



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“APLICACIÓN DEL LEAN MANUFACTURING EN EL PROCESO DE REPARACIÓN DE CAJAS REDUCTORAS EN LA EMPRESA DAVID BROWN SANTASALO PARA INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial.**

Autor:  
Noe Abel Layme Pérez

Asesor:  
Ing. Mg. César Enrique Delzo Esteban

Lima - Perú

2020

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mi familia, a todas las personas que creyeron en mí, mis padres, primos, hermanos y sobrinos. Son las personas que están conmigo siempre en los buenos y malos momentos.

Del mismo modo, este trabajo lo dedico de forma muy especial a mi señora madre Herminia Pérez Mayorga, quien durante mi crecimiento me supo inculcar muchos valores, me enseñó a luchar y nunca darme por vencido, y poder hacer realidad mis sueños.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por darme su bendición y mantenerme en buen estado de salud, así como la de mis familiares, a la vez permitirme culminar exitosamente esta meta trazada.

Agradezco a la Universidad Privada del Norte por su alta calidad de educación, por sus excelentes docentes, quienes nos brindaron sus conocimientos y sus experiencias.

Finalmente, agradecer a mi asesor de tesis Cesar Enrique Delzo Esteban, por guiarme con sus conocimientos brindados durante el trabajo de suficiencia profesional.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO III.DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO IV.RESULTADOS.....</b>	<b>122</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>136</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXOS: .....</b>	<b>140</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cinco principios Lean según el libro.....	22
Figura 2:Enfoque tradicional para mejorar.....	23
Figura 3: Principios basado en el Templo Lean.....	26
Figura 4:Relación de actividades diagrama de flujo.....	31
Figura 5: Ejemplo de diagrama de causa – efecto.....	33
Figura 6: Ejemplo de aplicación de diagrama de Pareto.....	34
Figura 7: Elementos de un sistema productivo.....	36
Figura 8: Clasificación por tipo de engranaje.....	39
Figura 9: Reductor de engranajes Falk.....	40
Figura 10: Reductores sin fin corona.Fuente: La empresa.....	41
Figura 11: Reductor de ejes paralelos IG.....	42
Figura 12: Reductor de ejes perpendiculares Moventas.....	43
Figura 13: Válvula de salida de gases.....	46
Figura 14: Lubricación por salpicadura.....	47
Figura 15: Lubricación por baño.....	48
Figura 16: Lubricación por grasa.....	49
Figura 17:Lubricación por presión.....	50
Figura 18: Convección gradiente de temperatura.....	51
Figura 19: Remoción de calor de un reductor.....	52
Figura 20:Respirador disecante.....	53
Figura 21: Posiciones de montaje.....	53
Figura 22: Ejemplo de inadecuada lubricación.....	54
Figura 23: Ejemplo de inadecuada de montaje de rodamientos.....	54
Figura 24: Ejemplo de inadecuado montaje en la caja reductora.....	55
Figura 25: Ejemplo de sobrecarga y descarga en los engranajes.....	55
Figura 26: Ejemplo de fisura en los ejes y fuga de aceite.....	56
Figura 27: Ejemplo de inadecuada operación de los acoples.....	56
Figura 28: Representación de montajes inadecuados.....	57
Figura 29: Fabricas a nivel mundial de la empresa.....	59
Figura 30: Sectores industriales mineros.....	59
Figura 31: Organigrama general David Brown Santasalo South América.....	60
Figura 32: Sucursal David Brown Santasalo – Arequipa.....	60
Figura 33: Organigrama general David Brown Santasalo – Arequipa.....	61
Figura 34: Instalación de caja de engranajes.....	64
Figura 35: Servicio de inspección de cajas reductoras.....	65
Figura 36: Reparación de caja de engranajes.....	65
Figura 37: Actualización e interpretación de planos de cajas de engranajes.....	66
Figura 38: Repuesto para engranajes industriales.....	67
Figura 39: Mantenimiento proactivo de cajas de engranajes.....	67
Figura 40: Servicio del sitio de Gearbox.....	68
Figura 41: Rediseño para mejorar el rendimiento de las cajas de engranajes.....	69
Figura 42: Montaje en campo de caja de engranajes.....	69
Figura 43: Monitoreo a condición.....	70
Figura 44: Plano para el montaje.....	76

Figura 45: Montaje de caja de transmisión.....	76
Figura 46: Colocado de tapa superior y torqueado de pernos.....	77
Figura 47: Pruebas finales.....	77
Figura 48: Pintado y embalaje. ....	78
Figura 49: Descripción general del proceso.....	78
Figura 50: Descripción proceso de reparación y armado.....	79
Figura 51: Árbol del problema de actividades de la empresa. ....	84
Figura 52: Diagrama de Ishikawa.....	86
Figura 53: Diagrama de Pareto. ....	89
Figura 54: Mapa de interacción DBS.....	95
Figura 55: Mapa de flujo de valor actual.....	97
Figura 56: Cadena de valor actual de David Brown Santasalo.....	98
Figura 57: Tiempo reducido y eliminado.....	106
Figura 58: Capacitación de estandarización.....	106
Figura 59: Capacitación de estandarización en campo.....	107
Figura 60: Capacitación de estandarización en taller de reparación.....	107
Figura 61: Desorden de herramientas.....	108
Figura 62: Repuestos a la intemperie.....	109
Figura 63: Implementación del Seiri.....	110
Figura 64: Implementación del Seiton.....	112
Figura 65: Implementación del Seiso.....	113
Figura 66: Implementación del Seiketsu.....	114
Figura 67: Maleta de herramientas.....	115
Figura 68: Anaqueles de pintura.....	116
Figura 69: Herramientas de mecanizado.....	116
Figura 70: Herramientas de medición.....	117
Figura 71: Mapa de flujo de valor mejorado.....	119
Figura 72: Diagrama de tiempos antes y después de implementar la metodología en reductores Moventas.....	127
Figura 73: Diagrama de tiempos antes y después de implementar la metodología en reductores Falk.....	128
Figura 74: Resumen de tiempos antes y después de implementar la metodología en reductores Radicon.....	130
Figura 75: Resumen de tiempos antes y después de implementar la metodología en reductores IG.....	131

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Factor de servicio.....	44
Ecuación 2: Índice de reducción. ....	44
Ecuación 3: Torque nominal de salida.....	45
Ecuación 4: Rendimiento mecánico.....	45

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Los principios de las 5S implementadas en el lugar de trabajo .....	28
Tabla 2: Tipo de servicio de reparación.....	57
Tabla 3: Principales clientes de la empresa.....	62
Tabla 4: Ventas anuales por la reparación de cajas reductoras .....	71
Tabla 5: Unidad de negocios.....	71
Tabla 6: Productividad en los negocios de la empresa. ....	72
Tabla 7: Ingresos anuales de las ventas. ....	73
Tabla 8: Tiempos registrados del servicio de reparación de las cajas reductoras modelo Moventas (r) antes de implementar la metodología lean manufacturing.....	74
Tabla 9: Tiempos registrados del servicio de reparación de las cajas reductoras modelo Falk (Q) antes de implementar la metodología Lean Manufacturing. ....	74
Tabla 10: Tiempos registrados del servicio de reparación de las cajas reductoras modelo radicon (p) antes de implementar la metodología lean manufacturing.....	74
Tabla 11: Tiempos registrados del servicio de reparación de las cajas reductoras modelo reductor IG (K) antes de implementar la metodología lean manufacturing. ....	75
Tabla 12: Criterio de deficiencias en la reparación de cajas reductoras. ....	83
Tabla 13: Causas en el proceso de reparación de cajas reductoras .....	87
Tabla 14: Porcentajes de las causas. ....	88
Tabla 15: Razones y causas Diagrama de Pareto.....	88
Tabla 16: Misión de las metodologías. ....	90
Tabla 17: Beneficios de las metodologías.....	91
Tabla 18: Matriz AHP de criterios.....	92
Tabla 19: Matriz AHP de metodologías con criterios.....	93
Tabla 20: Matriz AHP de metodologías con criterios principal. ....	94
Tabla 21: Formato de ficha de inscripción.....	99
Tabla 22: Datos de la capacitación. ....	100
Tabla 23: Tiempos del proceso. ....	101
Tabla 24: Tabla de tiempos del ciclo actual.....	102
Tabla 25: Tiempos observados. ....	104
Tabla 26: Tiempos eliminados y tiempos reducidos.....	105
Tabla 27: Desarrollo de trabajo.....	112
Tabla 28: Horas de ejecución aplicando las 5’S .....	117



Tabla 29: Estudio de tiempos de inspección y reparación de la caja reductora Moventas (R) después de la implementación lean manufacturing .....	120
Tabla 30: Estudio de tiempos de inspección y reparación de la caja reductora falk (Q) después de la implementación lean manufacturing .....	120
Tabla 31: Estudio de tiempos de inspección y reparación de la caja reductora Radicon (P) después de la implementación lean manufacturing .....	120
Tabla 32: Estudio de tiempos de inspección y reparación de la caja reductora IG (K) después de la implementación lean manufacturing .....	121
Tabla 33: Costo horas hombre. ....	123
Tabla 34: Ahorro generado por la implementación 5S. ....	123
Tabla 35: Total de horas ahorradas. ....	124
Tabla 36: Tabla de implementación de herramientas. ....	124
Tabla 37: Tabla de implementación de equipos.....	125
Tabla 38: Tiempos de reparación de caja reductora Moventas.....	126
Tabla 39: Tiempos de reparación de reductora Falk.....	128
Tabla 40: Tiempos de reparación de caja reductora Radicon. ....	129
Tabla 41: Tiempos de reparación de caja reductora IG. ....	130
Tabla 42: Costos de implementación de mejora .....	132
Tabla 43: Costos y gastos del taller anuales .....	133
Tabla 44: Tiempo de reparación de cajas reductoras.....	135

## ANEXOS

Anexo 1: Tabla de reporte de prueba dinámica M6-RS/ R7A-1 .....	140
Anexo 2: Diagrama de actividades del proceso de evaluación. ....	141
Anexo 3: Tabla de diagrama de actividades del proceso de armado. ....	142
<i>Anexo 4: Tabla de evaluación de componente de taller M6-RS/ R3B - 1 .....</i>	<i>143</i>
Anexo 5: Tabla de evaluación de componente de taller M6 – RS/R3-B - 2.....	144
Anexo 6: Tabla de evaluación de componente taller M6-RS /R3 -B -3 .....	145
Anexo 7: Tabla de fichas de calibraciones M6-RS /R10. ....	146
Anexo 8: Tabla de registro de equipos reparados en David Brown Santasalo - Arequipa. ....	147

## RESUMEN

David Brown Santasalo, especialista en brindar servicio de mantenimiento y reparación de cajas reductoras, tiene su taller de reparaciones de cajas reductoras en la ciudad de Arequipa el mes de noviembre del año 2016, teniendo como clientes potenciales a las principales minas del sur por ejemplo mina cerro verde, las bambas, antapaccay, hudson, southern copper entre otros, por tal motivo decide abrir una sede de taller de servicios de reparación de cajas reductoras en Arequipa, teniendo ingreso de ventas en 5 unidades de negocios tales como ventas de repuestos, ingeniería inversa, servicio post venta, monitoreo de la condición, taller de servicio de reparaciones de cajas reductoras.

El año 2017 se cumplió con las metas de ventas anuales (productividad 100%), año 2018 no se logró obtener el cumplimiento de metas (productividad 58.3%) en el proceso de reparación de cajas reductoras a consecuencia del no cumplimiento de tiempos de entrega de equipos críticos de la industria minera y cementera, falta de herramientas para el proceso de reparación, procedimientos inadecuados, para revertir el impacto negativo que se tuvo en el año 2018 se decide aplicar la metodología lean manufacturing para mejorar los resultados de ventas anuales principalmente en la unidad de negocio de servicio de reparación de cajas reductoras, una vez aplicada la metodología lean manufacturing en la empresa David Brown Santasalo se obtuvo resultados positivos en la productividad año 2019 - 95%, por esta razón la implementación de la metodología lean manufacturing fue viable para mejorar la productividad en la unidad de negocio del taller de servicios de reparación de cajas reductoras.

La metodología Lean Manufacturing nos ayudó a mantener la competitividad de nuestros productos y servicios de reparación de cajas reductoras, mejorando la calidad, reduciendo costos, mejorando la productividad para obtener un modelo óptimo para el taller de reparaciones de cajas reductoras.

## ABSTRACT

David Brown Santasalo, specialist in providing maintenance and repair service for gearboxes, has his gearbox repair shop in the city of Arequipa in November 2016, having as potential clients the main mines in the south, for example mine Cerro Verde, las bambas, antapaccay, hudson, southern copper among others, for this reason it decides to open a gearbox repair service workshop headquarters in Arequipa, having sales income in 5 business units such as sales of spare parts, engineering reverse, after sales service, condition monitoring, gearbox repair service workshop.

In 2017, the annual sales goals were met (100% productivity), in 2018 it was not possible to achieve the fulfillment of goals (58.3% productivity) in the gearbox repair process as a result of non-compliance with delivery times of critical equipment in the mining and cement industry, lack of tools for the repair process, inadequate procedures, to reverse the negative impact that was had in 2018, it was decided to apply the lean manufacturing methodology to improve annual sales results, mainly in the gearbox repair service business unit, once the lean manufacturing methodology was applied in the David Brown Santasalo company, positive results were obtained in productivity in 2019 - 95%, for this reason the implementation of the lean manufacturing methodology was viable for improve productivity in the gearbox repair service shop business unit.

The Lean Manufacturing methodology helped us to maintain the competitiveness of our gearbox maintenance products and services, improving quality, reducing costs, improving productivity to obtain an optimal model for the gearbox repair shop.

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realiza en la empresa David Brown Santasalo, que cuenta con 285 años de experiencia en el mundo en conocimientos de ingeniería de engranajes, lo que nos brinda una visión incomparable de los entornos en los que operan las cajas reductoras.

En el mercado peruano cuenta con 4 años dedicado a la venta de repuestos, servicios de mantenimiento y reparación de cajas reductoras. El domicilio fiscal de la empresa está ubicado en la Asociación Peruarbo Sector Bolivia III, Manzana A, Lote 14 en el distrito de Cerro Colorado – Arequipa, Perú.

### **Reseña de la empresa**

La empresa David Brown Santasalo es de origen inglés, al ver que las empresas reconocidas en el Perú no se abastecían con las reparaciones de cajas reductoras; David Brown Santasalo decide implementar el taller de reparaciones en la ciudad de Arequipa en el año 2016, con Número de RUC 20601359325.

Siendo líder mundial en la tecnología de los accionamientos, fabricación, mantenimiento y reparación de cajas reductoras. Dentro sus principales actividades que realiza son: Instalación de cajas de engranajes, Servicio de inspección de cajas reductoras, Reparación de cajas de engranajes, Actualización e interpretación de planos, Montaje en campo y Monitoreo a condición, está presente en todo el sector industrial como minería, pesca, metalmecánica, alimentos, construcción, azucareras, industria.

La investigación se enfocará en el mantenimiento y reparación de cajas reductoras que actualmente tiene baja demanda para el mantenimiento por problemas en las reparaciones, ocasionando reducción de productividad.

Se identificó que el nivel de productividad en el proceso de reparación en cajas reductoras era el 70%, siendo la meta 100%, lo cual conlleva a una disminución del 30 % representando para la empresa una pérdida de 600 mil dólares americanos, en comparación al año 2017 que cumplió la meta establecida de 2'000,000 millones de dólares, siendo causal de análisis y baja en la productividad. Esto ha provocado que la empresa tenga que hacer más horas extras, trabajar 12 horas e incluso venir algunos sábados para culminar con la reparación de las cajas reductoras con la finalidad de entregar las reparaciones dentro de los plazos o cerca de la hora de entrega. Por otro lado, esto genera costos más altos, perdemos la confianza en los clientes y no podemos cumplir con las fechas de entrega.

## **JUSTIFICACIÓN**

### **Justificación práctica.**

En este estudio se busca aplicar la metodología Lean Manufacturing, debido a que se identificó que el nivel de productividad en el proceso de reparación en cajas reductoras el año 2018 tuvo una caída del 58.3%, siendo causal de no cumplimiento de meta anual de ingresos.

Por otro lado, de acuerdo con experiencias de este tipo en otras sedes de la empresa a nivel mundial se decidió aplicar la metodología Lean manufacturing para que nos ayude a mejorar, eliminar actividades que no aportan valor, además que esta herramienta nos ayudara a aumentar la productividad en la reparación de las cajas reductoras.

### **Justificación académica.**

Este estudio tiene como objetivo demostrar que la aplicación de métodos Lean Manufacturing es necesaria para aumentar la productividad del proceso de reparación de las cajas reductoras y cumplir con las expectativas del cliente, además se puede utilizar como referencia para otras organizaciones que quieran aumentar la productividad de las cajas reductoras, se puede utilizar como modelo para investigadores y estudiantes de ingeniería que quieran utilizarlo como referencia para problemas similares.

### **Justificación cuantitativa.**

Con la implementación de esta metodología Lean Manufacturing, se busca demostrar que al mejorar la productividad en el proceso de reparación de cajas reductoras se puede generar mayores ingresos y crear cierta diferenciación con las empresas pertenecientes al mismo sector comercial e industrial, tomando en cuenta los diversos factores comunes como los procesos de reparación de reparación de cajas reductoras, reducción de tiempos.



## **Objetivos:**

### **Objetivo general**

Aplicar la metodología Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el proceso de reparaciones de cajas reductoras en la empresa David Brown Santasalo.

### **Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico de los procesos operativos de las cajas reductoras en el taller de servicios de David Brown Santasalo.
- Analizar las causas del problema que se identifica en el proceso de reparación de las cajas reductoras.
- Identificar la metodología más idónea para solucionar el problema identificado.
- Implementar la metodología seleccionada para solucionar el problema identificado.

