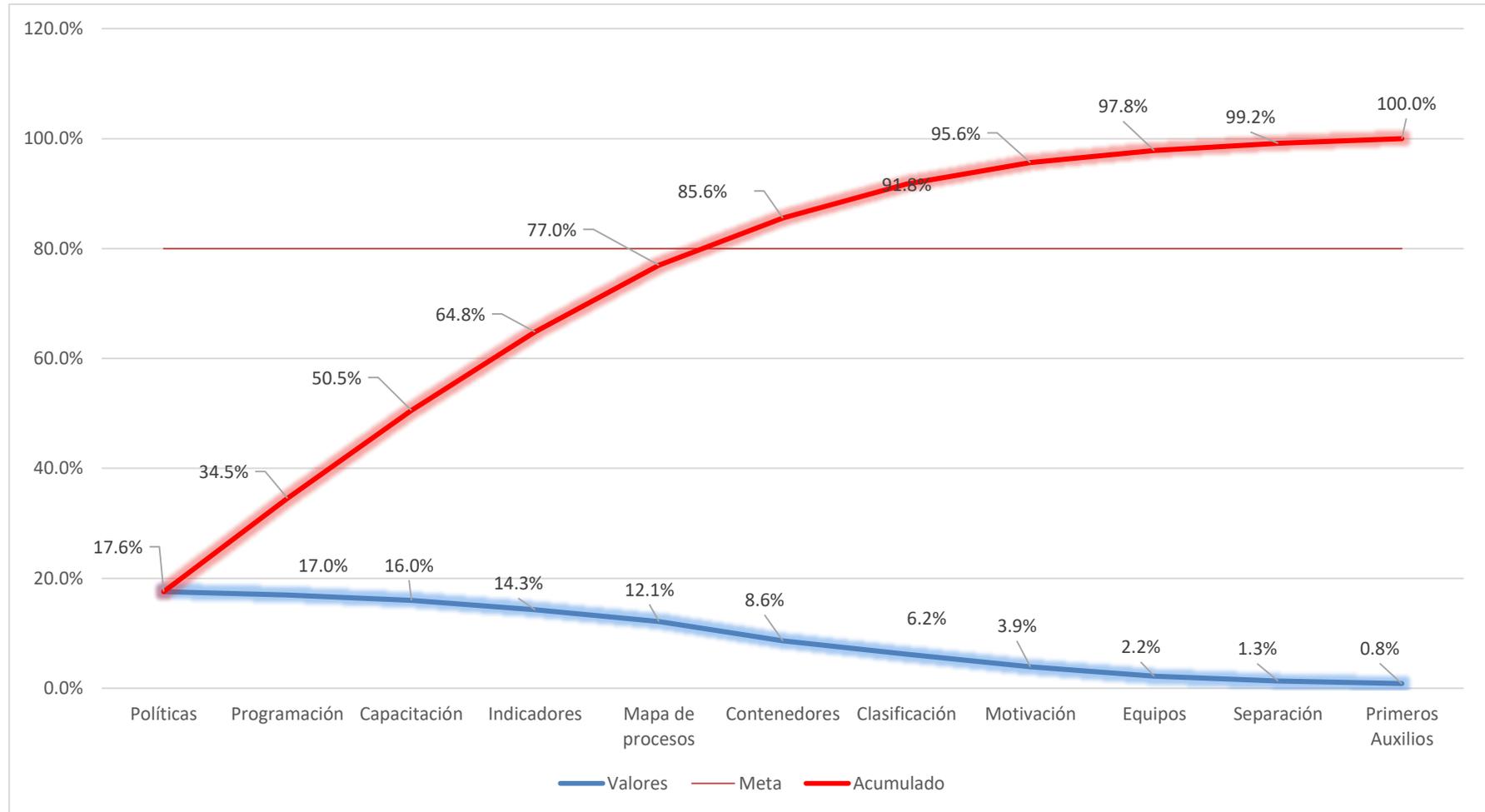


Figura 7. Diagrama de Pareto para la priorización de los elementos que inciden en la gestión de RS  
 Fuente: Elaboración propia (2019)

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### **Formulación de un plan de manejo de residuos sólidos a partir de las herramientas provistas por la metodología lean manufacturing en la empresa Chrometales S.A.C.**

La gestión de RS es un sistema diseñado para manejar el proceso de recolección, transporte, tratamiento y eliminación de materiales desechados y escombros. Se implementa en todas las industrias para proteger la salud y la seguridad públicas, promover la higiene ambiental y aumentar el desarrollo económico

El manejo de desechos sólidos ayuda a garantizar la eliminación de peligros potenciales, incluida la contaminación ambiental, enfermedades patógenas y reacciones químicas. La implementación adecuada de la gestión de RS puede: aumentar la seguridad ambiental; prevenir efectos adversos para la salud como irritación del sistema respiratorio, asma cutánea, alergias y más; conserva energía; y aumentar los ingresos lucrativos.

#### **Estudio de caracterización de residuos sólidos**

La fuente de generación de RS en la empresa Chrometales S.A.C. se divide en dos tipos bien diferenciados.

- Los residuos generados en oficinas (Compras, ventas y Sala Técnica), SSHH y despacho de producto terminado, tales como papel, plástico, residuos orgánicos y papel contaminado.
- Los generados de manera directa en el área de producción de la empresa y pueden comprender entre otras las operaciones de: torneado, fresado, corte, taladrado, alisado, y donde además se utilizan fluidos para la refrigeración y

lubricación de las piezas debido a las altas temperaturas que se generan en dichas operaciones.

Entre los residuos del área de producción se encuentran:

- Polvos metálicos secos y virutas secas procedentes de operaciones de mecanizado en seco.
- Virutas metálicas y polvos impregnados de aceites o taladrinas procedentes de mecanizados lubricados.
- Residuos líquidos de aceites, taladrinas, disolventes, etc., agotados o sucios.
- Trapos sucios, papeles sucios, absorbentes impregnados, etc., de aceites, grasas, disolventes, etc. (procedentes de limpiezas, derrames, entre otros)

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana de Gestión de residuos: Código de colores para el almacenamiento de RS (NTP 900.058-2019), la gestión de residuos se da en dos ámbitos principales: Municipal y No Municipal, el cual se utiliza con el fin de realizar una primera caracterización de los residuos de la empresa Chrometales S.A.C.

Los residuos municipales, están conformados por los residuos domiciliarios, actividades comerciales y otro tipo de actividades que se puedan asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción. A continuación, se presentan los residuos de ámbito municipal, que se generan en cada área de la empresa (Ver Tabla 7).

Tabla 7. *Caracterización de los residuos generados en la empresa Chrometales S.A.C. del ámbito Gestión Municipal*

RESIDUOS DEL ÁMBITO GESTIÓN MUNICIPAL (NTP 900.058)					
TIPO DE RESIDUO	OFICINAS	SSHH	DESPACHO P.T.	PRODUCCION	
APROVECHABLES	PAPEL Y CARTON	X	X	X	X
	VIDRIO	X		X	X
	PLASTICO	X	X	X	X
	TEXTILES				X
	MADERA				X
	METALES (LATAS Y ENVASES)	X			X
	PAPEL ACEITADO				X
NO APROVECHABLES	RESIDUOS SANITARIOS (PAPEL Y TOALLAS)		X		
ORGANICOS	RESTOS DE ALIMENTOS	X	x	X	

Los residuos no municipales, son aquellos de carácter peligroso o no peligroso que se generan en el desarrollo de actividades extractivas productivas y de servicios y comprenden los generados en las instalaciones principales y auxiliares de operación. A continuación, se presentan los residuos de ámbito no municipal que se generan en cada área de la empresa Chrometales S.A.C.

Tabla 8. *Caracterización de los residuos generados en la empresa del ámbito Gestión No Municipal.*

<b>RESIDUOS DEL ÁMBITO GESTIÓN NO MUNICIPAL (NTP 900.058)</b>				
Tipo de residuo	Oficinas	SSHH	Despacho P.T.	Producción
Papel y cartón	X	X	X	X
Plástico	X	X	X	X
Metales				X
Madera			X	X
Orgánicos	X			X
Vidrio				X
Peligrosos				X
No aprovechables	X	X	X	X

Con base en el tipo de aprovechamiento hay dos tipos: los que se pueden reutilizar y los que son residuos y deben ser tratados como tal.

Los residuos reutilizables se han clasificado en metálicos y no metálicos. Dentro de los metálicos hay dos categorías:

- Ferrosos: Incluyen trozos y virutas de acero, hierro y fundición
- No Ferrosos: Aluminio y bronce.

Dentro de los no metálicos hay dos categorías:

- Madera: Procedente de pallets y contenedores de material
- Papel y cartón. Procedente de la impresión, apuntes, catálogos obsoletos, cajas de envases.

- Plástico: Nylon, teflón, pvc-PVC

En los residuos que precisan tratamientos hay varios tipos:

- Aceite usado. No es abundante, ya que el empleado para el engrase de las máquinas tiene mucha duración.
- Taladrina. Tampoco es abundante, ya que se conserva con los aditivos apropiados.
- Lodos Galvánicos: Producto del proceso de cromado

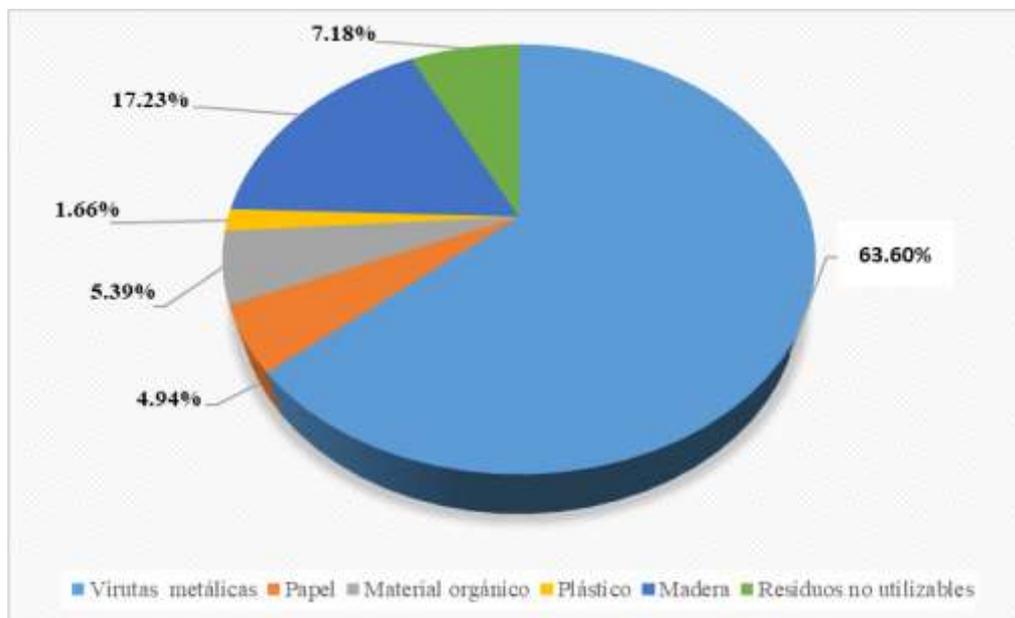


Figura 8. Porcentaje por tipo de residuo generado en la empresa Chrometales S.A.C. durante los tres meses de evaluación del proyecto.

Fuente: Elaboración propia (2019)

Con el fin de detallar la cantidad de residuos generados en la empresa Chrometales S.A.C. se tomó en cuenta solo los residuos de ámbito de gestión no municipal que representan el mayor volumen de residuos: Virutas Metálicas, Papel-Cartón y Madera, los cuales como se observa en la gráfica anterior representan el 85,77 % de los residuos totales producidos por la empresa. Dichos residuos se generan básicamente en el área de producción ya que los

residuos generados en las otras áreas pueden ser considerados como de gestión municipal y se debe pagar a la municipalidad para que los retire.

### **Producción de la empresa Chrometales S.A.C. versus generación de residuos aprovechables**

Para determinar la cantidad de virutas metálicas se utilizaron las siguientes tablas obtenidas a partir de la producción mensual total en Kilogramos para los meses del estudio, de los 4 modelos de cilindros hidráulicos y neumáticos fabricados por la empresa Chrometales S.A.C. y la cantidad de desperdicio metálico (Kg) generado en cada uno de ellos.

Tabla 9. *Producción Mes de abril 2019*

Modelo de cilindro medidas		Producción cilindro hidráulico			Producción cilindro neumático		
		Abril 2019			Abril 2019		
		Peso producido cilindro hidráulico (kg)			Peso producido cilindro neumático (Kg)		
Diámetro (mm)	Longitud (mm)	cantidad	Virutas (Kg)	cantidad	Virutas (Kg)		
50	1000	14	124.46	10.58	12	78.24	6.65
80	1500	2	72.92	6.20	1	19.66	1.67
400	1400	8	5524.16	469.55	4	2762.08	234.78
200	1200	2	443.94	37.73	2	147.88	12.57
		Total (Kg)	6165.48	524.07	Total (Kg)	3007.86	255.67

Tabla 10. *Producción Mes de mayo 2019*

Modelo de cilindro medidas		Producción cilindro hidráulico Mayo 2019			Producción cilindro neumático Mayo 2019		
Diámetro (mm)	Longitud (mm)	cantidad	Peso		cantidad	Peso	
			producido cilindro hidráulico (kg)	Virutas (Kg)		producido cilindro neumático (Kg)	Virutas (Kg)
50	1000	16	142.24	12.09	13	84.76	7.20
80	1500	4	145.84	12.40	2	39.32	3.34
400	1400	6	4143.12	352.17	5	3452.6	293.47
200	1200	3	665.91	56.60	1	73.94	6.28
		Total (Kg)	5097.11	433.25	Total (Kg)	3650.62	310.30

Tabla 11. *Producción Mes de junio 2019*

Modelo de cilindro medidas en mm		Producción cilindro hidráulico Junio 2019			Producción cilindro neumático Junio 2019		
Diámetro (mm)	Longitud (mm)	cantidad	Peso		cantidad	Peso	
			producido cilindro hidráulico (kg)	Virutas (Kg)		producido cilindro neumático (Kg)	Virutas (Kg)
50	1000	14	124.46	10.58	11	71.72	6.10
80	1500	5	182.3	15.50	3	58.98	5.01
400	1400	8	5524.16	469.55	7	4833.64	410.86
200	1200	5	1109.85	94.34	4	295.76	25.14
		Total (Kg)	6940.77	589.97	Total (Kg)	5260.1	447.11

A partir de las tablas anteriores y los datos de la Tabla 3 en cuanto a la generación de residuos de madera y papel para los 3 meses del proyecto se presenta la siguiente tabla:

Tabla 12. *Producción total mensual y Residuos generados*

Producción por mes	Producción total Empresa Kg	Virutas (Kg)	Madera (Kg)	Papel (Kg)
Abril	9,173.34	779.74	214.36	72
Mayo	8,747.73	743.55	250.42	62
Junio	12,230.97	1,037.08	228.76	65
Total (Kg)	30,152.04	2,560.1	693.54	199