### **Limitaciones.**

Las limitaciones que se tuvieron para el desarrollo del presente trabajo de investigación fueron:

- No se tuvo acceso a una cantidad importante de la información, que permita desarrollar de la mejor manera el proyecto, debido a que dicha información es muy sensible para la empresa David Brown Santasalo.
- Falta de capacitación en la aplicación de la metodología Lean Manufacturing.
- Poca disponibilidad de personal de operaciones para las consultas con respecto a las reparaciones de las cajas reductoras.

Sin embargo, aún con todas estas limitaciones de información, disponibilidad de personal de apoyo, procesos de aprobación, facilidades, se pudo realizar exitosamente la investigación.

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

### **Bases Teóricas**

#### **Introducción Lean Manufacturing.**

Lean es una estrategia operativa por excelencia que permite a las personas y organizaciones cambios para la mejora. Las organizaciones cambian para mejorar y buscan la forma en las que se trabaja, además tiene como objetivo la búsqueda y eliminación de los residuos.

El pensamiento Lean tiene como propósito mejorar los procesos, su mayor valor radica en la relación de las personas. Es un sistema enfocado en crear valor al cliente, enfocándose en la mejora de la calidad y estabilidad de los procesos estables.

Lean es la filosofía del pensamiento que como significado tendría la manera de pensar de las cosas, se hace cargo de toda la cadena de valor, desde la materia prima hasta la entrega del producto terminado, enfocados en empresas a dar la transformación, reducción de los residuos de una sobre producción, inventarios y movimientos de la persona.

Muchas de las organizaciones tienen buenos resultados con la aplicación del lean, como mejoramiento laboral de los empleados y mejorar la seguridad de toda la organización, esto generaría mayos ganancias para la organización.

#### **SEIS SIGMA.**

Es un método basado de datos que examina los procesos repetitivos de las organizaciones, y tiene como objetivo llevar la calidad hasta niveles cercanos de perfección, a diferencia de otras metodologías el seis sigma trata de aproximarse a los problemas.

El principal objetivo de la metodología es generar 3.5 defectos por millón de oportunidades. La meta para alcanzar a futuro es mediante un proceso vigoroso de mejora. La calidad Six Sigma se refiere al concepto que plantea y propone expectativas u objetivos de calidad común.

### **JUST IN TIME.**

Es un sistema de producción guiado al mercado basado enteramente en la satisfacción de las necesidades del cliente. El término "producción justo a tiempo" se refiere a los artículos que se entregan a la línea de producción a tiempo y se utilizan solo en las cantidades necesarias de inmediato y cuando se necesitan durante el proceso de producción.

Para equipar estos sistemas, se requieren ciertas mejoras, como la fabricación de procesos, gestión multiproceso, Kanban, despidos, control visual, reemplazo de herramientas, garantía de calidad, operación estándar etc. (Hirano, 2001)

### **POKA YOKE.**

Se explica al diseño de un dispositivo que puede probar error y olvido. el simple control u observación de defectos no mejorara el desempeño del proceso. El control y el seguimiento del proceso deben centrarse en descubrir, reconocer como ocurren las fallas. Los factores humanos aumentan el riesgo del proceso y son las causas de los errores del proceso, ya que la gente olvidara y la rutina de trabajo lo pueden llevar a descuidos. (Gutiérrez y de la Vara, 2009).

## **LEAN MANUFACTURING.**

### *Los orígenes del Lean.*

Aunque parezca increíble ahora, la productividad de Japón era mucho menor que la de Estados Unidos antes de la Segunda Guerra Mundial. Taiichi Ohno, un ingeniero industrial de Toyota Motor Corporación, viajó a los Estados Unidos a fines de la década de 1930 y se sorprendió por la eficiencia de los supermercados para eliminar el desperdicio a pequeña escala y crear valor para los clientes. Sin embargo, las empresas estadounidenses se centraron en producir grandes cantidades de productos, en lugar de diversificar la producción. Combinando estos dos conceptos, Ohno espera aplicar la idea de un supermercado en la fabricación a gran escala: gestionar una empresa de fabricación con el concepto de eliminar procesos, reducir costes e involucrar a los trabajadores en todo el proceso. Así nació la metodología Lean, sistema que convierte a Toyota en una de las empresas más valiosas, rentables y mejor organizadas del mundo actual.

Henry Ford origino en colocar cambios realmente revolucionarios en la práctica del mecanizado general en 1913, usando herramientas con especificaciones técnicas de ensamblaje y ajustado la línea en el orden del proceso, por lo tanto, el emparejamiento perfecto se puede realizar. (Cuatrecasas, 2010).

Hernández y Vizan (2013) Estima su valoración en la técnica que se ha utilizado y que ha logrado excelentes resultados, convirtiéndola en la principal pieza a implementar en cualquier en relación con la metodología, produciendo óptimos aportes y resultados excelentes, efectos visuales y una influencia en un corto tiempo.

Kiichiro Toyota, ha estudiado a fondo las intenciones originarias de mucha innovación simples y reales. Introdujo medidas a ensayos de error, para garantizar y adoptar un sistema fácil de reemplazo para producir una pequeña cantidad de pieza, al hacer que se notifique los requisitos de materiales actuales o paso anterior del sistema Kanban. Todo esto hace posible obtener bajo costo, una gran variedad y un tiempo de respuesta rápido, con preferencias cambiantes que sea más sencilla y precisa.

Y otros miembros de Toyota han estudiado a

Todo esto hace posible obtener un bajo costo, una gran variedad, una alta calidad y un tiempo de respuesta muy rápido para responder a las preferencias cambiantes de los clientes. También hace que la gestión de la información sea más sencilla y precisa.

Lean se utilizó por primera vez en el libro "La máquina que cambia el mundo" (Womack, Roos y Jones, 1990), donde Lean es el desarrollo de TPS. En el "Lean Thinking" posterior (Womack & Jones, 1996), se explica los cinco principios Lean.

- 1) Determine la cadena de valor de cada producto.
- 2) Distribuir la cadena de valor.
- 3) El producto fluye continuamente a través del proceso que se muestra en la figura 1.
- 4) En todos los pasos de flujo continuo posibles, se introduce el siguiente concepto, es decir, el proceso posterior requiere el proceso anterior, es decir, el sistema de tracción.

- 5) Dirigir de una forma idónea para atender las necesidades de los clientes y así poder reducir constantemente. Como se muestra en la Figura 1.

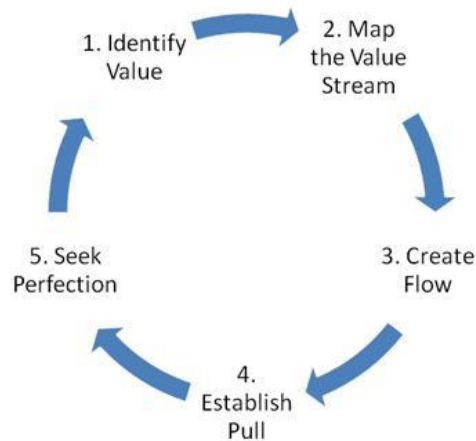


Figura 1: Cinco principios Lean según el libro.

Fuente: Lean Thinking

### **Definición de Lean Manufacturing.**

La producción ajustada son conceptos parecidos. Por lo tanto, luego del anuncio de la máquina que cambia el mundo, muchos autores intentaron definir este modo de producción.

La conclusión que se puede extraer es que Lean es una metodología que reducirá los desperdicios y ayudara a mejorar la productividad y así poder lograr los objetivos trazados.

Lean está compuesto por una serie de principios, conceptos y tecnologías, con la finalidad de eliminar el desperdicio y establecer un sistema de producción eficiente y oportuno para que los clientes puedan entregar los productos requeridos en la cantidad requerida cuando lo necesiten. En el orden requerido y sin errores.

Se terminarán diferentes conceptos del lean, utilizando la base de datos "Lean Manufacturing Standards" (2012, EADS). Estas indicaciones utilizarán imágenes de la misma fuente. En primera instancia, el concepto de valor añadido debe determinarse en el proceso de producción, no el valor añadido, sino el concepto de necesidad y desperdicio.

- **Valor agregado:** Cualquier proceso capaz de cambiar la capacidad, figura o función del producto o servicio según los requerimientos del cliente.
- **Sin valor añadido pero necesario:** Movimientos que son inevitables con la técnica. Este trabajo no aumentara el costo del tiempo.
- **Residuos:** las actividades restantes sin sentido e innecesario que no aportaran ningún valor al material, y los clientes no pagaran por un producto defectuoso.

Sin embargo, con el desarrollo de conceptos de producción ajustada, el esfuerzo principal es eliminar el desperdicio. Estos desechos representan el mayor porcentaje del tiempo de ciclo de la industria de la aviación. como se muestra en la figura 2.



Figura 2: Enfoque tradicional para mejorar.

Fuente: 2012, EADS.

Como se mencionó en la definición anterior, la fabricación ajustada es un método para identificar y eliminar el desperdicio en todos los niveles de la compañía. Bueno, de acuerdo con el método del Sistema de Producción de Toyota, hay siete tipos de desperdicio, son: sobreproducción, tiempo de espera, transporte y almacenamiento, proceso, inventario, transporte, defecto. Además de estos, se agregó un octavo desperdicio básico, que desperdició la capacidad de las personas.

- 1) **Sobreproducción:** Se define como la finalización de los elementos antes del siguiente proceso o elementos requeridos por el cliente objetivo. Incluye la capacidad de producir tanto como sea posible sin observar procesos posteriores, y de asignar el exceso de materiales a estas posiciones para detener esto y compensar las ineficiencias que pueden ocurrir.
- 2) **Tiempo de espera:** El recurso (persona o material) que espera una actividad. Podría deberse a desequilibrios en el proceso, fallas o inadecuadas operaciones en las etapas del ciclo productivo.
- 3) **Transporte:** El transporte de materiales entre áreas remotas dificulta la gestión del inventario continuo. Los materiales deben tener ubicaciones asignadas y su almacenamiento debe ser supervisado. También incluye la rotación de la información entre las diferentes etapas del proceso.
- 4) **Sobre procesos:** Los procesos incompetentes llevan al requerimiento de realizar trabajos que no agregan valor. Los motivos más habituales del proceso más allá de los requisitos, tareas repetitivas (inspección), posterior desembalaje en (doble tratamiento), o inadecuado procedimiento del montaje.
- 5) **Inventario:** El almacenamiento de materias primas, trabajos en curso o productos terminados. A veces esto es necesario, pero debido a que esconde serios problemas



y causa muchos otros problemas, la tendencia debe ser desechados. Esto conduce a costos más altos, peor espacio para otras tareas de producción rentables. El hecho de poseer inventarios provoca la terminación de las actividades. Estas actividades incluyen recibir, localizar, almacenar, contar, verificar y buscar.

- 6) **Movimiento:** Cualquier actividad que no sea recurrente para completar la operación de valor agregado. Un ejemplo de este desperdicio es que las acciones que realiza el operador son acciones de rango, como buscar herramientas o viajes a computadoras e impresoras.
- 7) **Defectos:** Emplear, producir o distribuir productos que no cuenten con las especificaciones técnicas. Esto genera mayores costos, retrasos y mala calidad. La presencia de defectos dará lugar a inspecciones, reelaboración. Los residuos también incluyen defectos. Los defectos son causados por herramientas inadecuadas, errores humanos o errores en la documentación.
- 8) **Desaprovechamiento de la capacidad de las personas:** No sé cómo asignar a todos el puesto que mejor se adapte a sus habilidades, o tengo miedo de capacitar a los empleados de manera continua, lo que reducirá en gran medida la predisposición de mejora.

## Implantación de Lean Manufacturing.

### *Templo Lean.*

Se agradece el correcto funcionamiento de la organización que espera producir. El lean temple, tiene como punto de inicio y fin, todas las actividades que puedan realizarse, además respetar las herramientas establecidas para cada metodología. La implementación hasta la finalización de un sistema completo para enfrentar variaciones, tal como se muestra en la figura 3. Descripción del modelo de implementación Lean (EADS, 2012)

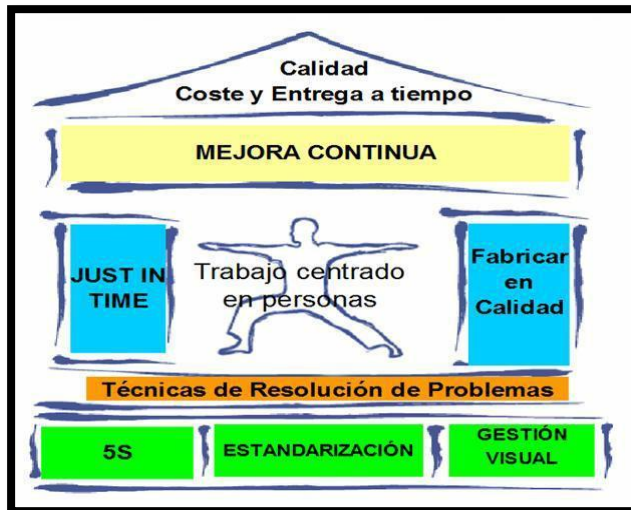


Figura 3: Principios basado en el Templo Lean.

Fuente: EADS, 2012.

### **Beneficios Lean.**

Los métodos lean no solo son aplicables al sector de la automoción. Los rastros para aplicar Lean a la industria de la aviación se han desarrollado durante muchos años. Como Airbus Grupo, Boeing S.L. lideró esta transformación, y muchos subcontratistas se infectaron con este concepto debido a los requisitos de la empresa tractora o al hecho de que solo presenciaron los beneficios de la implementación de la fabricación ajustada.

En conclusión, las compañías que adoptan métodos de producción ajustada y sus conceptos de trabajo han reducido en gran medida el tiempo de entrega, los costos, el reproceso, el inventario, el tiempo de preparación, los materiales en el proceso y la cantidad de defectos. Mejorar la productividad, la flexibilidad, la calidad, un mejor uso de las personas y un mejor uso del espacio y las máquinas.

### **Metodología Estandarización**

Para Hernández y Vizán (2013), la tecnología se centra en la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren la mejor forma de hacer las cosas. La "estandarización" de 5S y SMED es uno de los principales fundamentos de la manufactura esbelta, y el resto de las tecnologías introducidas en este capítulo deben basarse en esta. Teniendo en cuenta todos los aspectos del concepto lean, la definición precisa del significado de estandarización es la siguiente: "Los estándares son descripciones escritas y gráficas que pueden ayudarnos a comprender la tecnología más eficaz y confiable en la fábrica. Proporcionan personal, máquinas, materiales, métodos y mediciones relevantes. Y conocimiento preciso de la información para producir productos de calidad de forma fiable, segura, económica y rápida.

Este concepto de "estándares" contrasta fuertemente con los sistemas de empresas, donde la estandarización lo maneja en la ficha de documentos caducados que se colocan en estanterías o paneles, estos documentos están desactualizados y tienen poco o ningún uso. Incluso se comete errores de digitación, de dar información acertada, errores en toda la descripción de los procesos, inadecuados controles.

Todos estos factores afectan directamente a la organización ya que no hay un estándar establecido en las áreas competentes.

Las singularidades que se deben adoptar bajo los cuatro principios son:

1. Describe simple y claramente la mejor manera de producir cosas.
2. Continuar utilizando las mejores técnicas y herramientas en cada situación de mejora.
3. Asegurar el cumplimiento.
4. Trátelos siempre como futuras mejoras.

### Las 5S.

Villaseñor y Galindo (2009) informan que las 5S son una herramienta muy importante cuando se quiere implementar mejoras. Esto llega a la conclusión de implementar de la mejor manera en toda la organización, teniendo un ambiente ordenado, apropiado a los requisitos requerido. Las 5'S cumplen un rol muy importante en toda la organización. Tal como se muestra en la tabla1, para poder eliminar los desperdicios que no proporcionan ningún valor, y crear motivación en todos los operarios para que puedan mantener esta postura.

*Tabla 1: Los principios de las 5S implementadas en el lugar de trabajo*

<b>METODOLOGIAS 5'S</b>	
<b>SEIRI</b>	Eliminar todos los residuos que no generen valor.
<b>SEITON</b>	Ordenar todas las areas involucradas.
<b>SEISO</b>	Limpieza general
<b>SEIKETSU</b>	Estandarizar los procesos.
<b>SHITSUKE</b>	Mantener la disciplina dentro de las instalaciones.

*Fuente: Villaseñor y Galindo (2009)*

El principio de las 5S es fácil de entender y su implementación no requiere ningún conocimiento específico ni una gran cantidad de inversión financiera. Pero hay herramientas poderosas que se pueden aprovechar al máximo. (Hernández y Vizán, 2013).

Hernández y Vizán (2013) señalaron que la finalidad de implementar las 5'S, es evitar los siguientes síntomas de disfunción y afectar decisivamente su eficiencia:

- El aspecto de la fábrica es sucio: maquinaria, equipos.
- Confusión: pasillos ocupados.
- Elementos dañados: mobiliario, vidrios, letreros.
- Falta de instrucciones de funcionamiento sencillas.
- El número de fallas más frecuentes de lo normal.

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

A través del mantenimiento incansable y la mejora del nivel 5S, hemos logrado una mayor productividad, lo que se traduce en: menos productos defectuosos, menos fallas, menos inventario o niveles de inventario, menos accidentes y menos innecesarios Mover y transferir, menos tiempo para cambiar herramientas, ordenar y limpiar, hemos logrado los siguientes objetivos: brindar a todos un mejor lugar de trabajo con espacios amplios, buena infraestructura, un adecuado clima laboral donde se puede trabajar con satisfacción.

### **Metodología Kanban y sus principios**

Esta herramienta Kanban, es muy fácil de aplicar, usar para el equipo. Además, se trata de una tecnología de gestión de tareas muy intuitiva que permite comprobar el estado del proyecto de un vistazo, y orientar de forma eficaz el desarrollo del trabajo, para destacar.