A partir de la tabla anterior se construyen las siguientes figuras comparativas de producción mensual (Kg) vs residuos por tipo (Kg)

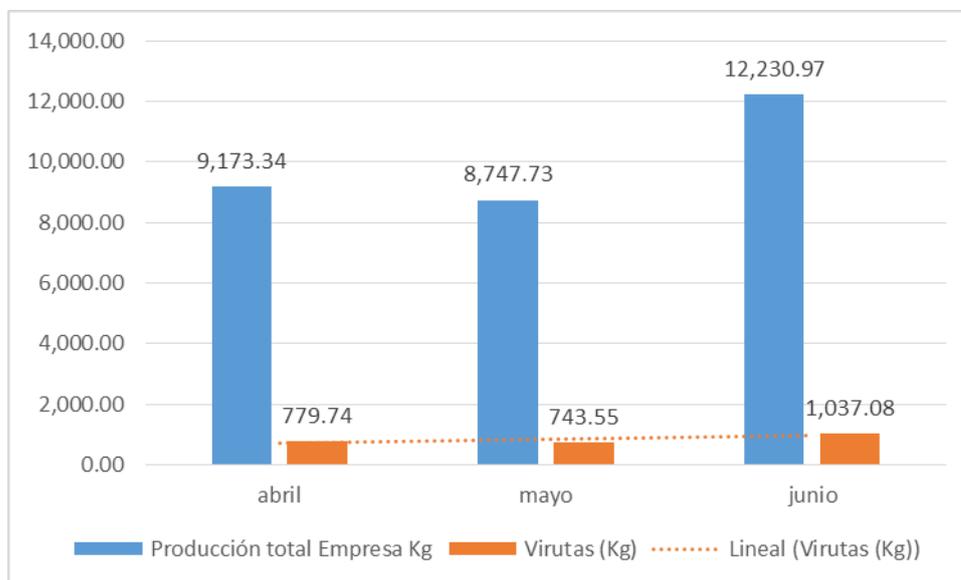
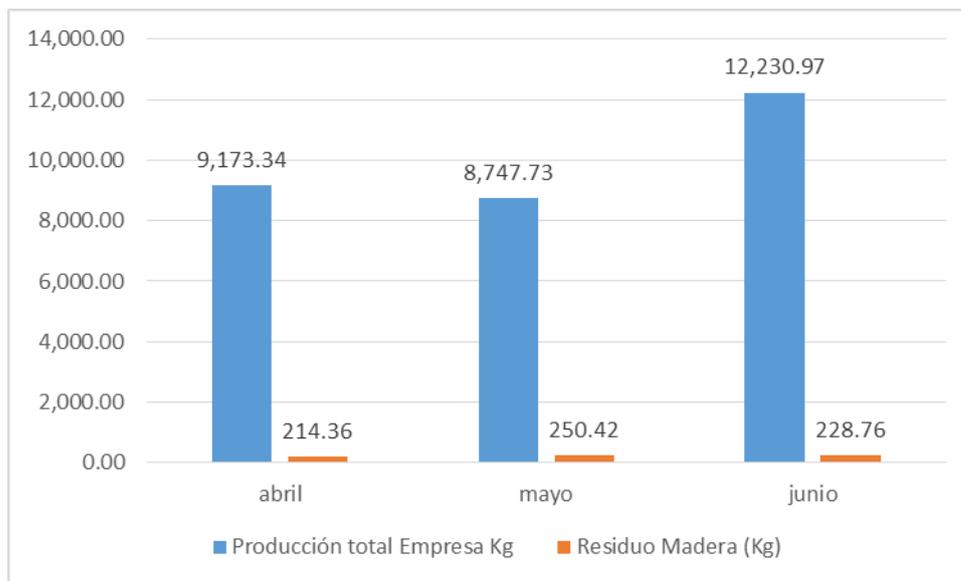


Figura 9. Producción total por mes de la empresa (Kg) vs Virutas (Kg).

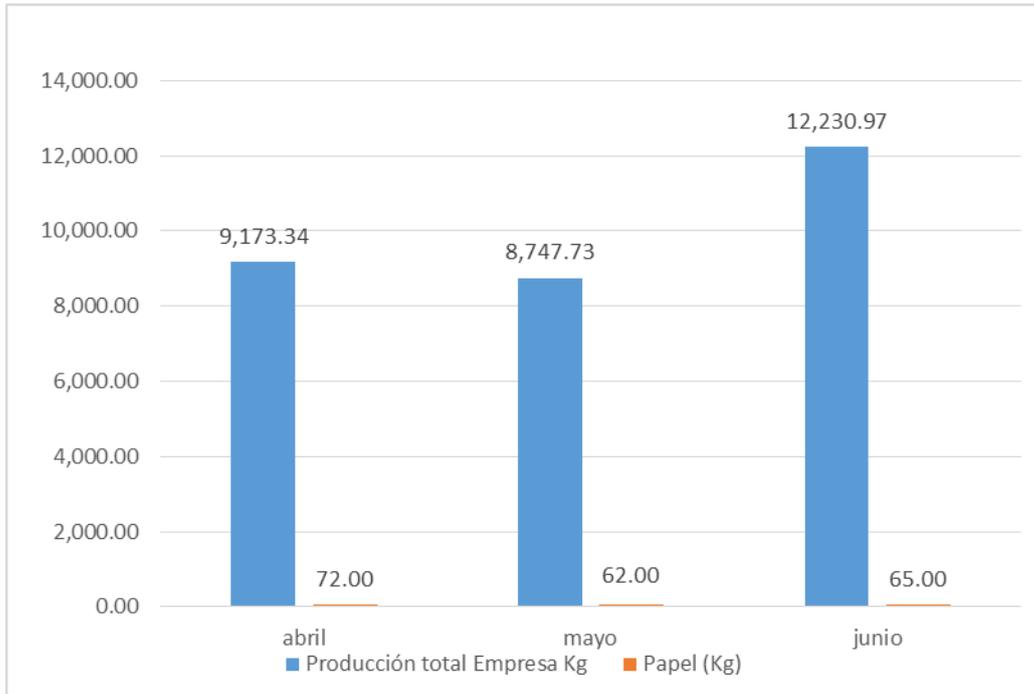
Fuente: Elaboración propia (2019)

Como se observa en la gráfica anterior la tendencia de producción de viruta metálica es a aumentar con el aumento de la producción y la mayor producción de viruta (1,037.08) se obtuvo para el mes de junio del 2019 con una producción total de 12,230.97 Kg



*Figura 10. Producción total por mes de la empresa (Kg) vs Residuo Madera (Kg)*  
Fuente: Elaboración propia (2019)

A diferencia de la producción de viruta metálica, la madera residual no tiene un patrón de generación de acuerdo con la producción ya que es producto de los contenedores de la materia prima que pueden variar en dimensión y volumen de acuerdo al proveedor.



*Figura 11.* Producción total por mes de la empresa (Kg) vs Residuo Papel (Kg)  
*Fuente:* Elaboración propia (2019)

De igual forma que la madera, la generación de papel residual no va de acuerdo a la producción, ya que se observa que siendo junio el mes con mayor producción la cantidad de papel de desecho es menor al mes de abril donde hubo una producción menor de cilindros, por lo que el aumento de la producción no garantiza una mayor generación de papel.

## **Reorganización de planta**

### **Recolección y Almacenamiento de RS (Situación actual)**

El proceso de almacenaje De los desechos generados en el proceso productivo se realiza de manera temporal en las zonas Exteriores de cada área y luego son recogidos por personas dedicadas al reciclaje dentro de la empresa esta actividad se llevó a cabo de manera mensual o en atención a los requerimientos de espacio para almacenaje de residuos.

Por otra parte los residuos orgánicos de ámbito municipal que no son peligrosos contaminantes son almacenados en cilindros metálicos y su recolección se lleva a cabo dos veces a la semana esta actividad realizada por el personal de limpieza y son trasladados hasta la zona de entrada de la empresa para que sean recogidos por la entidad municipal responsable de esta actividad.

en la observación de estos hechos se pudo comprobar que no había un control o actividad de seguimiento de salida de estos residuos por lo que no se podía verificar su disposición final además en el área de almacenamiento de los materiales reciclables no había una localización adecuada para su mantenimiento hasta que fueran vendidos por la empresa.

En el Anexo 5 se muestra la cantidad de los cilindros de residuos generales de la empresa y su ubicación actual.

## **Propuesta**

### **Recolección Selectiva**

Para que el plan de gestión de residuos sea eficiente y eficaz de acuerdo a los principios de Lean Manufacturing, el primer paso consiste en la recolección selectiva de los desechos, basado en los conceptos de segregación y limpieza, con el fin de facilitar los procesos de almacenamiento y posterior disposición de residuos. Para tal fin se equipará al personal encargado de la limpieza de las herramientas necesarias para el cumplimiento de sus labores (escobas, palas, brochas, aspiradora industrial, contenedores y carruchas para transportar los contenedores) y los implementos de seguridad de acuerdo a las normas de seguridad industrial.

#### **Procedimiento para la recolección selectiva de residuos de ámbito municipal.**

Los residuos no industriales que correspondan al ámbito municipal serán recolectados manualmente o con la ayuda de instrumentos de limpieza, tales como escobas, palas y brochas, con el fin facilitar la recolección de residuos y que no se almacenen en los puestos de trabajo. Para esto se dispondrán de zonas de almacenamiento de residuos marcadas y señalizadas en la empresa Chrometales S.A.C.

#### **4.3.3 Procedimiento para la recolección selectiva de residuos de ámbito no municipal.**

Como se explicó anteriormente el plan inicial va dirigido básicamente a RS que se generan en mayor cantidad en la empresa: virutas metálicas, papel y madera. Para realizar este procedimiento se utilizarán elementos de aseo y limpieza que contribuyen a un proceso

de recolecta más efectivo de aquellos RS que se generan durante las operaciones de fabricación en la empresa Chrometales S.A.C.

La recolección de residuos se efectuará de forma diaria una vez finalizada las tareas de mecanizado y fabricación de piezas y se dispondrá de contenedores identificados con colores y etiquetas de acuerdo a la norma NTP 900.058- 2019. A continuación se presenta el código de colores para los residuos del ámbito no municipal.

Tabla 13. *Código de colores para los residuos del ámbito no municipal según la norma NTP 900.058-2019.*

TIPO DE RESIDUO	COLOR
Papel y Cartón	Azul
Plástico	Blanco
Metales	Amarillo
Orgánicos	Marrón
Vidrio	Plomo
peligrosos	Rojo
No aprovechables	Negro

Fuente: MINAN (2020)

Adicionalmente se añade un contenedor de color verde para recolectar los residuos de ámbito municipal.

Los implementos de seguridad a utilizar en cada caso, corresponderán a los tipos de residuos que sean manipulados, de acuerdo a las normas aplicables.

Una vez finalizadas las tareas de producción, se procederá a llevar cabo la siguiente secuencia, con el motivo de regularizar la manera con que se reúnen los desechos:

El operador de la maquina debe eliminar los residuos de las piezas mecanizadas o soldadas con la ayuda de brochas y saca escorias respectivamente sobre el puesto de trabajo.

Una vez finalizada la jornada de trabajo cada operador debe limpiar su área de trabajo y amontonar o recoger en el caso que se requiera los desperdicios por tipo para que el personal de aseo procederá a recolectarlos y llevarlos al sitio de acopio temporal dentro de la empresa.

### **Almacenamiento:**

El almacenamiento de los RS es un proceso vital para la correcta implementación de un plan de gestión de residuos, luego de la recolección selectiva, ya que es el medio a través del cual se asegura la preservación y correcta disposición de los desechos.

Simultáneamente a la implementación de la recolección selectiva, se presenta en plan de aumentar la cantidad de contenedores para el depósito de los residuos en la empresa Chrometales S.A.C., ya que de acuerdo a la evaluación realizada en el diagnóstico de la situación actual, se refleja que existe una nula o baja capacidad de segregación de los residuos generados en la empresa y la inexistencia de contenedores diferenciados por colores para un correcto acopio de los residuos.

Dichos contenedores además de estar etiquetados e identificados por colores deben tener un espesor adecuado y estar contruidos con materiales que sean resistentes al residuo almacenado y a prueba de filtraciones.

Aunque el plan inicial está centrado en virutas metálicas, papel y madera se plantea la utilización de 7 contenedores de residuos por zona de recolección interna (2 zonas) y 8 contenedores para el almacén externo, con el fin de ir creando la infraestructura y la concientización hacia la cultura del reciclaje, el cumplimiento de las normas ambientales y la posibilidad futura de añadir otros tipos de residuos para la generación de recursos a la empresa.

Las zonas de recolección de acuerdo al estudio realizado y para facilitar la recolección son 2: una ubicada cerca de los vestuarios y otra ubicada en la zona de montaje. Adicionalmente se contará con un almacén externo con contenedores de mayor capacidad y en el cual se hace el pesaje y la entrega de los residuos aprovechables a las empresas dedicadas a tal fin (municipales y no municipales). El almacén externo cumple con las siguientes condiciones, según el D.S. N°43/2016 MINSAL.

Los contenedores se deben encontrar sobre una plataforma o estante metálico no absorbente, o bien sobre el piso. Poseer un sistema de control de derrames

Sistema manual de extinción de incendios, a base de extintores.

El almacenamiento de residuos peligrosos será exclusivo y separado de los otros residuos, manteniendo al menos 1,2 metros de distancia.

El almacén debe ser en un lugar con buena ventilación y a temperatura ambiente, el cual no permita riesgos de inflamación de los residuos almacenados.

A continuación, se presentan los contenedores utilizados para el acopio interno de los residuos generados por la empresa Chrometales S.A.C.

Tabla 14. *Contenedores de residuos para las zonas internas*

<b>TIPO DE RESIDUO</b>	<b>COLOR</b>	<b>CA NT</b>	<b>CAPACIDAD (Lts)</b>
Papel y Cartón	Azul	2	180
Plástico	Blanco	2	180
Metales	Amarillo	2	180
Orgánicos	Marrón	2	180
Vidrio	Plomo	2	180
Ámbito municipal	verde	2	180
No aprovechables	Negro	2	180

Tabla 15. *Contenedores de residuos para el almacén externo*

<b>TIPO DE RESIDUO</b>	<b>COLOR</b>	<b>CA NT</b>	<b>CAPACIDAD (Lts)</b>
Papel y Cartón	Azul	1	240
Plástico	Blanco	1	240
Metales	Amarillo	2	240
Orgánicos	Marrón	1	240
Vidrio	Plomo	1	240
Ámbito municipal	verde	1	240
No aprovechables	Negro	1	240
Peligroso	rojo	1	240

Como se observa en la tabla interior los recipientes o contenedores del almacén externo son de mayor capacidad para poder acopiar mayor cantidad de residuos los cuales serán llevados posteriormente por la municipalidad o las empresas privadas prestadoras del servicio de reciclaje al sitio de deposición final. Cabe destacar que para las virutas metálicas se disponen 2 contenedores por ser el residuo que se generan en mayor cantidad en la empresa Chrometales S.A.C. (Ver Anexo 6)

### **Cuantificación de Residuos**

La cuantificación de residuos es el procedimiento mediante el cual se medirán las cantidades en kilos de RS aprovechables por tipo, para ser vendidos o entregados a las empresas encargadas para su disposición final. Para esto se requiere el uso de una balanza electrónica y el formato de registro de residuos por tipo. Este procedimiento se llevará a cabo

semanalmente o cuando se requiera de acuerdo a los requerimientos de la empresa contratista.