El método Kanban se basa en un conjunto de principios que lo distingue de otros métodos ágiles (denominado garantía de calidad). Todo lo que haga debe hacerlo bien la primera vez, no hay lugar para el error.

Por tanto, no se premia la velocidad en Kanban, sino la eficiencia culminada en completar la tarea.

- **Reducir gasto.**
- **Mejora continua.**
- **Flexibilidad.**

### **Modelo AHP**

El Modelo AHP, se basa en realizar una distribución de las decisiones a tomar en función de una prioridad o jerarquía que ayuda a visualizar cuál o cuáles son las decisiones que mayor impacto crean para el objetivo buscado, sea un problema y ajustándose a la necesidad.

Este tipo de herramientas se engloba en un marco para encuadrar un problema de decisión, y poder realizar una visualización de como impactan cada una de las decisiones, y de esta manera poder evaluarlas por orden de impacto y poder buscar alguna alternativa cuando no se esté seguro de cómo van a impactar las decisiones elegidas sobre el problema o asunto a tratar.

## Herramientas de Mejora de Procesos.

### *Diagrama de flujo.*

- De acuerdo con las disposiciones del Quality Institute (2005), diagrama de flujo este compuesto por símbolos que indican cada uno una operación la cual se debe realizar, estos símbolos están relacionados y diseñados para mostrar la gráfica ms sencilla y fácil de identificar. Tal como se muestra en la figura 4.
- Esto es consistente con las recomendaciones de Alexander (2002), quien también señaló que los diagramas de flujo nos permiten verificar la lógica o falta de pasos realizados en un proceso dado.

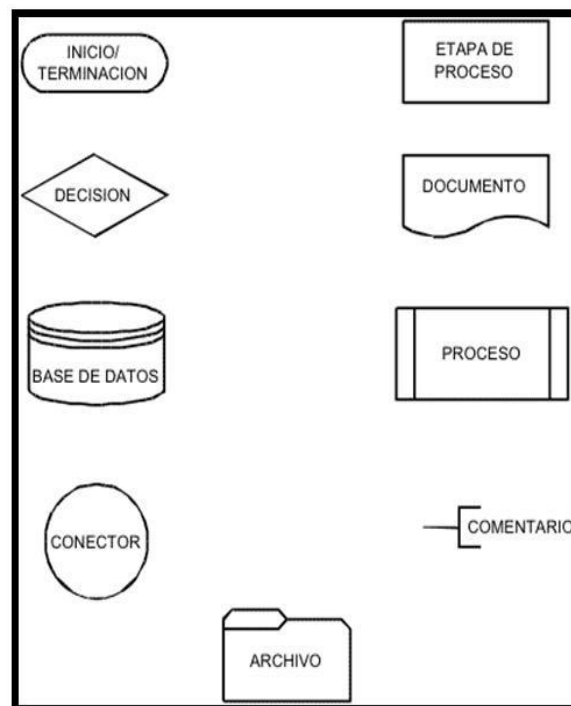


Figura 4:Relación de actividades diagrama de flujo.

Fuente: Alexander (2002).

## Diagrama Causa Efecto.

Según Kume (1993), el diagrama de causalidad puede determinar la estructura o causalidad múltiple de varios factores que afectan el resultado del proceso para resolver problemas complejos. La figura determina la relación entre las características de calidad y los factores. Los otros nombres del diagrama son "diagrama de Ishikawa" (porque Karou Ishikawa es quien lo desarrolló) y "diagrama de esqueleto de pez".

Todo ello concuerda con las recomendaciones del Quality Institute (2005), la diferencia es que recomienda que las principales razones se clasifiquen en las siguientes categorías: método, recursos. Herramientas, diversos entre otros.

El Quality Institute (2005) considera los pasos a seguir para poder elaborar un diagrama de causa y efecto.

- Defina el problema, anótelo y enciérrelo en un rectángulo.
- Dibuja una línea horizontal desde la superficie izquierda del rectángulo hacia la izquierda.
- Escriba las razones principales en un rectángulo y conéctelas a la línea principal con una línea recta.

Curiosamente, otra forma de ilustrar este gráfico es comenzar con un gráfico de similitud y luego dibujarlo en un gráfico de acuerdo con el formato de gráfico causal de la Figura 5 (Alexander, 2002).



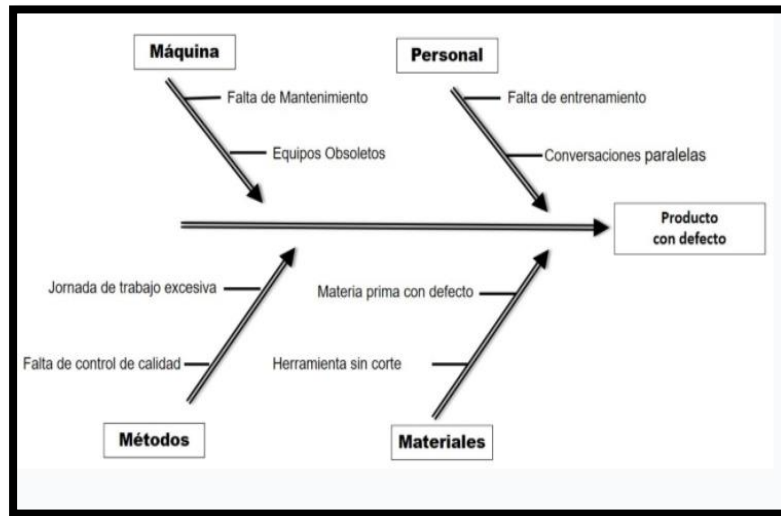


Figura 5: Ejemplo de diagrama de causa – efecto  
Fuente (Alexander, 2002).

### ***Diagrama de Pareto.***

Los problemas generados por la calidad son causados por unos y pocos deterioros defectos graves que puedan ser eliminados. El diagrama de Pareto demuestra las deficiencias que se generan en el proceso de cualquier actividad, para ellos antes de tomar una decisión formamos una lluvia de ideas para determinar cuál será la mejor determinación en el proceso.

El uso del diagrama de Pareto permite resolver con certeza este tipo de problemas.

Los pasos para desarrollar un diagrama de Pareto son los siguientes:

1. Determine el problema que se va a investigar y cómo recopilar los datos.
  - a) Diseñe una tabla para contar datos y deje suficiente espacio para registrar el total.
  - b) Utilice la tabla de ajuste y calcule el total.
  - c) Organizar los proyectos en orden numérico y completar la hoja de datos.
  - d) Dibuja dos ejes verticales y un eje horizontal.
  - e) Construya líneas de barras.

f) Escriba cualquier información necesaria en la tabla.

Esta información encaja exactamente con la descripción de Alexander (2002), porque ambos autores utilizaron el método de Joseph Juran como referencia. Como se muestra en la Figura 6.

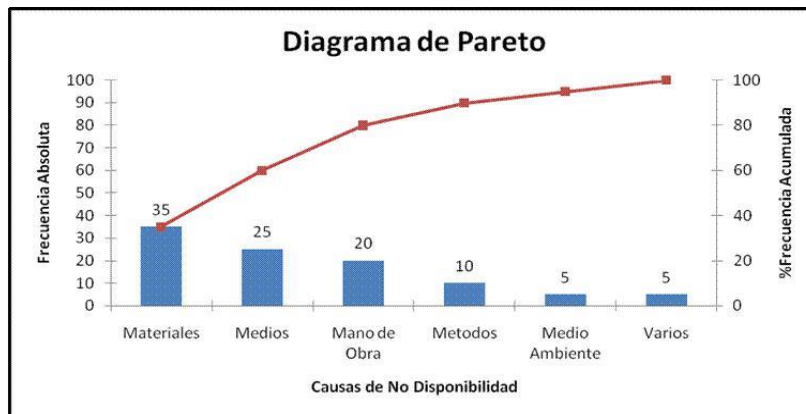


Figura 6: Ejemplo de aplicación de diagrama de Pareto

Fuente: Alexander (2002).

## Productividad

La productividad la capacidad de hacer las tareas en el menor tiempo posible. Si una empresa aumenta su productividad significaría que el valor de sus productos crece a una tasa más alta con la que crecen las materias primas. En tal sentido la productividad es un indicador de operaciones. (Chase & Jacobs, 2014)

La productividad se define como:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

## **Importancia de la productividad**

La productividad es un indicador muy utilizado en diferentes sectores de niveles de producción. (Lefcovich, 2009).

## **Causas que afectan la productividad**

Hay dos razones principales para afectar la productividad: una es la razón para prolongar el tiempo de producción y la otra es la razón para detener el trabajo (tiempo de no producción).

Esos tiempos de producción prolongados se dividen en dos categorías: una debido a la ingeniería del producto (debido a defectos de diseño del producto o especificaciones incorrectas) y las debidas a la tecnología del proceso (debido a la selección incorrecta de una máquina, herramienta o condición. Tecnología, diseño de fábrica deficiente o Disposición del lugar de trabajo).

## **La Producción y los sistemas productivos**

Cuatrecasas (2012) confirmó la "actividad económica" de una empresa, y su propósito es obtener uno o más "productos o servicios" Es decir, las necesidades de los consumidores que puedan estar interesados en adquirir servicios, realizando una integración continua a menudo se denomina gestión de operaciones. Las operaciones a menudo se denominan actividades adecuadas para la producción. Como se muestra en la Figura 7.



Figura 7: Elementos de un sistema productivo

Fuente: Cuatrecasas, LL. (2012).

## Medición de la productividad

a) **Eficiencia.** El autor García (2011) determina que la eficiencia es la relación entre la productividad obtenida, sobre la entrada de la materia prima. El índice de eficiencia expresa una buena utilización de los recursos en el proceso de producción del producto en un periodo definido.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Productividad obtenida}}{\text{Entrada de la materia prima}}$$

b) **Eficacia.** García (2011) determina la división entre los productos logrados sobre la meta.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Productos logrados}}{\text{Meta}}$$

c) **Efectividad.** García (2011) Es el resultado que se da entre la multiplicación de la eficiencia por la eficacia. El índice de efectividad expresa una buena combinación de la eficiencia y eficacia en la producción de un producto en un periodo definido.

$$\text{Efectividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}$$

### **Medición del trabajo en la mejora de procesos.**

Con el estudio de métodos, la medición del trabajo es una técnica en el estudio del trabajo.

La OIT (1996) determina que la medición del trabajo es la aplicación de técnicas para cuantificar el tiempo que invierte en cada trabajador, para realizar una tarea planificada realizándola con un procedimiento de trabajo definido.

La medición del trabajo utiliza el estudio de tiempos como su principal herramienta, está técnica es empleada para registrar los tiempos y ciclos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea establecida, ejecutadas bajo condiciones óptimas, así mismo se analizan los datos para determinar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de trabajo definido.

## **Conceptos Técnicos de Cajas Reductoras.**

### ***Reductor de velocidad***

El reductor mecánico se utiliza para convertir el par y la velocidad. Cualquier máquina cuyo movimiento sea generado por un motor eléctrico (ya sea eléctrico, explosivo o de otro tipo) requiere que la velocidad del motor eléctrico se adapte a la velocidad necesaria para el funcionamiento normal de la máquina. Además de esta adaptabilidad de la velocidad, se deben considerar otros factores, como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica y las propiedades mecánicas (estáticas y dinámicas).

Esta adaptación se suele realizar mediante uno o más pares de marchas, que se adaptan a la velocidad y potencia mecánica instaladas en un cuerpo compacto denominado reductor, aunque en algunos países de habla hispana también se denomina marcha Caja, un motor de engranajes.

### **Clasificación por tipo de engranajes**

Los reductores se pueden clasificar según el tipo de engranaje, las clasificaciones más comunes son: corona anular, engranaje, engranaje planetario y cicloide, como se muestra en la Figura 8.

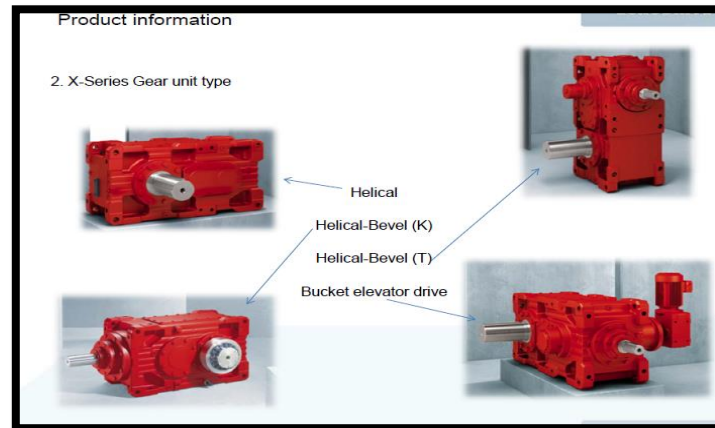


Figura 8: Clasificación por tipo de engranaje.

Fuente: La empresa

### Reductores De Engranajes Helicoidales tipo Falk.

- En la figura 9, muestra un reductor de engranajes helicoidales.
- Hay reductores de una etapa, dos etapas y tres etapas.
- Producen un par elevado y permiten una sobrecarga.
- Reductor eficiente.
- Producen vibraciones y ruidos muy bajos.
- El reductor se puede ensamblar con la tapa de entrada para finalmente obtener un reductor multimedia.
- Velocidades de salida: 14 – 500 rpm.
- Torque de salida: 6 - 180 KNm.
- Potencia de Motor: 0.12 – 55 kW.



*Figura 9: Reductor de engranajes Falk.*

*Fuente: La empresa*

### ***Reductor De Tornillo Sinfín tipo HELICON.***

- Motorreductores sin fin corona de dos etapas.
- Grandes ratios en etapa sin-fin.
- Alta fuerza radial admisible.
- Desarrolla muy baja vibración y ruido.
- Diseñados idealmente para formar parte de un sistema integrado.
- Velocidades de salida: 0.5 – 1000 rpm.
- Torque de salida: 70 – 65 KNm
- Rango de potencia de Motor: 0.12 – 22 kW
- En la figura 10, se aprecia los reductores de sinfín corona.



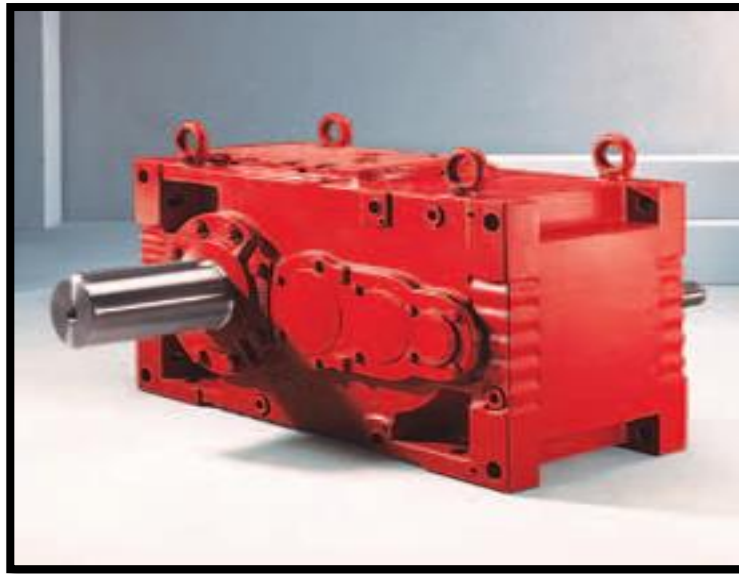


*Figura 10: Reductores sin fin corona.*

*Fuente: La empresa*

### **Reductor De Engranajes Helicoidales y Ejes Paralelos tipo Reductor IG.**

- Motorreductores particularmente compactos.
- Reductores de alta eficiencia.
- Altos torque y fuerzas radiales admisibles.
- Desarrolla muy baja vibración y ruido.
- Diseñados idealmente para formar parte de un sistema integrado.
- Velocidades de salida: 0.1 – 752 rpm
- Torque de salida: 6 – 100 KNm
- En la figura 11, se aprecia los reductores de ejes paralelos IG.



*Figura 11: Reductor de ejes paralelos IG.  
Fuente: La empresa*

### **Reductor De Engranajes De Ejes Perpendiculares Tipo Moventas.**

- Motorreductores de engranajes cónicos de tres etapas.
- Altos torques y fuerzas radiales admisibles.
- Reductores de alta eficiencia.
- Requerimientos para espacios reducidos.
- Desarrolla muy baja vibración y ruido.
- Diseñados idealmente para formar parte de un sistema integrado.
- Velocidades de salida: 0.1 – 520 rpm
- Torque de salida: 561 - 2500 KNm.

Se aprecia los reductores de ejes perpendiculares noventas, que sirve como aplicación en los secadores de harina de pescado. Tal como se muestra en la figura 12.



*Figura 12: Reductor de ejes perpendiculares Moventas.*

*Fuente: La empresa*

### **Determinación del factor de servicio.**

El factor de servicio se determina por las características de carga de la maquina conductora y conducida, y por la duración de la operación.

El factor de servicio de un reductor de velocidad se define como el número de veces que este es capaz de soportar el torque generado por el sistema. Generalmente, el factor de servicio se calcula basado en la potencia nominal del motor instalado.

El valor del factor de servicio es:

-Fb = Factor de servicio

-Mn = Torque nominal del reductor.

-Ma = Torque a la velocidad de salida.

*Ecuación 1: Factor de servicio.*

$$\mathbf{Fb} = \frac{Mn}{Ma}$$

### Conceptos utilizados.

#### *Índice de reducción.*

Es la relación entre la velocidad del motor y la velocidad de salida del reductor.

El índice de reducción se calcula utilizando la siguiente formula:

*Ecuación 2: Índice de reducción.*

$$\mathbf{Ratio (i)} = \frac{\text{Rotaciones del motor}}{\text{Rotaciones salida del reductor}}$$

#### *Par o Torque (Ma) a la velocidad de salida del reductor.*

Es la máxima fuerza necesaria para romper la inercia y permitir el movimiento rotativo.