### **Disposición Final**

La disposición final de los RS está determinada como se mencionó anteriormente de acuerdo al tipo de residuo. Los residuos del ámbito municipal son recogidos de acuerdo al cronograma de la municipalidad y los de ámbito no municipal deben encargarse a empresas externas las cuales deben estar registradas ante el MINTRA y contar con la permisología y estructura para realizar las tareas de disposición final de los residuos.

## Evaluación económica de ingresos por reciclaje

### Resumen costos del proyecto

Una vez determinado los planes de acción es relevante resumir los costos implicados en el proyecto, con el fin de dimensionar los gastos necesarios para llevar a cabo la implementación de los cambios.

Para comenzar se resumirán los costos asociados a los procesos de recolección de residuos, es decir el valor de escobas, palas, paños de aseo y brochas nuevos y que cumplan con las tareas de recolección de residuos

Tabla 16. *Costos iniciales de materiales en soles utilizados en la implementación.*

Producto	Cantidad	Costo por Unidad (S/.)
Escobas	12	70.00
Palas de plástico	6	25.20
Papel (millar)	1	5.60
Brochas	15	42.00
Palas metálicas	6	50.40
Paños multiuso	20	5.60
Aspiradora industrial	1	140.00
Balanza (0 a 100 kg)	1	152.00
Guantes	10	11.20
Mascarillas	20	11.20
Delantales	12	184.80
Contenedor plástico 180 lts	14	862.40
Contenedor plástico 240 lts	9	554.40
Etiquetas de identificación	25	105.00
Pintura de colores spray	8	134.40
<b>Total</b>		<b>2,347.20</b>

Los otros recursos utilizados para la implementación se muestran en la Tabla 17

Tabla 17. *Recursos empleados en la implementación.*

<b>Recursos</b>	<b>Total S/.</b>
<b>Recursos humanos</b>	
Participación de los investigadores	2,200.00
Tiempo del personal de planta en evaluación	1.400,00
Tiempo del personal de planta en organización e implementación	1.800,00
<b>Materiales de limpieza y organización</b>	
Total materiales	2,347.20
<b>Otros recursos</b>	
Laptop y proyector para presentación de la propuesta	450.00
Útiles de oficina y papelería	150,00
<b>Total</b>	<b>8,347.20</b>

### **Residuos aprovechables para reciclaje**

Los residuos aprovechables son todos aquellos que tienen demanda en el mercado local de reciclaje. En la Tabla siguiente se muestran los precios de venta de los residuos reciclables en Lima y Callao.

Tabla 18. *Precios Promedio de Venta de Residuos Reciclables en el área Lima- Callao*

RESIDUO	PRECIO PROMEDIO (S./ Kg.)
Hierro y acero	0.80
Madera	0.60
Papel o Cartón	0.20

Fuente: MINAN (2019)

De acuerdo al estudio se evalúa la cantidad de residuos metálicos, madera y papel-cartón generados por la empresa Chrometales S.A.C. durante el trimestre abril, mayo y junio del 2019 cuyo resultado se presenta a continuación:

Tabla 19. *Cantidad de residuos total por tipo generados por la empresa Chrometales SAC. en el segundo trimestre de 2019*

TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD (KG).
Virutas metálicas	2,560.10
Madera	693.54
Papel o Cartón	199.00

El ingreso en soles por tipo de residuo viene dado por:

$$\text{Ingreso bruto}(S/.) = \text{Cantidad Residuo}(Kg) * \text{Precio Residuo} \left(\frac{S/}{Kg}\right)$$

*Ecuación 1. Ingresos por residuos*

A partir de la fórmula anterior se construye la siguiente tabla de ingresos brutos por tipo de residuo

Tabla 20. *Ingreso bruto en soles por venta de residuos sólidos generados en la empresa Chrometales SAC. en el segundo trimestre de 2019*

TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD (KG).	PRECIO PROMEDIO (S./ Kg.)	INGRESO (S/.)
Virutas metálicas	2,560.1	0.80	2,048.00
	0		
Madera	693.54	0.60	416.12
Papel o Cartón	199.00	0.20	39.8
		TOTAL	2,547.25

De la tabla anterior se obtuvo que el ingreso total por la venta de los RS generados por la empresa para el estudio de la propuesta es de S/. 2,547.25, siendo la venta de virutas metálicas el 87,77 % del total.

Con los datos obtenidos durante el período de observación se procedió a hacer el flujo de caja proyectado para los próximos cinco años. En la tabla 21 se muestra el Flujo de caja sin la implementación y en la Tabla 22 el flujo de caja con la implementación. Para su elaboración, se toma en cuenta las siguientes premisas: la empresa proyecta un crecimiento de las ventas del 10% interanual, los costos operativos se calculan sobre el 28% de beneficio sobre el precio de venta, los gastos de administración y ventas comprende el 5% de las ventas y los gastos por manejo de residuos se calculan al 5% de los ingresos esperados:

Tabla 21. *Flujo de efectivo proyectado sin la implementación*

FLUJO DE EFECTIVO PROYECTADO SIN IMPLEMENTACIÓN						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>INGRESOS</b>						
Cilindros 50 mm		150,400.00	165,440.00	181,984.00	200,182.40	220,200.64
Cilindros 80 mm		49,400.00	54,340.00	59,774.00	65,751.40	72,326.54
Cilindros 200 mm		81,200.00	89,320.00	98,252.00	108,077.20	118,884.92
Cilindros 400 mm		238,000.00	261,800.00	287,980.00	316,778.00	348,455.80
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>519,000.00</b>	<b>570,900.00</b>	<b>627,990.00</b>	<b>690,789.00</b>	<b>759,867.90</b>
<b>EGRESOS</b>						
Costos operativos		311,400.00	342,540.00	376,794.00	414,473.40	455,920.74
Gastos de administración y ventas		31,140.00	34,254.00	37,679.40	41,447.34	45,592.07
Gastos generales		12,975.00	14,272.50	15,699.75	17,269.73	18,996.70
<b>TOTAL EGRESOS</b>		<b>355,515.00</b>	<b>391,066.50</b>	<b>430,173.15</b>	<b>473,190.47</b>	<b>520,509.51</b>
Utilidad bruta		163,485.00	179,833.50	197,816.85	217,598.54	239,358.39
Impuesto a la Renta (29.5%)		48,228.08	53,050.88	58,355.97	64,191.57	70,610.72
Utilidad neta		115,256.93	126,782.62	139,460.88	153,406.97	168,747.66
Flujos de inversión		-	-	-	-	-
<b>Flujo neto económico</b>	-	<b>115,256.93</b>	<b>126,782.62</b>	<b>139,460.88</b>	<b>153,406.97</b>	<b>168,747.66</b>