P = Potencia nominal en la entrada

Ma = Torque nominal en la salida

WR = Velocidad de salida.

*Ecuación 3: Torque nominal de salida.*

$$M_a = \frac{9550 \times P \text{ (Kw)}}{WR \text{ (RPM)}}$$

### ***Rendimiento Mecánico.***

Es la relación entre la potencia absorbida y la potencia motriz.

*Ecuación 4: Rendimiento mecánico.*

$$\eta \text{ Mecanico} = \frac{\text{Potencia absorbida}}{\text{Potencia Motriz}}$$

### **Instalación de un Reductor.**

El reductor debe montarse o instalarse en la posición establecida, sobre una estructura de soporte nivelada, amortiguada y rígida a torsión. No tense las fijaciones de las patas y las bridas de montaje unas a otras, y respete las cargas axiales y radiales admisibles.

Para la fijación de las cajas reductoras utilice pernos de fijación de grados 8.8.

Para la transmisión de los pares (torques) nominales especificados en el catálogo, se deben utilizar pernos de sujeción de calidad 10.9.

Comprobar si el nivel de llenado de aceite es el previsto para esta posición de montaje. Los reductores se suministran con el nivel de aceite requerido, en función a la posición de montaje, es posible que se den ligeras desviaciones en el tapón de control de nivel de aceite, que son admisibles dentro de las tolerancias de fabricación establecida.

Ajuste las cantidades de llenado de lubricante y la posición del tapón de salida de gases al cambiar la posición de montaje. Todos los reductores necesitan eliminar los gases que se forman en el interior de ellos, debido a la operación del aceite, con todas las partes móviles del reductor.

Es por eso por lo que todos los reductores son suministrados con una válvula de salida de gases instalada y activadas, tal como se muestra en la figura 13.

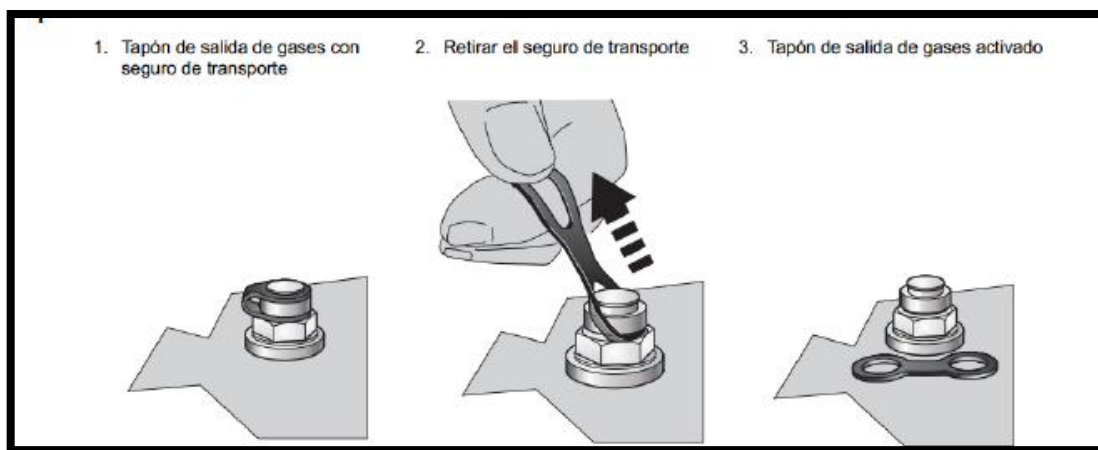


Figura 13: Válvula de salida de gases.

Fuente: La empresa

## Lubricación.

Para garantizar la lubricación apropiada de un reductor, es esencial organizar correctamente su lubricación y las correspondientes tareas de observación y mantenimiento. La principal función de la lubricación es formar una película de aceite entre los flancos de trabajo de los dientes de una rueda dentada para evitar el contacto metálico y engrasar los rodamientos y los retenes.

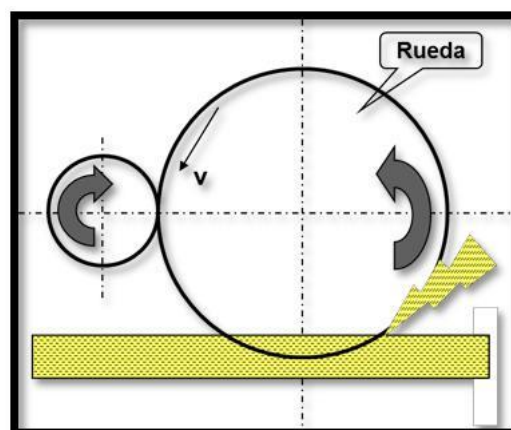
Pero la lubricación también desempeña otras funciones:

- Reducir la fricción y la pérdida de potencia resultante.
- Alejar el calor del contacto de los dientes y los rodamientos.
- Minimizar el desgaste y las roturas.
- Evitar la entrada de impurezas en las piezas engrasadas.
- Eliminar las impurezas y partículas gastadas.
- Reducir las vibraciones.
- Proteger las piezas de la corrosión.

### Tipos de Lubricación.

#### *Lubricación por salpicadura.*

Se aprecia la lubricación por salpicadura, las ruedas dentadas se sumergen parcialmente en aceite. El contacto del diente se lubrica con el aceite que salpican las ruedas dentadas o que se transmite con los dientes. Los rodamientos se lubrican con el aceite que salpican las ruedas dentadas. La lubricación por salpicadura está indicada para aquellas ruedas dentadas de rotación relativamente lenta. Tal como se muestra en la figura 14.



*Figura 14: Lubricación por salpicadura.*

*Fuente: La empresa*

### Lubricación por baño.

Se aprecia la lubricación por baño, la superficie de aceite es suficientemente alta como para poder sumergir en aceite el contacto del diente y los elementos rodantes de los rodamientos. La lubricación por baño sólo es apta para las ruedas dentadas de rotación muy lenta con una velocidad baja de la línea de paso. Tal como se muestra en la figura 15.

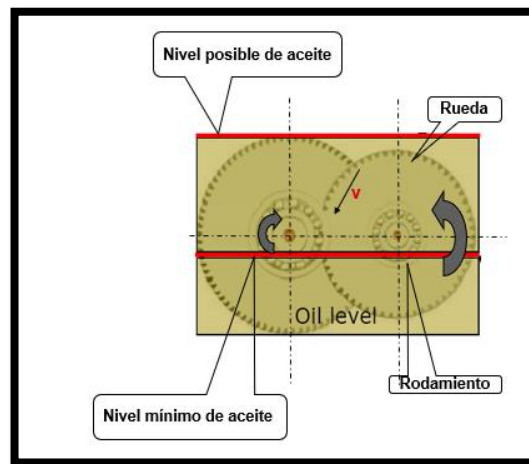


Figura 15: Lubricación por baño.

Fuente: La empresa

### Lubricación por grasa.

Se aprecia el uso de la lubricación por grasa se limita casi exclusivamente a la lubricación de los rodamientos y los retenes si la estructura del rodamiento de un reductor así lo requiere. Tal como se muestra en la figura 16.





*Figura 16: Lubricación por grasa.*

*Fuente: La empresa*

### **Lubricación por presión.**

La estructura, el tamaño, el uso y los requisitos de refrigeración del reductor pueden exigir el uso de la lubricación por presión. En este tipo de lubricación, los tubos de aceite del reductor se conectan a un sistema central de lubricación o a una bomba de lubricación ubicada cerca del reductor. La bomba de lubricación puede accionarse mediante un eje, lo que significa que obtiene la potencia operativa directamente del eje del reductor, o bien puede contar con un motor eléctrico.

El nivel del equipo en lubricación por presión viene determinado por el nivel de demanda, la supervisión y los requisitos de refrigeración del reductor de la máquina en funcionamiento. También se puede conectar una unidad de engrase estándar al reductor y equiparlo con una unidad de refrigeración por agua o por aire, tal como se puede apreciar en la figura 17.

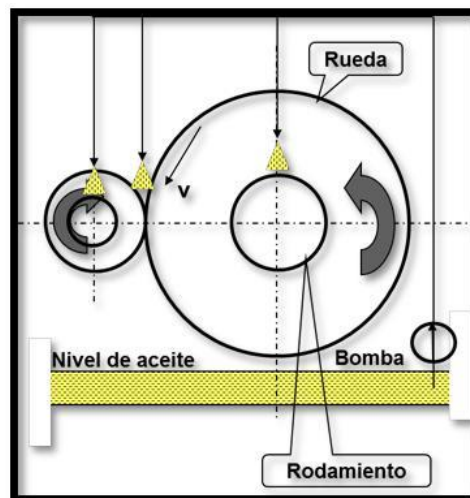


Figura 17: Lubricación por presión.

Fuente: La empresa

### Potencia térmica.

Es la potencia que un reductor puede transmitir permanentemente sin exceder una temperatura de aceite indicado.

La potencia térmica depende de:

- Las pérdidas mecánicas.
- La temperatura ambiente.
- La velocidad del viento (casos unidades a la intemperie).
- Exposición a la radiación solar.
- Exposición a otras fuentes de calor (hornos, secadores)
- Tipo y nivel de aceite.
- Depósitos de suciedad y polvo en el reductor.

## Definición de Términos

### *Conceptos Térmicos*

Definiciones en transporte de calor:

**Conducción:** Es la propiedad de un cuerpo que permite que el calor viaje desde un punto a otro del cuerpo.

**Radiación:** Es la propiedad de traspasar calor de un cuerpo a otro sin contacto entre ellos.

**Convección:** Corresponde a la transferencia de calor entre dos medios diferentes (por ejemplo, un sólido y un gas). Usualmente se presenta con movimiento de un medio el cual extrae el calor del otro. Tal como se muestra en la figura 18.

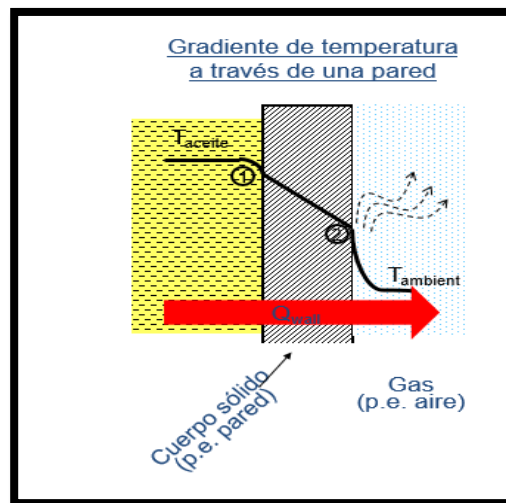


Figura 18: Convección gradiente de temperatura.

Fuente: La empresa

## Remoción de calor en un reductor

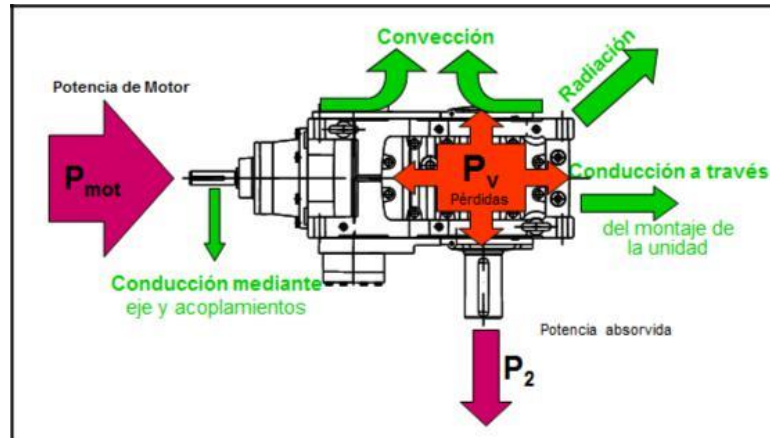


Figura 19: Remoción de calor de un reductor.

Fuente: La empresa

Usualmente la remoción de calor es:

- 70% convencional natural.
- 20% radiación.
- 7% ejes y acoples.
- 3% conducción por el piso.

## Respirador disecante

El reductor está equipado con un respirador que absorbe la humedad y en el cual la humedad es absorbida por cristales de sílice, impidiendo su penetración en el reductor.

Compruebe el respirador cada 2.500 horas de funcionamiento o al menos cada 10 meses.

Tal como se muestra en la figura 20.

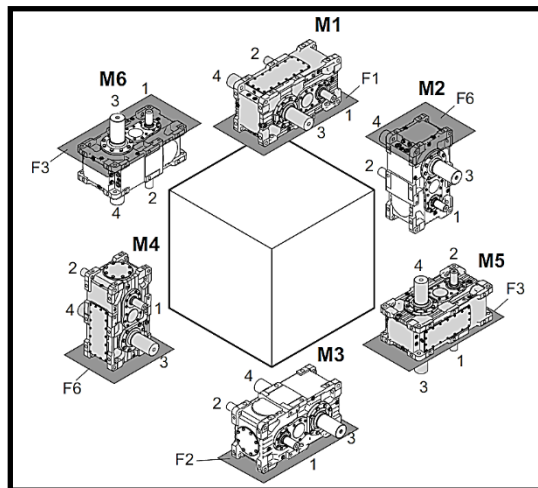


*Figura 20: Respirador disecante.*

*Fuente: La empresa*

### Posición de montaje de los Reductores

- Para cada posición se tiene un nivel de aceite diferente y la ubicación de la válvula de purgado también varía, tal como se muestra en la figura 21.



*Figura 21: Posiciones de montaje.*

*Fuente: La empresa*

## Causas de fallas en las cajas reductoras

- Inadecuada lubricación.



*Figura 22: Ejemplo de inadecuada lubricación.*

*Fuente: La empresa*

- Inadecuado montaje de los rodamientos.



*Figura 23: Ejemplo de inadecuada de montaje de rodamientos*

*Fuente: La empresa*



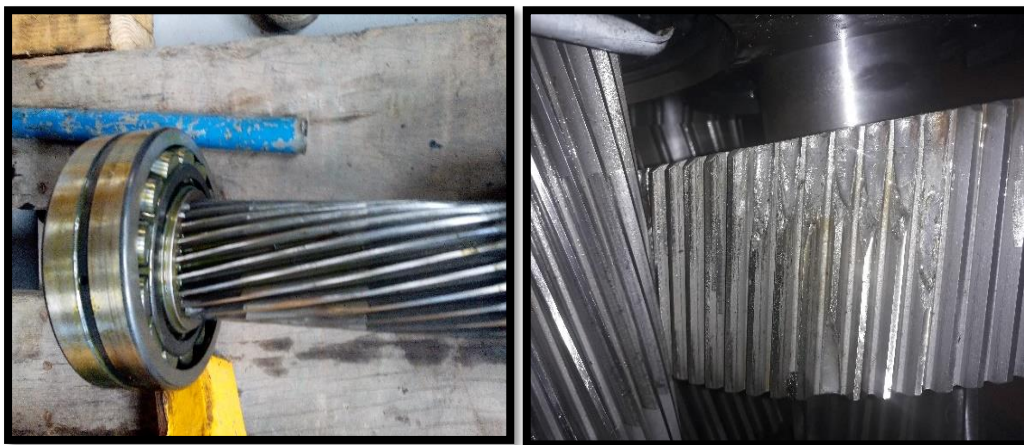
- Inadecuado montaje en la caja reductora.



*Figura 24: Ejemplo de inadecuado montaje en la caja reductora.*

*Fuente: La empresa*

- Sobrecarga y desgaste en los engranajes.



*Figura 25: Ejemplo de sobrecarga y descarga en los engranajes.*

*Fuente: La empresa*

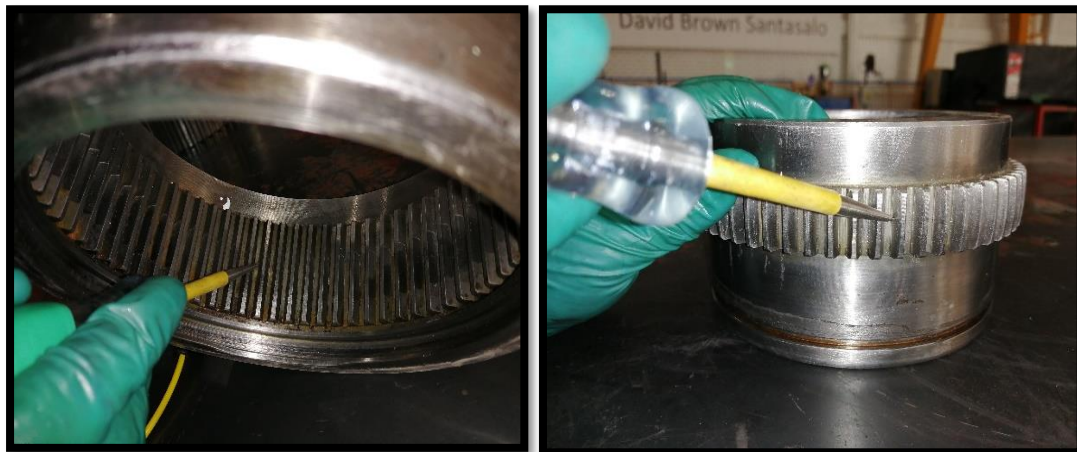
- Fisura en los ejes y fuga de aceite.



*Figura 26: Ejemplo de fisura en los ejes y fuga de aceite.*

*Fuente: La empresa*

- Inadecuada operación de los acoples.



*Figura 27: Ejemplo de inadecuada operación de los acoples.*

*Fuente: La empresa*



- Montaje inadecuado.

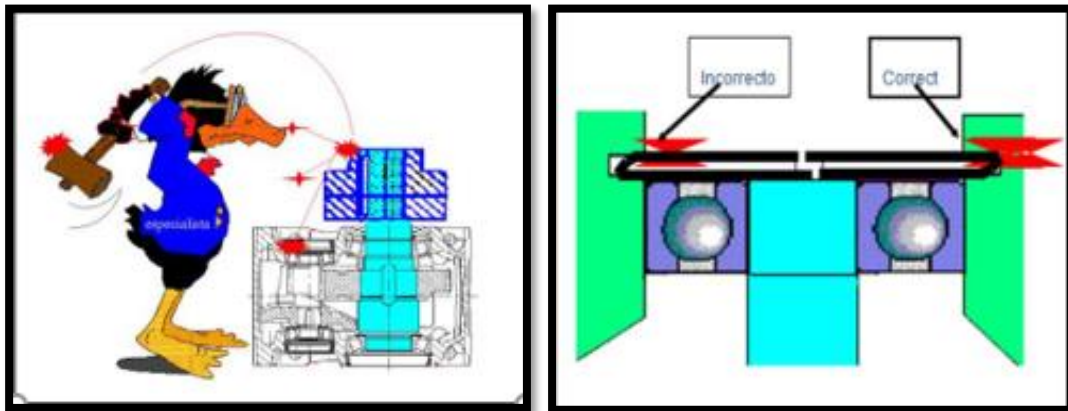


Figura 28: Representación de montajes inadecuados.

Fuente: La empresa

**Actividades para la reparación de la caja reductora.**

Tabla 2: Tipo de servicio de reparación.

TIPO DE SERVICIO DE REPARACION DE CAJAS REDUCTORAS		
ITEM	ACTIVIDAD PARA DESARROLLAR	FRECUENCIA ACTIVIDAD (H)
1	Medicion de corriente de carga	360
2	Medicion de ultrasonido en el motor	720
3	Medicion de ultrasonido en el reductor	720
4	Medicion de vibraciones en el motor	720
5	Medicion de vibraciones en el reductor	720
6	Medicion termografica en el motor	540
7	Medicion termografica en el reductor	540
8	Medicion de la resistencia de aislamiento del motor	720
9	Toma de muestra del aceite del reductor ( analisis de aceite)	1440
10	Limpieza externa del motorreductor	1080
11	Cambio de empaquetadura del motor	4000
12	Cambio de prensa estopa de caja de conexiones del motor	8000
13	Ajuste de tuercas en borneras del motor	4000
14	Frecuencia de cambio de aceite	8000
15	Frecuencia de cambio de sellos	8000
16	Frecuencia de cambio de rodamientos del motor	16000
17	Frecuencia de cambio de rodamientos del reductor	16000

Fuente: La empresa

## CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### Organización

David Brown Santasalo, combina más de 285 años de experiencia y conocimientos en ingeniería de engranajes, lo que nos brinda una visión incomparable de los entornos en los que operan las cajas de engranajes. Líder mundial en la tecnología de los accionamientos, fabricación y venta de cajas reductoras industriales, presente en más de 3 continentes, DBS cuenta con más de 1500 trabajadores a nivel mundial dispuestos a ofrecer la mejor solución a todas sus necesidades de nuestros clientes. Tal como se muestra en la figura 30.

Los accionamientos están presentes en los diferentes sectores industriales como: Minería, Alimentos, Petroquímicos, Pesqueras, Papel, Agropecuaria, entre otros.

En el 2016, funda el taller de reparaciones en Arequipa – Perú, para convertirse en una de las marcas de transmisión de potencia mecánica líderes en el mundo. En el corazón de nuestro negocio se encuentra una rica herencia de ingeniería de engranajes, que abarca muchas marcas conocidas. Estas marcas le han dado la experiencia y el conocimiento que usamos para generar valor en los procesos de nuestros clientes de hoy.

La empresa se especializa en brindar servicios integrales en venta y alquiler de equipos ligeros nuevos y usados con un completo soporte de postventa a nivel nacional. Ofrece solución integral a las necesidades de equipos ligeros en todos los sectores productivos del país.

Las cajas reductoras están presentes en los diferentes sectores industriales como: Minería, Alimentos, Petroquímicos, Pesqueras, Papel, Agropecuaria, entre otros, tal como se muestra en la figura 29.



Figura 29: Fabricas a nivel mundial de la empresa.  
Fuente: La empresa

Las cajas reductoras están presentes en los diferentes sectores industriales como: Minería, Alimentos, Petroquímicos, Pesqueras, Papel, Agropecuaria, azucareras, industria metálica, entre otros, tal como se muestra en la figura 30.



Figura 30: Sectores industriales mineros.  
Fuente: La empresa

## Organigrama general de David Brown Santasalo South América.

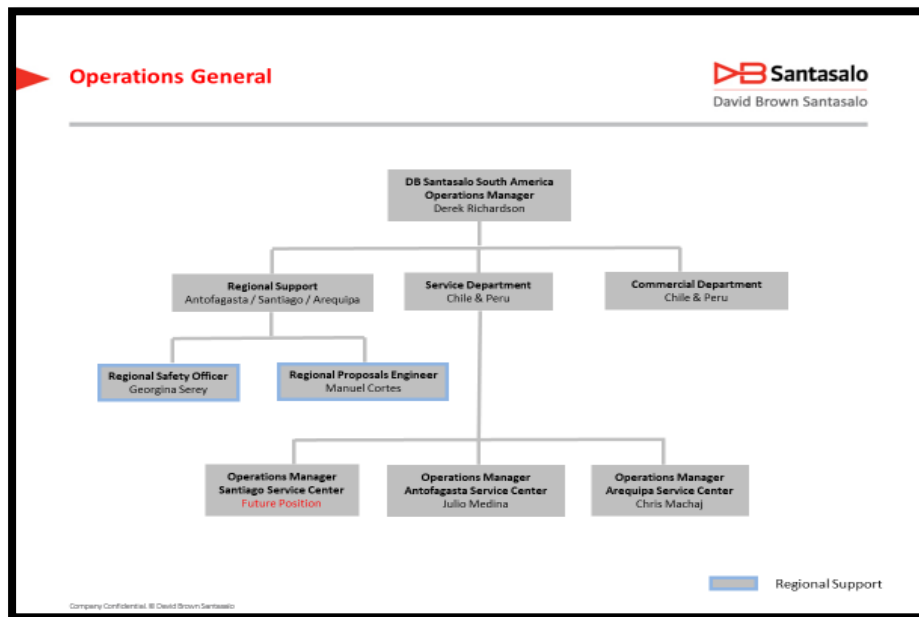


Figura 31: Organigrama general David Brown Santasalo South América.

Fuente: La empresa

## Sucursal David Brown Santasalo Arequipa

Dirección: Asociación Peruarbo Sector Bolivia III, Manzana A, Lote 14 Distrito Cerro Colorado, Arequipa, Perú. Tal como se muestra en la figura 32.



Figura 32: Sucursal David Brown Santasalo – Arequipa.

Fuente: La empresa

## Organigrama de la sucursal de David Brown Santasalo Arequipa

David Brown Santasalo Arequipa inicia sus actividades comerciales en el mes de febrero del año 2016 hasta la actualidad. Tal como se muestra en la figura 33.

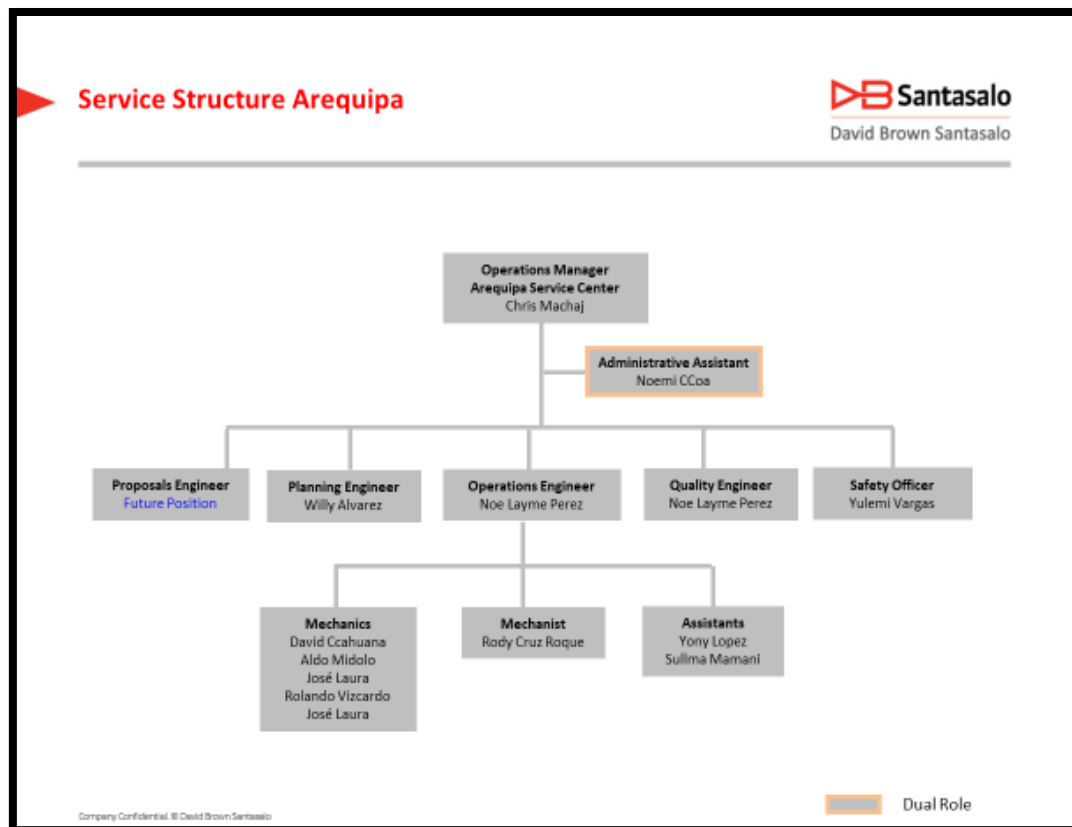


Figura 33: Organigrama general David Brown Santasalo – Arequipa.

Fuente: La empresa

## Principales clientes.

Tabla 3: Principales clientes de la empresa.

ITEM	NOMBRE DEL CLIENTE		% DE REPARACIONES DE CAJAS RED.
1	SOUTHERN	 SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	21.00%
2	CERRO VERDE	 Cerro Verde	15.00%
3	HUBBAY	 HUBBAY	15.00%
4	LAS BAMBAS	 LAS BAMBAS	11.00%
5	METSO	 metso	10.00%
6	CEMENTOS YURA	 CEMENTO YURA	8.00%
7	ANTAPACAY	 ANTAPACCAY	7.50%
8	QUELLAVECO	 ANGLO AMERICAN Quellaveco	6.50%
9	CENTINELA	 PESQUERA CENTINELA	6.00%
TOTAL			100.00%

Fuente: La empresa

## Misión de la empresa

*“Brindar al sector minero e industrial del país, Productos y servicios de alta calidad, enfocados en la reparación y comercialización de reductores de velocidad y transmisiones mecánicas, siendo un socio estratégico para nuestros clientes a través de la cercanía, reducción de costos y excelencia operativa.”*

## Visión

*“Ser líderes en el mercado Latinoamericano, como referentes de un servicio de reparaciones de primer nivel, venta de reductores, transmisiones y repuestos, creando sustentabilidad a largo plazo para nuestros inversionistas, clientes y colaboradores.”*

## Valores de la empresa

- **Seguridad:** Comprometidos con la vida y salud de nuestra gente.
- **Sustentabilidad:** Comprometidos con el medio ambiente.
- **Orientación al cliente:** Nuestro cliente es nuestro principal enfoque.
- **Experticia:** Más de 150 años de experiencia al servicio de nuestros clientes.
- **Eficiencia:** Mejoramiento continuo para mantener nuestra excelencia operativa.
  - **Trabajo en equipo:** La fuerza que impulsa nuestro valor.
  - **Autodisciplina:** Compromiso y determinación de hacer las cosas correctas.
  - Cumplimiento de normas, procedimientos, principios y valores de la empresa.

Valor de vida que nos ayuda a trabajar con prevención.

Una buena reputación es fundamental para que los negocios se lleven a cabo, y solo a través de un debido cumplimiento podremos mantenerla, por eso, debemos esforzarnos para mantener y resaltar la importancia de trabajar con las más altas normas de ética siguiendo una cultura basada en las mejores prácticas de negocios a nivel global.

## **Giros de negocios de la empresa David Brown Santasalo.**

### **1. Instalación de cajas de engranajes.**

Utilizando nuestros protocolos de servicio, se realiza el montaje de la caja reductora, respetando la posición de montaje de cada transmisión. David Brown Santasalo garantiza que sus cajas reductoras estén bien ensambladas con los más altos estándares. Tal como se muestra en la figura 34.



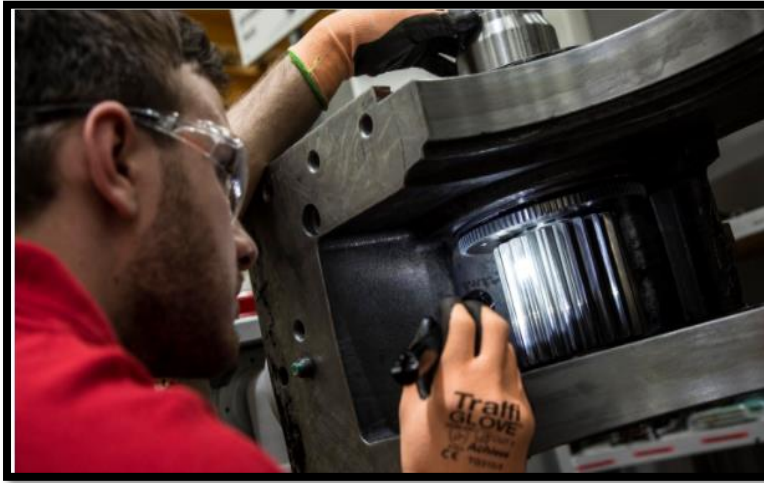
*Figura 34: Instalación de caja de engranajes.*

*Fuente: La empresa*

### **2. Servicio de inspección de cajas reductoras.**

Nuestros técnicos especialistas inspeccionan el estado general de los engranajes, visualizar si presenta desprendimiento de material o desgaste ocasionado por una inadecuada operación, así proporcionar un análisis exhaustivo del estado de la caja de engranajes, la capacidad operativa y curso de acción recomendado. Tal como se muestra en la figura 35.





*Figura 35: Servicio de inspección de cajas reductoras.*

*Fuente: La empresa*

### **3. Reparación de caja de engranajes.**

Con nuestro equipo de técnicos experimentados, podemos garantizar una adecuada reparación, ya que contamos con los procedimientos, protocolos, equipos de instrumentación para realizar un adecuado ensamblaje. Se cuenta con un taller equipado para reparar cajas reductoras de cualquier tipo de tamaño y marca. Tal como se muestra en la figura 36.



*Figura 36: Reparación de caja de engranajes.*

*Fuente: La empresa*

#### **4. Actualización e interpretación de planos de cajas de engranajes.**

La empresa tiene técnicos capaces de realizar la interpretación de planos e identificación de listado de partes para cualquier marca, tipo y modelo para aumentar la capacidad operativa y poder realizar un adecuado montaje, respetando las tolerancias, temperatura, precarga entre otros. Tal como se muestra en la figura 37.



*Figura 37: Actualización e interpretación de planos de cajas de engranajes.*

*Fuente: La empresa*

#### **5. Repuestos para engranajes industriales.**

La empresa suministra repuestos para las marcas DBS, así como para nuestra amplia gama de marcas tradicionales. Tal como se muestra en la figura 38.



*Figura 38: Repuesto para engranajes industriales.*

*Fuente: La empresa*

## **6. Mantenimiento proactivo de cajas de engranaje y gestión del estado.**

Se ofrece un servicio completo de gestión de activos que cuida la caja reductora a través del mantenimiento regular planificado como la revisión de los elementos rodantes, engranajes, medida de ajustes y tolerancias de acuerdo con la aplicación de trabajo. Tal como se muestra en la figura 39.



*Figura 39: Mantenimiento proactivo de cajas de engranajes.*

*Fuente: La empresa*

## 7. Servicios del sitio de Gearbox.

Se realiza el monitoreo a las cajas reductoras en funcionamiento, brindando asistencia técnica y soporte en el funcionamiento de las cajas reductoras, verificación de temperatura, vibraciones, ruidos en la caja reductora, entre otros. Ayudando al cliente lograr altas tasas de disponibilidad de la máquina y un tiempo de inactividad mínimo. Tal como se muestra en la figura 40.



*Figura 40: Servicio del sitio de Gearbox.*

*Fuente: La empresa*

## 8. Rediseño para mejorar el rendimiento de la caja de engranajes.

Se tiene la capacidad de rediseñar y actualizar cualquier caja de engranajes o componentes de caja de cambios con los más altos estándares de calidad. Tal como se muestra en la figura 41.



*Figura 41: Rediseño para mejorar el rendimiento de las cajas de engranajes.*

*Fuente: La empresa*

## **9. Montaje en campo caja de engranajes.**

Como muchas empresas tienen paradas de planta y requieren que sus equipos sean reparados a la brevedad posible. Se tiene experiencia que tiene puede realizar el montaje de cajas de engranajes en el campo, y así poder dar el soporte y solución a ellas. Tal como se muestra en la figura 42.



*Figura 42: Montaje en campo de caja de engranajes.*

*Fuente: La empresa*

## 10. Monitoreo a condición.

Se realiza el monitoreo a condición, mide de forma periódicamente uno o más parámetros en la maquinaria, con el fin de identificar algunos cambios significativos que usualmente indican fallas en el proceso de las cajas reductoras. Tal como se muestra en la figura 43.



*Figura 43: Monitoreo a condición.*

*Fuente: La empresa*

### **Nivel de Ventas de servicio de reparación de cajas reductoras.**

El año 2018 las ventas anuales en las reparaciones de las cajas reductoras tuvieron caídas considerables 58.3, representando para la empresa una pérdida anual de 700.000 dólares americanos.