Tabla 22. *Flujo de efectivo proyectado con la implementación*

FLUJO DE EFECTIVO PROYECTADO						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>INGRESOS</b>						
Cilindros 50 mm		150,400.00	165,440.00	181,984.00	200,182.40	220,200.64
Cilindros 80 mm		49,400.00	54,340.00	59,774.00	65,751.40	72,326.54
Cilindros 200 mm		81,200.00	89,320.00	98,252.00	108,077.20	118,884.92
Cilindros 400 mm		238,000.00	261,800.00	287,980.00	316,778.00	348,455.80
Total ventas		519,000.00	570,900.00	627,990.00	690,789.00	759,867.90
Ingresos por venta virutas		8,192.00	9,011.20	9,912.32	10,903.55	11,993.91
Ingresos por venta madera		1,664.50	1,830.95	2,014.04	2,215.44	2,436.99
Ingresos por venta papel		159.20	175.12	192.63	211.90	233.08
Total ingresos por gestión residuos		10,015.70	11,017.27	12,118.99	13,330.89	14,663.98
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>529,015.70</b>	<b>581,917.27</b>	<b>640,108.99</b>	<b>704,119.89</b>	<b>774,531.88</b>
<b>EGRESOS</b>						
Costos operativos		311,400.00	342,540.00	376,794.00	414,473.40	455,920.74
Gastos de administración y ventas		31,140.00	34,254.00	37,679.40	41,447.34	45,592.07
Gestión de residuos		500.78	550.86	605.95	666.54	733.20
Gastos generales		13,225.39	14,547.93	16,002.72	17,603.00	19,363.30
<b>TOTAL EGRESOS</b>		<b>356,266.18</b>	<b>391,892.79</b>	<b>431,082.07</b>	<b>474,190.28</b>	<b>521,609.31</b>
Utilidad bruta		172,749.52	190,024.47	209,026.92	229,929.61	252,922.57
Impuesto a la Renta (29.5%)		50,961.11	56,057.22	61,662.94	67,829.23	74,612.16
Utilidad neta		121,788.41	133,967.25	147,363.98	162,100.37	178,310.41
Flujos de inversión	8,347.20	-	-	-	-	-
Flujo neto económico	-8,347.20	121,788.41	133,967.25	147,363.98	162,100.37	178,310.41

En la Tabla 23 se hace una comparación de los flujos de efectivo proyectados con y sin la implementación, para evaluar los beneficios económicos de la implementación:

Tabla 23. *Comparación de los flujos de efectivo proyectados con y sin la implementación*

Año	Beneficio sin implementación	Beneficio con implementación
0		-8,347.20
1	115,256.93	121,788.41
2	126,782.62	133,967.25
3	139,460.88	147,363.98
4	153,406.97	162,100.37
5	168,747.66	178,310.41
Total	S/ 703,655.05	S/ 735,183.23

Finalmente, en la tabla 24 se hace una relación de los ingresos adicionales por la implementación de la propuesta, el cálculo del Valor Neto Actual (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la relación beneficio/costo y el tiempo de recuperación de la inversión:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

*Ecuación 2. Formula Valor Actual Neto*

Donde:

$F_t$  = Flujo de dinero en el Periodo t

K = Tasa de Interés

t = Periodo

$I_0$  = Inversión Inicial

$$FCI = \text{Ingresos adicionales} - \text{egresos adicionales}$$

*Ecuación 3. Flujo de caja incremental*

$$\text{Relación costo beneficio} \frac{\text{Total beneficios proyectados}}{\text{total costos de implementación}}$$

*Ecuación 4. Relación costo beneficio*

Tabla 24. *Relación de los ingresos adicionales por la implementación de la propuesta, el cálculo del Valor Neto Actual (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR).*

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos adicionales		10,015.70	11,017.27	12,118.99	13,330.89	14,663.98
Egresos adicionales		500.78	550.86	605.95	666.54	733.20
	8,347.20					
Flujo de caja incremental	8,347.20	9,514.91	10,466.40	11,513.04	12,664.35	13,930.78
Tasa de descuento (12%)						
VAN	32,087.09					
TIR	112.98%					
B/C	BENEFICIO	40,987.09	S/			
	COSTO	8,347.20	S/			
B/C	S/ 4.91					

Tabla 25. *Cálculo de la relación beneficio/costo y el tiempo de recuperación de la inversión.*

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
FLUJO DE CAJA ACTUALIZADO	-S/ 8,347.20	S/ 8,496.46	S/ 9,347.00	S/ 10,282.50	S/ 11,311.45	S/ 12,443.20
FLUJO ACUMULADO		S/ 149.26	S/ 17,843.46	S/ 19,629.50	S/ 21,593.95	S/ 23,754.65
BENEFICIO EN 12 MESES	S/ 8,496.46					
INVERSIÓN	8,347.20					
X= TIEMPO DE RECUPERACIÓN			11.79			
		11.79	MESES			

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

El estudio realizado tuvo como objetivo implementar un plan de manejo de residuos sólidos mediante la aplicación lean manufacturing en la empresa Chrometales S.A.C. de sus resultados se extraen las siguientes conclusiones:

1. En lo que respecta a la situación actual del proceso de manejo de residuos sólidos en el área de producción de la empresa Chrometales S.A.C, se aplicaron diversas técnicas de diagnóstico tales como la lista de verificación, el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, con lo que se identificó que los principales problemas estaban asociados a que la empresa carecía de políticas formales para el manejo de residuos, no existía una programación adecuada para eliminación de desechos, la empresa no ha capacitado al personal para el manejo adecuado de estos materiales y no se habían definido indicadores de gestión para medir el nivel de desempeño de la gestión de RS en la empresa
2. Luego se formuló un plan de manejo de residuos sólidos a partir de las herramientas provistas por la metodología lean manufacturing en la empresa Chrometales S.A.C. para responder las necesidades de la organización de contar con un proceso más adecuado con las mejores prácticas ambientales, en el cual se desarrollaron las siguientes actividades: un estudio de caracterización de residuos, la determinación de recursos reaprovechables, una reorganización de la planta para mejorar los procesos de recolección almacenamiento y transporte de

- desechos, un procedimiento para la recolección selectiva de residuos de ámbito municipal y no municipal y la evaluación económica de ingresos por reciclaje.
3. Finalmente, se aplicó el plan de manejo de residuos sólidos mediante el uso de la aplicación lean manufacturing en la empresa Chrometales S.A.C, para lo cual se realizó una evaluación económica de la implementación para demostrar el beneficio que traía la empresa de manera económica la venta de los materiales reutilizables como virutas metálicas, papel y madera que generan ingresos financieros adicionales y una mejora en el flujo neto económico proyectado en cinco años, con un incremento de S./ 9,514.91 para el primer año, un beneficio proyectado de S/. S/ 40,987.09, un Valor Actual Neto de S/. 32,087.09 y una tasa interna de retorno de 112.98%.
  4. Como conclusión general, en cuanto a la aplicación de la herramienta lean manufacturing, a lo largo del proceso investigativo se hizo uso de estrategias determinantes: el proceso de investigación para contrastar los referentes teóricos y mantener las practicas implementadas con el modelo que las sustentaba, la aplicación de la metodología y la presentación de resultados, los cuales se consideraron para la caracterización y disposición final de los residuos sólidos en la empresa Chrometales S.A.C.

## RECOMENDACIONES

1. Se le recomienda a la organización profundizar en el análisis, estudio y aplicación de técnicas para la reducción de residuos sólidos con el fin de contribuir a un proceso más limpio y acorde con las nuevas tendencias en gestión.
2. Asimismo, se recomienda motivar al personal a proponer actividades que contribuyan con la reducción de los desechos no utilizables; no solamente en el ámbito de la organización sino a nivel comunitario, para afianzar una estrategia de responsabilidad social empresarial que genere el reforzamiento del nombre de la organización.
3. Articular cadenas de gestión de residuos sólidos para el aprovechamiento efectivo de los materiales reutilizables, con la participación de las empresas y las comunidades de manera tal de crear actividades sustentables que impactan el ambiente y la economía de las comunidades.
4. Aplicar técnicas basadas en los modelos que propone la ingeniería industrial para el mejoramiento de los procesos; no sólo en aquellos relacionados con la gestión de residuos sólidos sino de todos aquellos que puedan contribuir a la mejora continua de la empresa.