En la tabla 4, se puede apreciar las ventas anuales en las reparaciones de las cajas reductoras, las cuales se puede observar una disminución en las ventas de un 30% en el año 2018, representando para la empresa una pérdida anual de 600.000 dólares americanos.



Tabla 4: Ventas anuales por la reparación de cajas reductoras

VENTAS ANUALES - REPARACION DE LAS CAJAS REDUCTORAS													
Etiquetas de fila	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	TOTAL
2017	\$132,000	\$151,000	\$37,000	\$170,000	\$89,000	\$447,000	\$100,000	\$171,000	\$357,000	\$239,000	\$74,000	\$33,000	\$2,000,000
2018		\$250,000	\$103,000	\$65,000	\$41,000	\$63,000	\$3,000	\$4,000	\$106,000	\$405,000	\$81,000	\$279,000	\$1,400,000
<b>Total General</b>	\$132,000	\$401,000	\$140,000	\$235,000	\$130,000	\$510,000	\$103,000	\$175,000	\$463,000	\$644,000	\$155,000	\$312,000	\$3,400,000

Fuente: La empresa

### Tablas de unidades de negocios David Brown Santasalo

Como se puede apreciar en la tabla 5, se determina las oportunidades de negocios de David Brown Santasalo. Lo cual se observa que los negocios más rentables son el servicio de reparación de cajas reductoras y las ventas de repuestos.

Tabla 5: Unidad de negocios.

UNIDAD DE NEGOCIOS DAVID BROWN SANTASALO		
DESCRIPCION	CRITICIDAD ( 1 - 15)	PORCENTAJE %
Venta de repuestos y equipos nuevos	12.5	25%
Ingenieria inversa	10	20%
Monitoreo a condicion	5	10%
Servicio de Post venta	7.5	15%
Servicio de reparacion de cajas reductoras.	15	30%
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Fuente: La empresa

## Productividad de las principales unidades de negocio de David Brown Santasalo

Como se puede apreciar en la tabla 6, se puede ver que la unidad de negocio de servicios de reparaciones de cajas reductoras en el año 2018, tuvo una menor productividad con un 58,3%. Luego de la implementación de las mejoras este se incrementó hasta un nivel del 95%.

Tabla 6: Productividad en los negocios de la empresa.

PRODUCTIVIDAD EN LOS NEGOCIOS DE DAVID BROWN SANTASALO			
DESCRIPCION	2017	2018	2019
Venta de repuestos y equipos nuevos	100%	86.10%	101%
Ingenieria Inversa	87.50%	129%	97%
Monitoreo a condicion	125%	116%	83%
Servicio Post venta	100%	104%	104%
Servicio de Reparacion de cajas reductoras	100%	58,3%	95%

*Fuente: La empresa*

La empresa estima un 20% de crecimiento anual del ICAM por cumplimiento de meta y un 10% si no se cumple la meta.

$$\text{ICAM (\%)} = (\text{Ingresos} \times 100) / \text{Meta anual.}$$



## Ingresos anuales de ventas por unidad de negocio.

Como se puede apreciar en la tabla 7, se observa el ingreso anual de las ventas de unidad de negocio.

*Tabla 7: Ingresos anuales de las ventas.*

<b>INGRESOS ANUALES DE VENTAS POR UNIDAD DE NEGOCIO</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Venta de repuestos y equipos nuevos</b>	3'000,000	3'100,000	4'000,000
<b>Ingenieria Inversa</b>	800,000	1'000,000	900,000
<b>Monitoreo a condicion</b>	200,000	350'000	300,000
<b>Servicio Post venta</b>	400,000	500,000	600,000
<b>Servicio de Reparacion de cajas reductoras</b>	2'000,000	1'400,000	2'500,000
<b>VENTAS TOTALES</b>	<b>6'400,000</b>	<b>6'350,000</b>	<b>8'300,000</b>

*Fuente: La empresa*

## Registros de tiempos antes de la implementación de la metodología Lean

### Manufacturing.

Se registró los tiempos de trabajo en cada proceso de reparación de cajas reductoras tales como inspección, desmontaje, limpieza, montaje, reparación para el análisis de tiempos por proceso. Esto se puede ver en la tabla 8, 9,10 y 11.

Tabla 8: Tiempos registrados del servicio de reparación de las cajas reductoras modelo Moventas (r) antes de implementar la metodología lean manufacturing.

REDUCTOR MOVENTAS (R)	INSPECCION (HORAS)	DESMONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	LIMPIEZA (HORAS)	MONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)
MOVENTAS R 35	7	12	19	12	17	29	48
MOVENTAS R 45	9	14	23	14	19	33	56
MOVENTAS R 55	10	15	25	15	20	35	60
MOVENTAS R 65	10	17	27	15	22	37	64
MOVENTAS R 75	12	18	30	17	23	40	70
MOVENTAS R 85	14	20	34	19	25	44	78

Fuente: La empresa

Tabla 9: Tiempos registrados del servicio de reparación de las cajas reductoras modelo Falk (Q) antes de implementar la metodología Lean Manufacturing.

REDUCTOR FALK (Q)	INSPECCION (HORAS)	DESMONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	LIMPIEZA (HORAS)	MONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)
FALK Q 35	6	11	17	11	16	27	44
FALK Q 45	8	13	21	13	18	31	52
FALK Q 55	9	14	23	14	19	33	56
FALK Q 65	9	16	25	14	21	35	60
FALK Q 75	11	17	28	16	22	38	66
FALK Q 85	13	19	32	18	24	42	74

Fuente: La empresa

Tabla 10: Tiempos registrados del servicio de reparación de las cajas reductoras modelo radicon (p) antes de implementar la metodología lean manufacturing.

REDUCTOR RADICON (P)	INSPECCION (HORAS)	DESMONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	LIMPIEZA (HORAS)	MONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)
RADICON P35	5	10	15	10	15	25	40
RADICON P45	7	12	19	12	17	29	48
RADICON P55	8	13	21	13	18	31	52
RADICON P65	8	15	23	13	20	33	56
RADICON P75	10	16	26	15	21	36	62
RADICON P85	12	18	30	17	23	40	70

Fuente: La empresa

Tabla 11: Tiempos registrados del servicio de reparación de las cajas reductoras modelo reductor IG (K) antes de implementar la metodología lean manufacturing.

REDUCTOR IG (K)	INSPECCION (HORAS)	DESMONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	LIMPIEZA (HORAS)	MONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)
REDUCTOR IG K35	3	8	11	8	13	21	32
REDUCTOR IG K45	5	10	15	10	15	25	40
REDUCTOR IG K55	6	11	17	11	16	27	44
REDUCTOR IG K65	6	13	19	11	18	29	48
REDUCTOR IG K75	8	14	22	13	19	32	54
REDUCTOR IG K85	10	16	26	15	21	36	62

Fuente: La empresa

Estos tiempos son el registro de cada tipo de reductor, son las horas diarias en realizar la reparación de las cajas reductoras, lo cual esta información se encuentra en la base de datos de la empresa.

### Proceso en la reparación de las cajas reductoras.

Los técnicos comienzan el proceso de ensamblaje utilizando procedimientos y estándares de ensamblaje por cada tipo de caja reductora.

Todas las partes y piezas son retiradas de nuestro almacén y luego son ensambladas de acuerdo con los requerimientos del cliente.

En la figura 44. Se muestra el plano y listado de partes para cada ensamblaje de caja reductora. En este plano se ubican todas las piezas que se incluirán en la caja reductora.

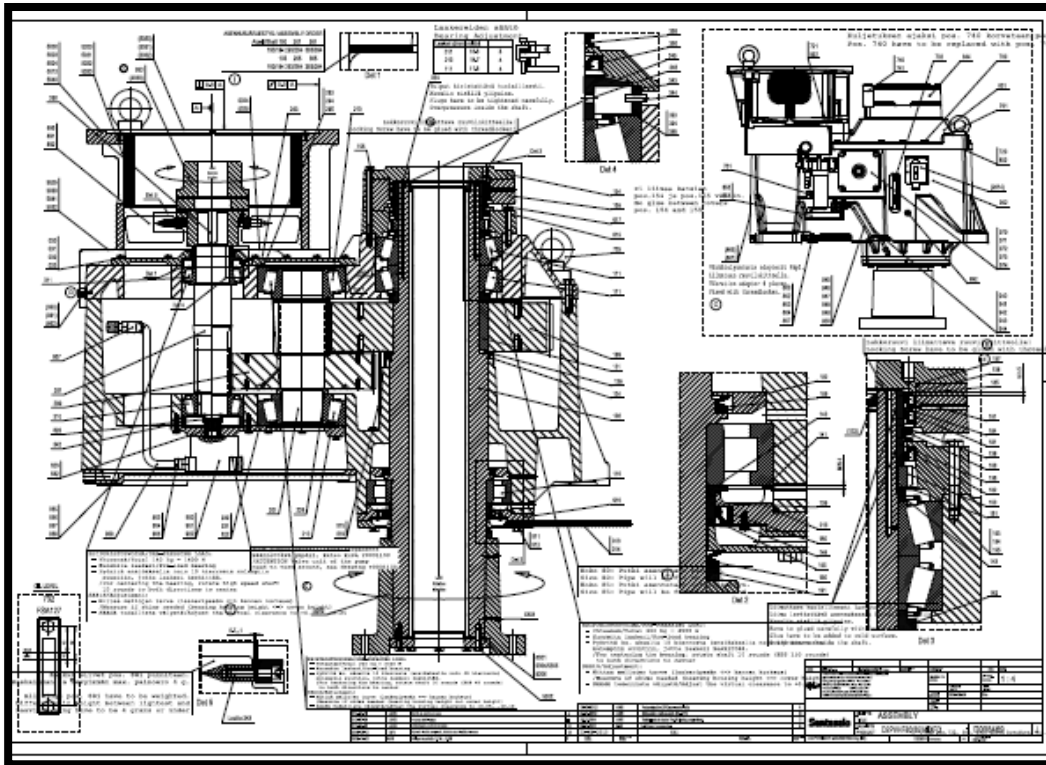


Figura 44: Plano para el montaje.

Fuente: La empresa

- Se procede a realizar el montaje de la caja de transmisión en la caja reductor.



Figura 45: Montaje de caja de transmisión.

Fuente: La empresa

- Se procede a colocar la tapa superior, a la vez se realiza el torqueado de los pernos.



*Figura 46: Colocado de tapa superior y torqueado de pernos.*

*Fuente: La empresa*

- Una vez ensamblado la caja reductora, se procede a realizar las pruebas finales apoyándose de un banco de pruebas.



*Figura 47: Pruebas finales.*

*Fuente: La empresa*



- Se procede a realizar el pintado y embalaje del equipo.



Figura 48: Pintado y embalaje.

Fuente: La empresa.

## Descripción general del proceso

El siguiente diagrama muestra la metodología general con que la empresa presta sus servicios. Tal como se muestra en la figura 49.

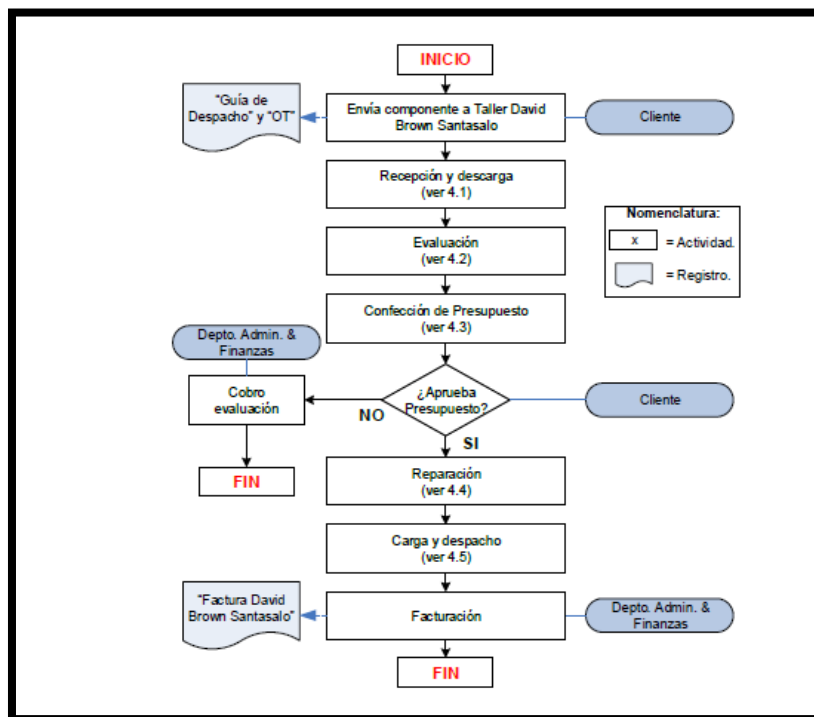


Figura 49: Descripción general del proceso.

Fuente: La empresa.

## Descripción del proceso de reparación y armado de cajas reductoras.

En el siguiente diagrama se muestra el proceso de reparación y armado de las cajas reductoras, tal como se muestra en la figura 50.

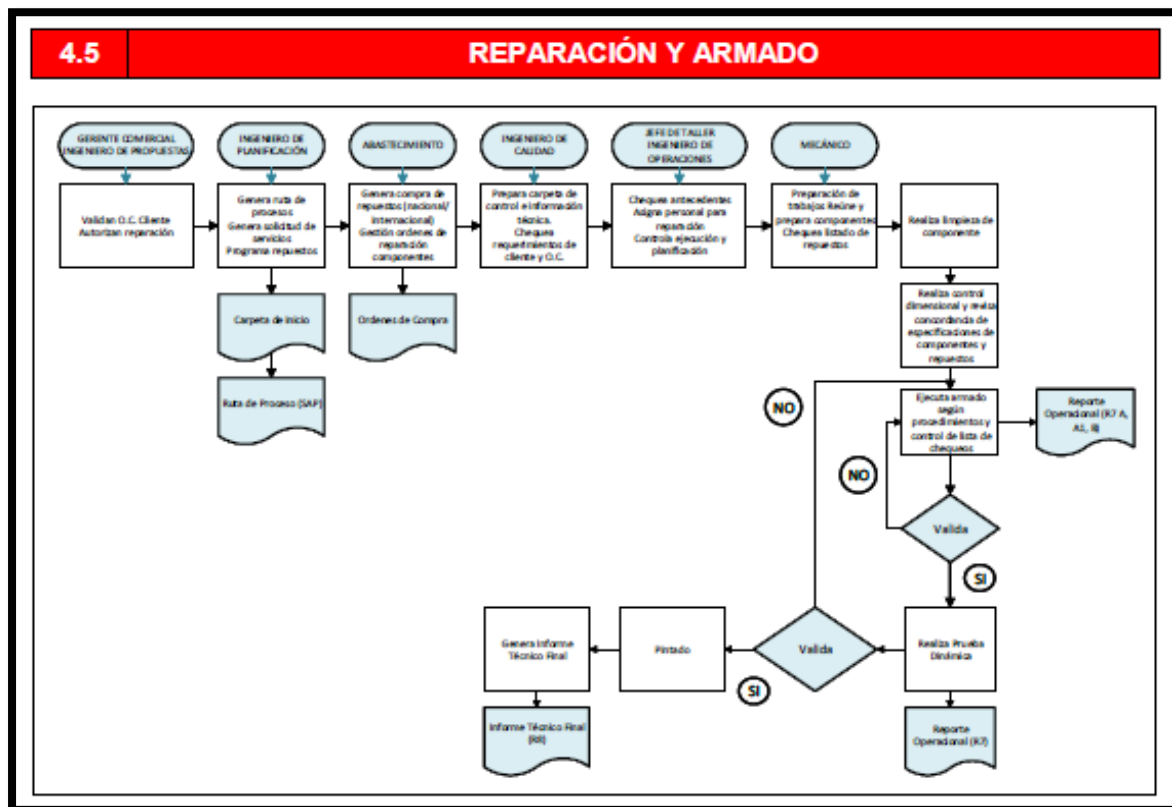


Figura 50: Descripción proceso de reparación y armado.

Fuente: La empresa

1. **Reunión Kick Off:** Una vez aprobada la Carta de Aceptación y/o actualizada la Orden de Compra por parte del Cliente, el Ingeniero de Planificación debe coordinar una reunión con el objeto de Formalizar el inicio del servicio y de establecer y acordar en conjunto, las estrategias específicas para la reparación del componente.

2. **Compra Materiales (si aplica):** El Ingeniero de planificador/propuestas debe generar los SOLPED de servicios, de compras nacionales e de inter-company. El Ingeniero de Adquisiciones (nacionales e internacionales) debe generar y emitir las Órdenes de Compra correspondientes.
3. **Descarga de Componentes (si aplica):** Ya designado el espacio para el componente, se procederá a realizar la descarga con apoyo de Puente grúa; para realizar descarga se utilizarán elementos de izaje tales como eslingas, grilletes, cáncamos, entre otros. Cada componente se debe descargar de acuerdo con su forma, puntos de levante, de existir dudas, antes de descargar el componente, se deberá realizar un análisis del diseño de la carga para establecer los puntos de anclaje donde ubicar los elementos de izaje.
4. **Limpieza para armado de componentes:** Para realizar la limpieza de las piezas, del o los componentes se deberá utilizar producto dieléctrico, solvente y desengrasante, debiendo tomar las medidas preventivas necesarias para evitar el contacto directo del producto de quienes lo manipulen con él o las personas que lo manipulen, junto con esto las personas que interactúen directa o indirectamente con este producto deberán tener conocimiento de la HDS (Hoja de Datos de Seguridad) del producto.
5. **Recuperación de piezas o elementos del componente:** Se realizará recuperación de piezas o elementos del componente a través de los métodos de mecanizado, soldadura y/o metalizado, dependiendo del tipo y estado de la pieza o componente.



6. **Preparación para armado de componentes:** Se deberá verificar que se encuentre la totalidad de las piezas del componente (originales, reparadas o nuevas). Previo al armado, se deberán controlar y realizar verificaciones tanto dimensional como de las especificaciones de los repuestos, asegurando con este chequeo, que todos los componentes, cumplan con lo solicitado en informe y especificaciones levantadas en evaluación inicial.
7. **Armado de Componentes:** Para realizar el armado de componente se utilizarán herramientas de apoyo según sea el requerimiento. Se utilizará equipo hidráulico, inductores, llaves de torque etc., de acuerdo con modelo de componente (generalmente se utiliza para ejes), Para realizar ajuste de pernos se deberá utilizar torque hidráulico o manual según sea el apriete de perno según tabla de torque del fabricante o del perno.
8. **Prueba Dinámica:** El objetivo de esta prueba es detectar preliminarmente si existen defectos internos y externos que pudieran dificultar el funcionamiento del componente en operación. Ésta se realizará con dispositivos y conexiones específicas y determinados para cada componente, para la prueba se utiliza un protocolo de prueba, que cuenta con parámetros específicos para analizar vibraciones y temperatura, los que finalmente y para ser aprobada deberán cumplir los rangos establecidos tanto para control de vibraciones como de temperatura de trabajo, en relación con fugas, definitivamente no puede existir ninguna.

9. **Liberación del componente:** Una vez finalizada la reparación de un Componente el equipo debe reunirse para liberar internamente. Se deberá considerar lo siguiente:

- Revisión de aspectos técnicos y modificaciones específicas al Componente en reparación.
- Revisión del Protocolo en Armado del Componente incluyendo registros de tolerancias, Backlash, precargas, interferencias, especificaciones, etc.
- Revisión del resultado de prueba dinámica en Banco de Pruebas, análisis de temperatura y vibración.

10. **Pintar Componente:** Finalizado los trabajos de reparación se debe realizar el pintado de componentes con pintura anticorrosiva, la elección de color de pintura será de acuerdo con solicitud de cliente.

#### **Análisis de las causas del problema.**

El problema principal es la baja en la productividad de reparación de cajas reductoras por los tiempos entrega que están fuera del Lead Time de fábrica, esto afecta directamente a los encargados de los proyectos los cuales tienen una flota de equipos en sus operaciones mineras.

Para realizar un mejor análisis se elaboró un árbol de problemas y un diagrama de Ishikawa para identificar las causas principales.

### Criticidad en los procesos de reparación de cajas reductoras.

Como se puede apreciar en la tabla 12, se determina el criterio de en la reparación de cajas reductoras, de esta manera se identificó los procesos con mayor peso de criticidad para mejorar, eliminar las causas que perjudiquen a cumplir con los objetivos de la empresa.

Tabla 12: Criterio de deficiencias en la reparación de cajas reductoras.

CRITERIO DE DEFICIENCIA EN LA REPARACION DE LAS CAJAS REDUCTORAS		
DESCRIPCION	CRITICIDAD ( 1 - 10)	PORCENTAJE %
Planiifcacion	5	10%
Recepcion de equipos	3	6%
Evaluacion de cajas reductoras (desmontaje)	5	10%
Listado de componentes (R3A)	1.5	3%
Confeccion del presupuesto.	7.5	15%
Compras de repuesto (Abastecimiento)	9	18%
Montaje y calibracion de cajas reductoras	10	20%
Pruebas dinamicas	4	8%
Pintado	2.5	5%
Despacho	2.5	5%
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

*Fuente: La empresa*

### Análisis de Causa raíz del problema.

El problema principal es la baja productividad en el proceso de reparación de las cajas reductoras año 2018 (productividad del 58.3%), la razón es que el tiempo de entrega excede el plazo establecido, lo que afecta directamente a los gerentes del proyecto y de la mina, quienes están equipados con muchas operaciones mineras.

Para el mejor análisis, se desarrollará el árbol de problemas, y el diagrama Ishikawa para encontrar la razón principal. Tal como se muestra el árbol de problemas en la figura 51.

## Árbol de problema.

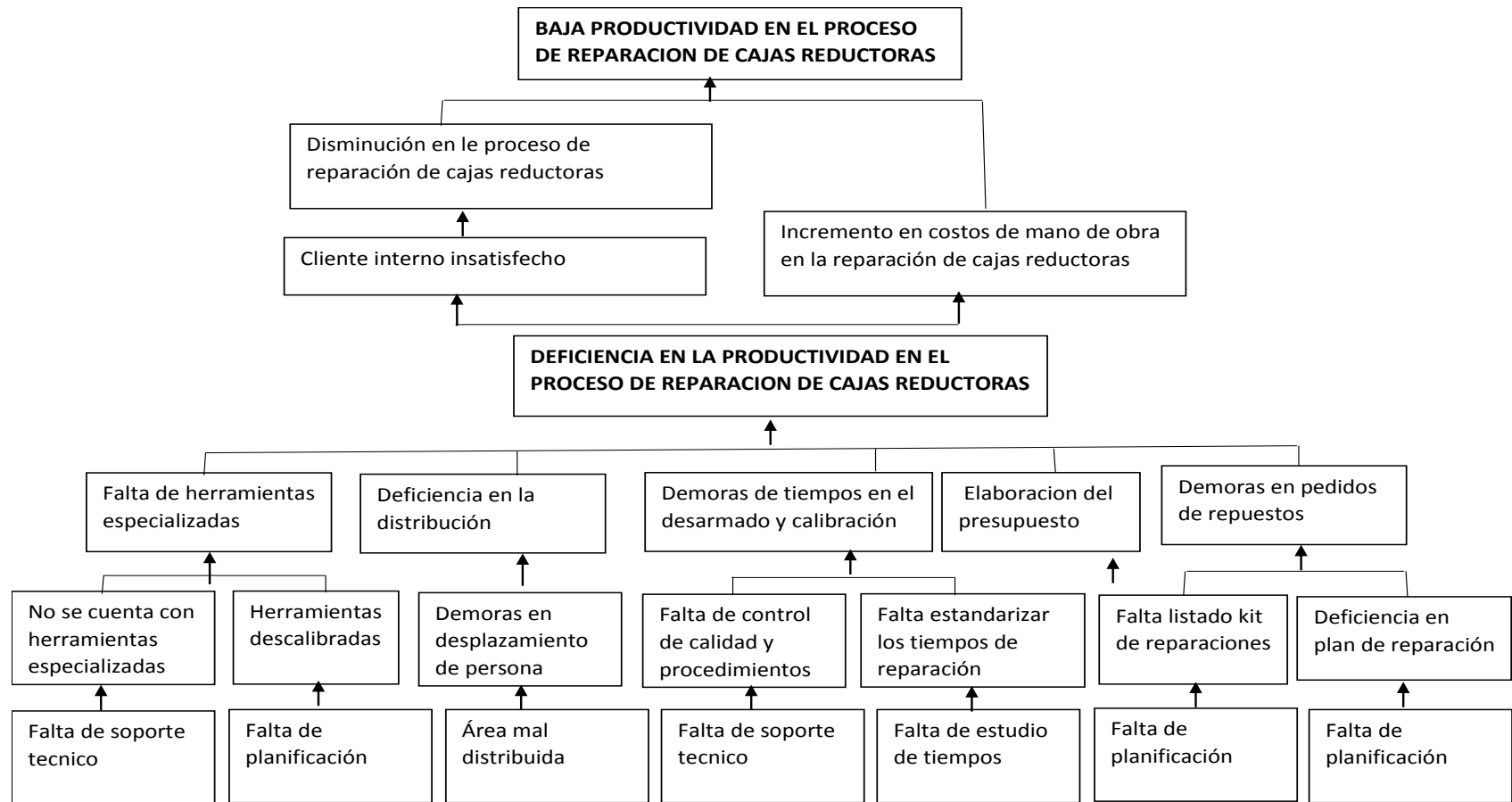


Figura 51: Árbol del problema de actividades de la empresa.

Elaboración propia.

## **Diagrama Ishikawa.**

Mediante el diagrama Ishikawa se determinó las causas que originan la baja productividad en el proceso de reparación de las cajas reductoras. Por lo cual se invitó a cuatro trabajadores seleccionados en base a su experiencia y tiempo en la empresa: Jefe de Servicio Técnico, Analista de Prevención y riesgos, jefe del área comercial, Mecánico de mayor experiencia y tiempo tienen en la empresa. Tal como se muestra en la figura 52.

- El primer paso se halló un espacio de tiempo para que el equipo pueda reunirse y exponer sus ideas cómodamente y sin interrupciones, por lo que se determinó el horario de 2:00 pm al ser una hora en donde la intensidad del trabajo se ve reducido, así también se dispuso la sala de reunión al ser un ambiente espacioso y tranquilo que facilite la lluvia de ideas.
- Como segundo paso se presentó el tema central de la reunión (causas de la baja productividad en el proceso de reparación de cajas reductoras, y se estipuló el tiempo límite para desarrollar las ideas, que fue de 2:00 a 4:00 pm. El formato que se utilizó para recolectar las ideas fue un mapa mental.
- Como tercer paso y pasado el tiempo, cada integrante expuso sus propuestas y se tomó nota de cada una de ellas.
- El cuarto paso fue presentar una lista con las ideas aprobadas y en consenso se procedió a elegir las más recurrentes.
- Para el quinto paso se estableció el procedimiento de ordenarlas según los factores: Método, máquina e instalación, entorno, diversos, recursos y personal.
- Por último, se agradeció a todos los involucrados por su aporte y participación.

## Diagrama Ishikawa

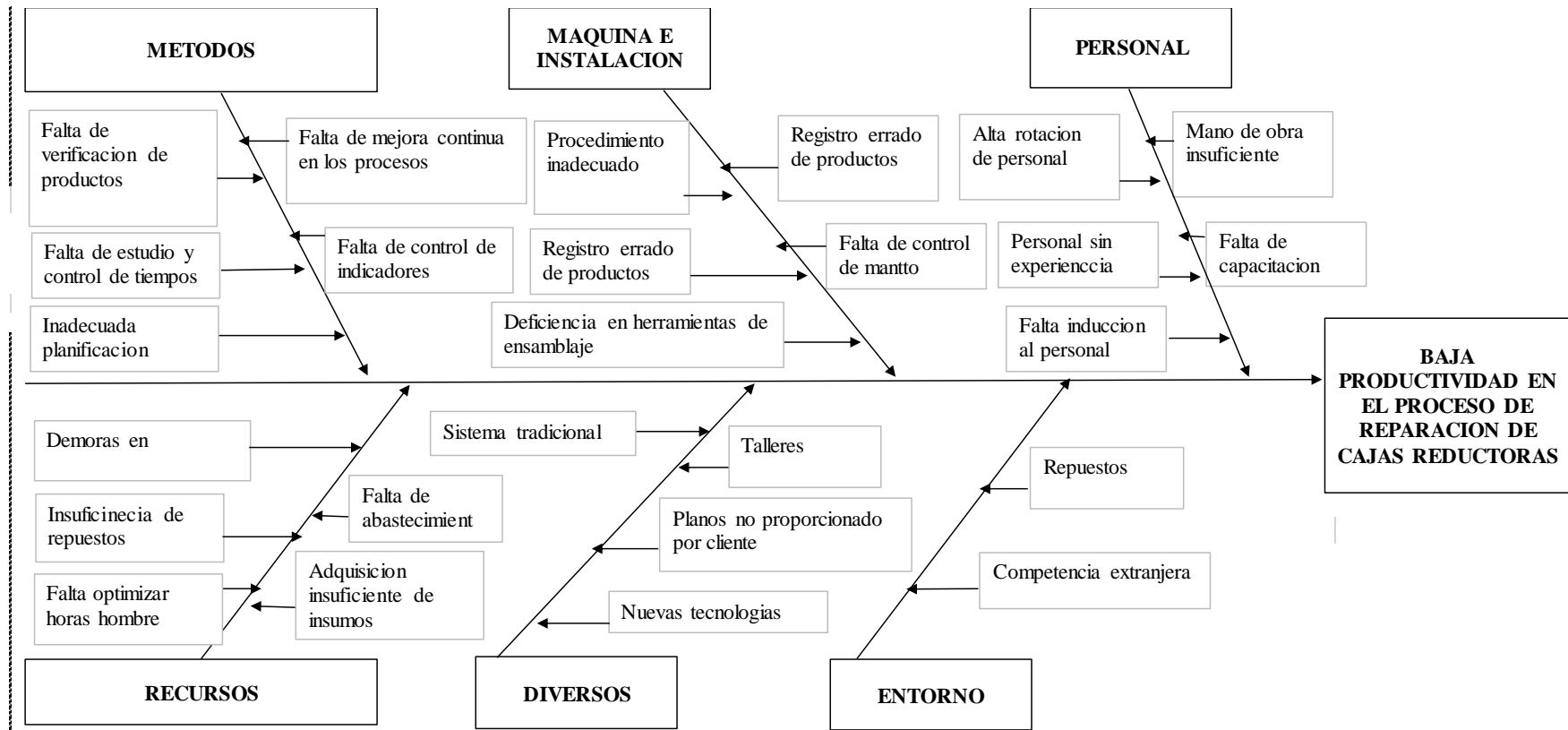


Figura 52: Diagrama de Ishikawa.

Elaboración propia.

## Causas en el proceso de reparación de las cajas reductoras.

Como se puede apreciar en la tabla 13, se determina las causas en el proceso de reparación de cajas reductoras. Lo cual se observa las causas más involucradas son: los métodos y los recursos, estos afectan directamente a la productividad del proceso de cajas reductoras.

Tabla 13: Causas en el proceso de reparación de cajas reductoras

N°	CAUSAS	METODO	MAQUINA	ENTORNO	DIVERSOS	RECURSOS	PERSONAL	TOTAL
1	Falta de herramientas especializadas		75					75
2	Demora y falta de control proceso de armado	92						92
3	Deficiencia en la distribución			60				60
4	Demoras en los pedidos de repuestos					158		158
5	Falta de elaboración del presupuesto					40		40
6	Falta optimizar las horas hombre.					7		7
8	Falta control de indicadores	8						8
9	Interupcion en los procesos.	5						5
10	Falta de estudio y control de tiempos.	35						35
11	Falta de planificación.	55						55
12	Falta de capacitacion continua al personal.						4	4
13	Falta de abastecimiento.					30		30
14	Falta de nuevas tecnologías				25			25
15	Repuestos genericos			26				26
	<b>TOTAL</b>	<b>195</b>	<b>75</b>	<b>86</b>	<b>25</b>	<b>235</b>	<b>4</b>	<b>620</b>

Fuente: La empresa

### Porcentaje de las causas por factores.

Como se puede apreciar en la tabla 14, se determinan el porcentaje de las causas por factores.

Tabla 14: Porcentajes de las causas.

ITEM	CAUSAS	CANT. CAUSAS	%CAUSAS
1	Metodo	195	32%
2	Maquina	75	12%
3	Entorno	86	13%
4	Diversos	25	4%
5	Recursos	235	38%
6	Personal	4	1%
<b>TOTAL</b>		<b>620</b>	<b>100%</b>

Fuente: La empresa

### Diagrama de Pareto

Mediante la siguiente tabla 15, este diagrama de Pareto busca determinar cuáles son las principales causas que originan los retrasos en la productividad en el proceso de reparación de las cajas reductoras.

Tabla 15: Razones y causas Diagrama de Pareto.

ITEM	RAZONES Y CAUSAS	FRECUENCIA	% DE FRECUENCIA	% DE FRECUENCIA ACUMULADA
1	Demoras en los pedidos de repuestos	158	26%	26%
2	Demora y falta de control proceso de armado	92	15%	41%
3	Falta de herramientas especializadas	75	12%	53%
4	Deficiencia en la distribucion	60	10%	63%
5	Falta de planificacion.	55	9%	72%
6	Falta de elaboracion del presupuesto	40	6%	78%
7	Falta de estudio y control de tiempos.	35	6%	84%
8	Falta de abastecimiento.	30	5%	89%
9	Repuestos genericos	26	4%	93%
10	Falta de nuevas tecnologias	25	4%	97%
11	Otros	24	3%	100%
<b>TOTAL</b>		<b>620</b>	<b>100%</b>	

Fuente: La empresa



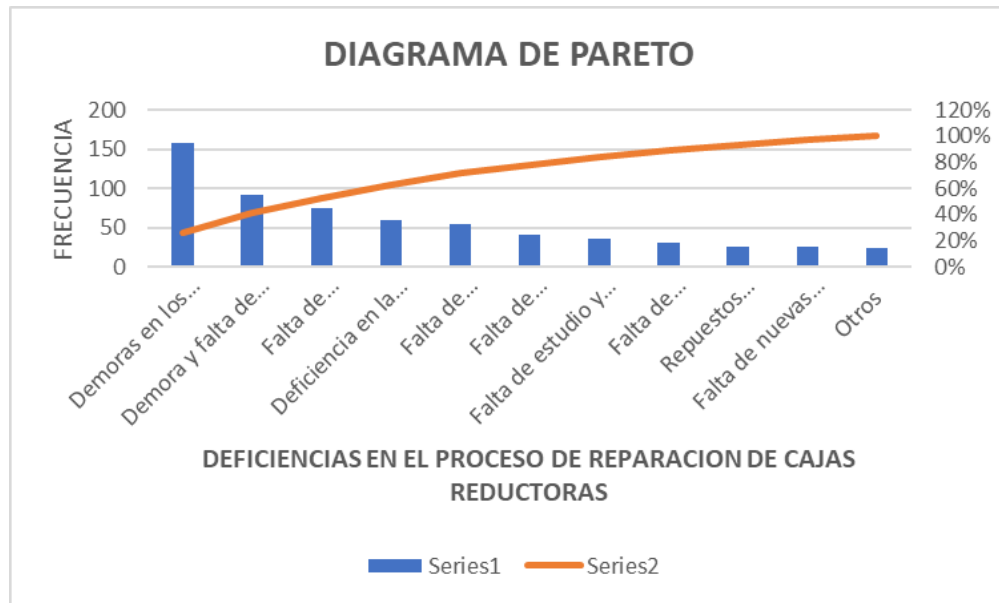


Figura 53: Diagrama de Pareto.