## REFERENCIAS

- Abualfaraa, W., Salonitis, K., Al-Ashaab, A. & Ala'raj, M. (2020). Lean-Green Manufacturing Practices and Their Link with Sustainability: A Critical Review. *Sustainability*, 12, 981, 1-21. <https://doi.org/10.3390/su12030981>
- Alea, L., Bruguera, N., & Marín, L. (2019). Diagnóstico de la gestión del reciclaje de los residuos sólidos generados en el destino turístico Viñales. *Avances*, 21(4), 1-16. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7090087>
- Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria Ambiental AAISA (2017). 7° Congreso Interamericano de residuos sólidos. AIISA. [http://www.aidisnet.org/PDF/MEMORIAS\\_7mo\\_Congreso\\_Residuos\\_Solidos.pdf](http://www.aidisnet.org/PDF/MEMORIAS_7mo_Congreso_Residuos_Solidos.pdf)
- Belvedere, V., Cuttaia, F., Rossi, M., & Stringhetti, L. (2019). Mapping wastes in complex projects for Lean Product Development. *International Journal of Project Management*, 37(3), 410–424. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.01.008>
- Carbajal, G. (2019). *Modelo Lean-Green en el proceso de producción dentro de la industria de confecciones textiles de lencería*. (Tesis de Grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626171>
- Cherrafi, A., Garza, J., Kumar, V., Mishra, N. Ghobadian, A. & Elfezazi, S. (2018). Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance. *International Journal of Production Economics*, 206 (12), 79-92. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.031>

- Díaz, F. y Romero, M. (2016). Estrategias para mejorar la gestión de residuos sólidos hospitalarios. Servicio de Emergencia. Hospital Regional Docente Las Mercedes. Chiclayo 2015. (Tesis de grado). Universidad Señor de Sipán.  
<http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/3085>
- Fercoq, A., Lamouri, S. & Carbone, V. (2016). Lean/Green integration focused on waste reduction techniques. *Journal of Cleaner Production*, 137 (1), 568-578.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.107>
- Galvis, J. (2016). Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución. *Gestión & Región*, 22 (Julio-Diciembre), 101–119.  
<https://go.galegroup.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA529948041&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=19009771&p=IFME&sw=w>
- IPES Promoción del Desarrollo Sostenible (2016). *Estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios del Distrito de Ate*. Subgerencia de Limpieza Pública y Manejo de residuos sólidos.  
[http://www.muniate.gob.pe/ate/files/documentosPlaneamientoOrganizacion/GESTION\\_RESIDUOS\\_SOLIDOS/2017/ESTUDIO\\_DE\\_CARACTERIZACION\\_DE\\_RESIDUOS\\_SOLIDOS.pdf](http://www.muniate.gob.pe/ate/files/documentosPlaneamientoOrganizacion/GESTION_RESIDUOS_SOLIDOS/2017/ESTUDIO_DE_CARACTERIZACION_DE_RESIDUOS_SOLIDOS.pdf)
- Kumar, R. & Kumar, J. (2016). Green lean manufacturing: Way to sustainable productivity improvement. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 4 (6), 243-262. <http://pnrsolution.org/Datacenter/Vol4/Issue6/31.pdf>
- Mahesh, P. Seadon, J. & Moore, D. (2020). Waste reduction using lean tools in a multicultural environment. *Journal of Cleaner Production*, 265 (1), 121-128.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121681>

Mendoza, C. (2019). *Plan de minimización y manejo de residuos sólidos para una planta cementera en Piura*. (Tesis de grado). Universidad de Piura.  
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4051>

Ministerio del Ambiente MINAM (2000). *Ley General de residuos sólidos*.  
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos-solidos#:~:text=La%20Ley%2027314%20se%20aplica,sociales%20y%20de%20la%20poblaci%C3%B3n>.

Ministerio del Ambiente MINAM (2016). Plan Nacional de Gestion Integral de Residuos Solidos 2016 - 2024. 1–80. Retrieved from  
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>

Minsa. (2014). Marco institucional de los residuos sólidos.  
[http://bvs.minsa.gob.pe/local/dgsp/000\\_RES.SOLID.pdf](http://bvs.minsa.gob.pe/local/dgsp/000_RES.SOLID.pdf)

Mollenkopf, D., Stolze, H., Tate, W. & Ueltschy, M. (2010). Green, lean, and global supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40 (1), 14-41. <https://doi.org/10.1108/09600031011018028>

Muñoz, J. (2014). *Elaboración de una metodología comparativa para el manejo de los residuos sólidos y peligrosos generados en los proyectos viales* (Corporación Universitaria Lasallista). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Nallusamy, S. & Dinagaraj, G. (2015). Sustainable green lean manufacturing practices in small scale industries – A case study. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10 (62), 143-146. <https://doi.org/10.3390/su12030981>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental OEFA. (2016). *Informe de fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial*. <https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/123456789/57/fiscalizacion-ambiental-en-residuos-solidos-de-gestion-municipal-provincial-2014-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Oldenhage, F. (2016). Propuesta de un programa de gestión para mejorar el manejo de los RS en el distrito de San Juan de Miraflores con respecto al ambiente, el servicio de recojo y el comportamiento de la población. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/5049>
- Oliveira, M., Moreira, H., Alves, A. & Ferreira, L. (2019). Using Lean Thinking Principles To Reduce Wastes In Reconfiguration Of Car Radio Final Assembly Lines. *Procedia Manufacturing*, 41(2019), 803-810. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.073>
- Polo, K. (2015). *Propuesta de manejo integral de residuos sólidos de la planta de lubricantes MobilOil del Perú*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1896>
- Rentería, J., & Zeballos, M. (2014). *Propuesta de mejora para la gestión estratégica del programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Los Olivos* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica Del Perú.

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6285>

Sutharsan, S., Mohan, M., & Vijay, S. (2020). Productivity enhancement and waste management through lean philosophy in Indian manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.976>

Uriza, N. (2016). *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en el sector urbano de la ciudad de Tunja y propuesta de sensibilización para su separación de fuente* (Tesis de Grado). Universidad de Manizales).

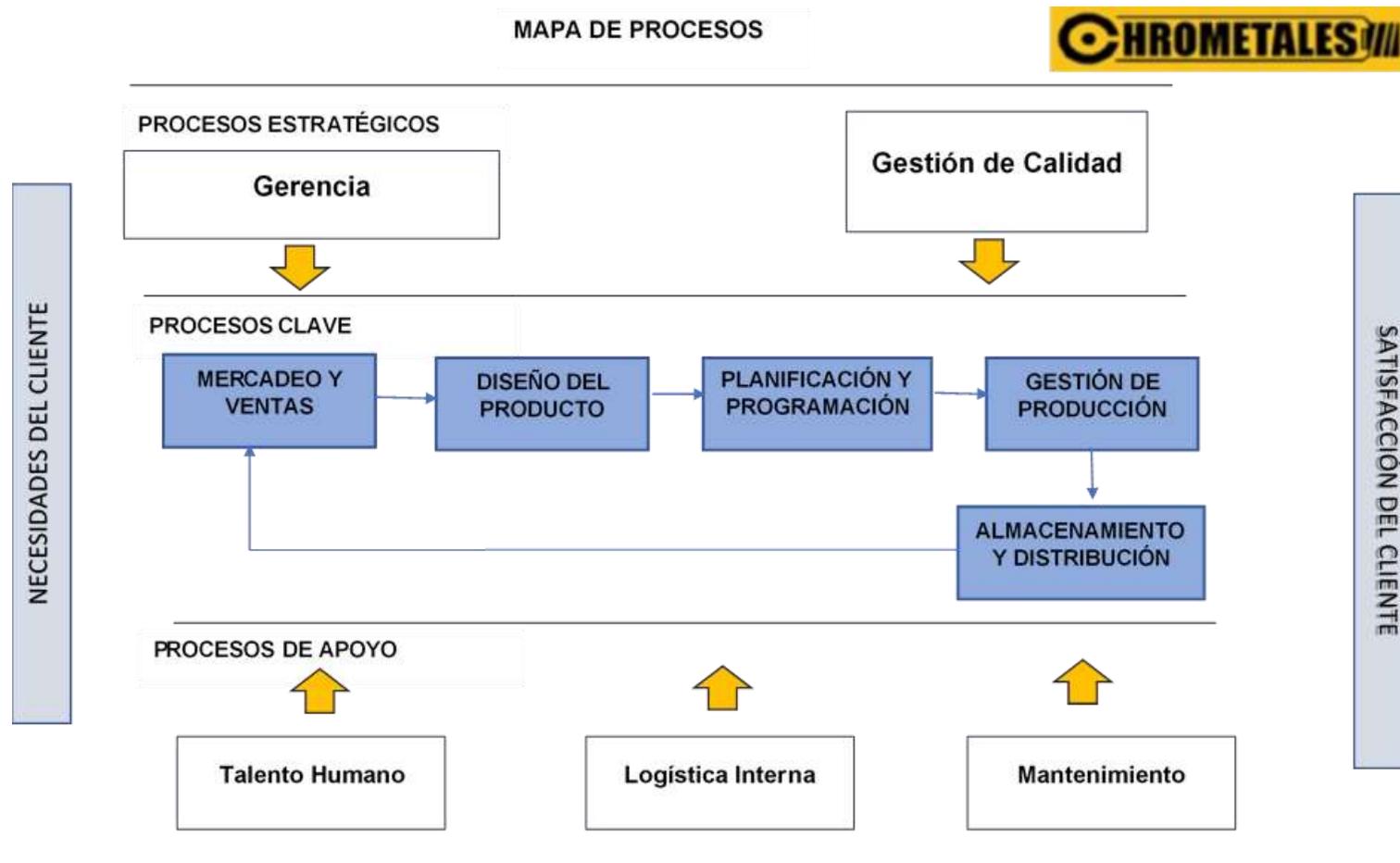
[http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2790/Nubia\\_Uriza\\_Tesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2790/Nubia_Uriza_Tesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Zumaeta, J. (2017). *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Saquena localidad de Bagazán río Ucayali - Perú* (Tesis de Grado) Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4693>



Anexo 1. Mapa de procesos de la empresa Chrometales, SAC



Anexo 2. *Presentación de la empresa.*



Anexo 3. *Productos y servicios de la empresa*



**FABRICACIÓN DE CILINDROS**  
Fabricación de Cilindros OleoHidráulicos de diversos diseños.

**REPARACIÓN DE CILINDROS**  
Reparación de Cilindros OleoHidráulicos de diversos diseños.

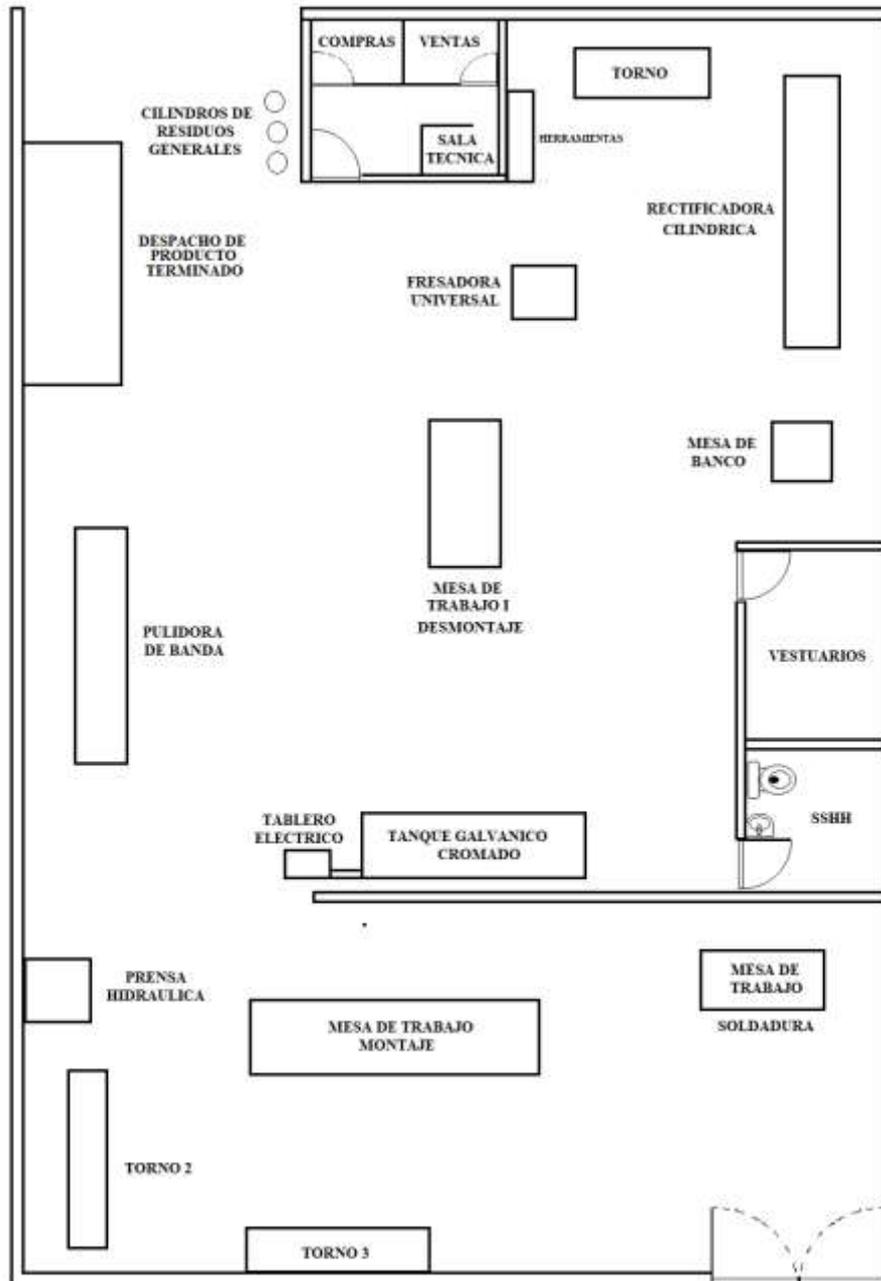
**CROMO DURO INDUSTRIAL**  
Recubrimiento de cromo a piezas mediante proceso electrolítico, según espesor indicado, para aumentar la dureza y rendimiento.

**PIEZA ANTES DESPUES**

DESGASTE  
RECTIFICADO  
CANISA  
HONEADO  
JUEGO MAYOR A 1  $\mu\text{m}$   
JUEGO: 1  $\mu\text{m}$   
DESGASTE QUE OCASIONA FUGAS Y FALTA DE PRESION  
CROMO PARA JUEGO ORIGINAL

**ANTES** **DESPUES**

Anexo 4. *Esquema general de la Empresa Chrometales S.A.C. y ubicación de los cilindros de residuos generales actual.*



Anexo 5. Esquema general de la Empresa Chrometales S.A.C. y ubicación de los cilindros de residuos generales después de la implementación.