Fuente: Elaboración propia.

Del diagrama de Pareto se pudo apreciar que el 78% de las causas que generan baja productividad en el proceso de reparación de cajas reductoras son: demoras en los pedidos de repuestos (26%), demoras y falta de control en el proceso de armado (15%), falta de herramientas especializadas (12%), Deficiencia en la distribución (10%), Falta de planificación (9%), Falta elaboración del presupuesto (6%). Por lo que se deben dar prioridad a su solución, para ello se debe elegir una metodología para aplicar en el proceso de reparación de cajas reductoras de la empresa, con el fin de mejorar la productividad.

## Selección de las metodologías

### Misión de las metodologías.

En la tabla 16 y 17 se muestran las misiones de las metodologías propuestas.

Tabla 16: Misión de las metodologías.

<b>METODOLOGIAS - MISION</b>		
<b>LEAN MANUFACTURING</b>	<b>7 PASOS</b>	<b>SEIS SIGMA</b>
El objetivo principal del Lean Manufacturing es lograr la máxima eficiencia al reducir el "desperdicio" (es decir, un proceso que desperdicia recursos innecesarios y no aumenta el valor del producto). En cualquier momento, no se trata de reducir la calidad, sino de encontrar formas más efectivas de lograr los mismos o mejores resultados. Con este fin, la manufactura esbelta propone un modelo de pensamiento principalmente para los clientes, que enfatiza tres aspectos clave: la capacidad de cumplir con las expectativas del cliente, la eficiencia en la utilización de los recursos y la innovación como métodos para lograr objetivos y procesos de mejora continua.	El objetivo principal de 7 pasos, es formar equipos de trabajo para concientizarlos acerca de los problemas de calidad y productividad con el fin de buscar soluciones efectivas. A la vez se le ha de ser un seguimiento para reforzarlas y crear así un nuevo ciclo de mejoramiento continuo.	El Seis Sigma es una estrategia de mejora de procesos que se enfoca en reducir la variabilidad de variables, fortalecer y optimizar cada parte del proceso, y reducir o eliminar defectos o fallas en la entrega de productos o servicios a los clientes. Conoce y comprende los procesos con la opción de ser modificados al punto de reducir el desperdicio o error generado.

*Elaboración Propia*

Tabla 17: Beneficios de las metodologías.

<b>METODOLOGIAS - BENEFICIOS</b>		
<b>LEAN MANUFACTURING</b>	<b>7 PASOS</b>	<b>SEIS SIGMA</b>
<p>Estos son los beneficios del Lean Manufacturing.</p> <p>Reducción de los costes de producción</p> <p>Reducción de los inventarios</p> <p>Reducción del lead time</p> <p>Mejora la calidad de nuestro servicio</p> <p>Trabajadores más implicados</p> <p>Optimización de equipos de trabajo</p> <p>Reducción de desperdicios</p> <p>Disminución de los tiempos de espera</p> <p>Optimización de los transportes</p> <p>Parametrización y orden en todos los procesos de la organización</p>	<p>Se concentra el esfuerzo en ámbitos organizativos y de procedimientos puntuales.</p> <p>Consiguen mejoras en un corto plazo y resultados visibles.</p> <p>Si existe reducción de productos defectuosos, trae como consecuencia una reducción en los costos, como resultado de un consumo menor de materias primas.</p> <p>Incrementa la productividad y dirige a la organización hacia la competitividad, lo cual es de vital importancia para las actuales organizaciones</p>	<p>El seis sigma mejora la lealtad del cliente.</p> <p>Mejora la visión administrativa de las actividades calidad y costos.</p> <p>Mejora el entendimiento y la apreciación de la capacidad de servicio.</p> <p>Mejora en la reducción del ciclo del tiempo.</p> <p>Provee un nivel acertado de las expectativas de los clientes.</p> <p>Motivación del empleado.</p> <p>Mejora la gestión en la cadena de suministros.</p>

*Elaboración Propia*

## Análisis de las alternativas de solución

Después de describir el método sugerido para resolver el problema, intercambiara ideas con los expertos de taller de reparaciones para llegar a un estándar de evaluación. Los criterios de evaluación son los siguientes.

1. Tiempo de implementación.
2. Satisfacción al cliente.
3. Indicadores.
4. Recursos
5. Materiales
6. Tecnología
7. Costo de implementación.

## Elección de la metodología

Se aplicó la ponderación respectiva a los criterios de evaluación atreves de la lluvia de ideas mediante la matriz AHP. Tal como se aprecia en la tabla 18.

Tabla 18: Matriz AHP de criterios

CRITERIOS	Tiempo de implementacion	Satisfaccion al cliente	Indicadores	Recursos	Materiales	Tecnologia	Costo de implementacion	Capacitacion	Vector promedio
Tiempo de implementacion	1,00	0,20	3,00	3,00	1,00	3,00	5,00	3,00	18%
Satisfaccion al cliente	5,00	1,00	9,00	7,00	7,00	3,00	1,00	3,00	27%
Indicadores	0,33	0,11	1,00	1,00	9,00	3,00	0,14	5,00	10%
Recursos	0,33	0,14	7,00	1,00	5,00	3,00	0,20	0,33	9%
Materiales	1,00	0,14	0,11	0,20	1,00	0,14	0,14	0,33	3%
Tecnologia	0,33	0,33	0,33	0,33	7,00	1,00	0,20	3,00	7%
Costo de implementacion	0,20	1,00	7,00	5,00	7,00	5,00	1,00	5,00	21%
Capacitacion	0,33	0,33	0,20	3,00	3,00	0,33	0,20	1,00	6%
	8,53	3,25	27,64	19,68	40,00	18,48	7,89	20,67	

*Elaboración Propia*

Según la tabla 19 los principales criterios a evaluar son: Satisfacción al cliente, tiempo de implementación, costo de implementación e indicadores. Por ello, con estos criterios se analizará la mejor metodología. Este análisis se puede ver en la tabla 19.

Tabla 19: Matriz AHP de metodologías con criterios.

CRITERIO N°1 - SATISFACCION AL CLIENTE	LEAN MANUFACTURING	7 PASOS	SEIS SIGMA	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROMEDIO
LEAN MANUFACTURING	1,00	7,00	3,00	0,55	0,62	0,66	61%
7 PASOS	0,14	1,00	0,33	0,08	0,09	0,07	8%
SEIS SIGMA	0,33	3,00	1,00	0,18	0,26	0,22	22%
	1,47	11,0	4,33				

CRITERIO N°2 - TIEMPO DE IMPLEMENTACION	LEAN MANUFACTURING	7 PASOS	SEIS SIGMA	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROMEDIO
LEAN MANUFACTURING	1,00	3,00	1,00	0,55	0,26	0,22	88%
7 PASOS	0,33	1,00	1,00	0,18	0,09	0,22	16%
SEIS SIGMA	1,00	1,00	1,00	0,55	0,09	0,22	29%
	2,33	5,00	3,00				

CRITERIO N°3 - COSTO DE IMPLEMENTACION	LEAN MANUFACTURING	7 PASOS	SEIS SIGMA	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROMEDIO
LEAN MANUFACTURING	1,00	5,00	1,00	0,55	0,44	0,22	40%
7 PASOS	0,20	1,00	1,00	0,11	0,09	0,22	27%
SEIS SIGMA	1,00	1,00	1,00	0,55	0,09	0,22	29%
	2,20	7,00	3,00				

CRITERIO N°4 - INDICADORES	LEAN MANUFACTURING	7 PASOS	SEIS SIGMA	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROMEDIO
LEAN MANUFACTURING	1,00	5,00	1,00	0,55	0,44	0,22	40%
7 PASOS	0,22	1,00	1,00	0,11	0,09	0,22	27%
SEIS SIGMA	1,00	1,00	1,00	0,55	0,09	0,22	29%
	2,22	7,00	3,00				

*Elaboración Propia*

Finalmente se realizará la elección de la metodología con la data obtenida de las matrices de las tablas 20.

*Tabla 20: Matriz AHP de metrologías con criterios principal.*

CTITERIOS	SATISFACCION AL CLIENTE	TIEMPO IMPLEMETACION	COSTO IMPLEMENTACION	INDICADORES	TOTAL
LEAN MANUFACTURING	0,61	0,88	0,40	0,40	57%
7 PASOS	0,08	0,16	0,27	0,27	20%
SEIS SIGMA	0,22	0,29	0,29	0,29	28%
	0,30	0,44	0,76	0,32	

*Elaboración propia.*

En la tabla 20, se realizó el proceso analítico jerárquico (AHP), y se pudo demostrar que el vector global obtenido final es de 50% resultando la mejor alternativa a proponer es la metodología Lean Manufacturing.

### **Desarrollo del plan de la metodología**

Antes de dar solución a este problema, primero se analizaron los procesos de la empresa, lo que se puede ver en la figura 54.

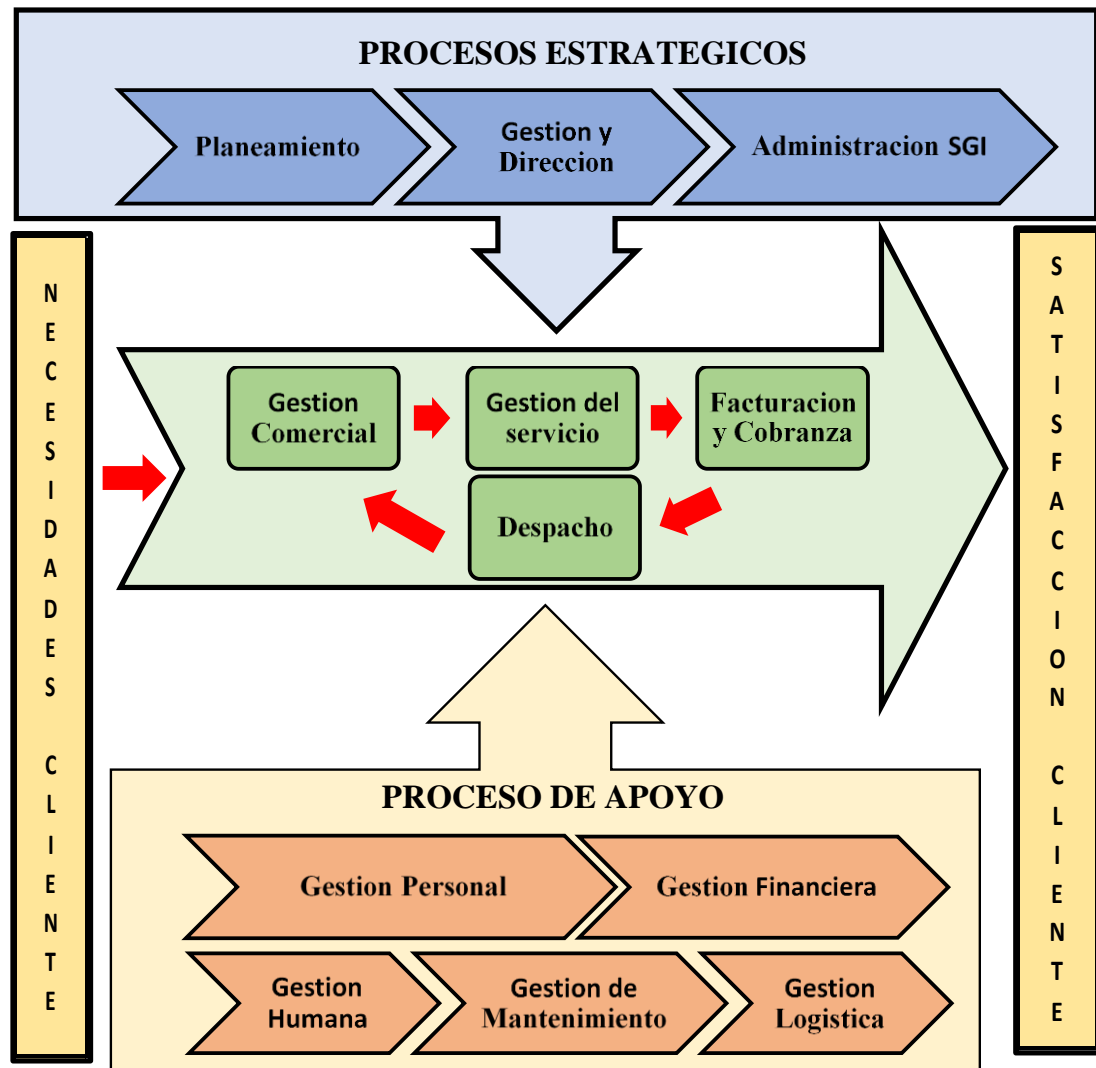


Figura 54: Mapa de interacción DBS.

Elaboración propia.

## **DESARROLLO DE LA METODOLOGIA SELECCIONADA.**

### **VSM**

Esta herramienta proporciona una visualización de todo el proceso del taller de reparación, incluida la gestión, la información general, la documentación y los formatos de movimiento de materiales. Esto hará que el enfoque de todo el proceso sea más claro, de modo que se puedan identificar actividades innecesarias, actividades clave, actividades de mejora.

#### **Paso 1 del VSM**

El primer paso es seleccionó la familia de productos a analizar, en este caso serán los componentes que ingresan para reparación al taller de reparaciones. Por ello, el servicio que brinda el taller de reparaciones es la reparación de componentes.

#### **Paso 2 del VSM**

Se realizó el mapeo de la situación actual en el proceso de reparación de cajas reductoras. Tal como se muestra en la figura 55. Así mismo para completar esto se preparó la cadena de valor la que se muestra en la figura 56.



Mapa de flujo de valor.

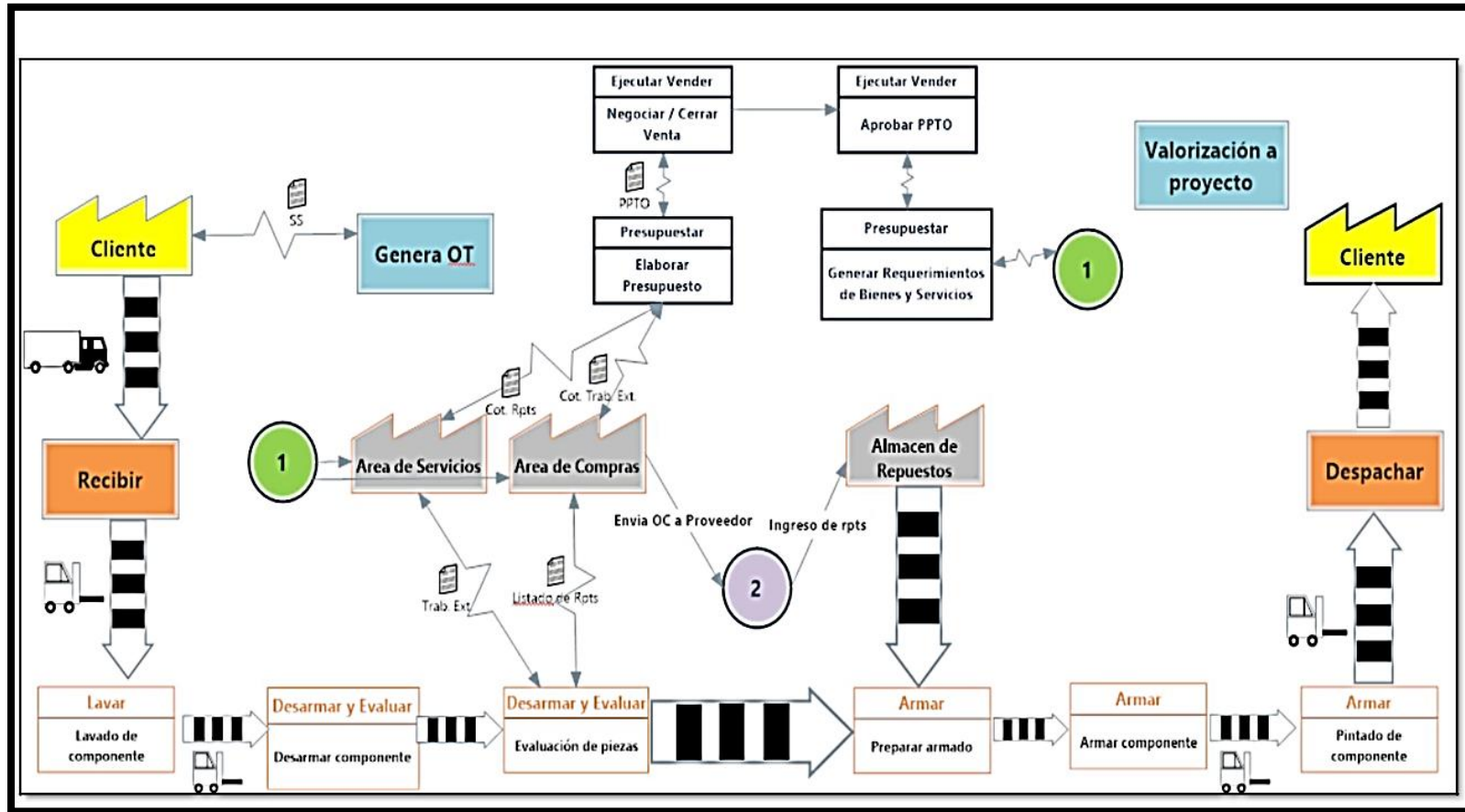


Figura 55: Mapa de flujo de valor actual.

Elaboración propia.

**Cadena de valor actual David Brown Santasalo**

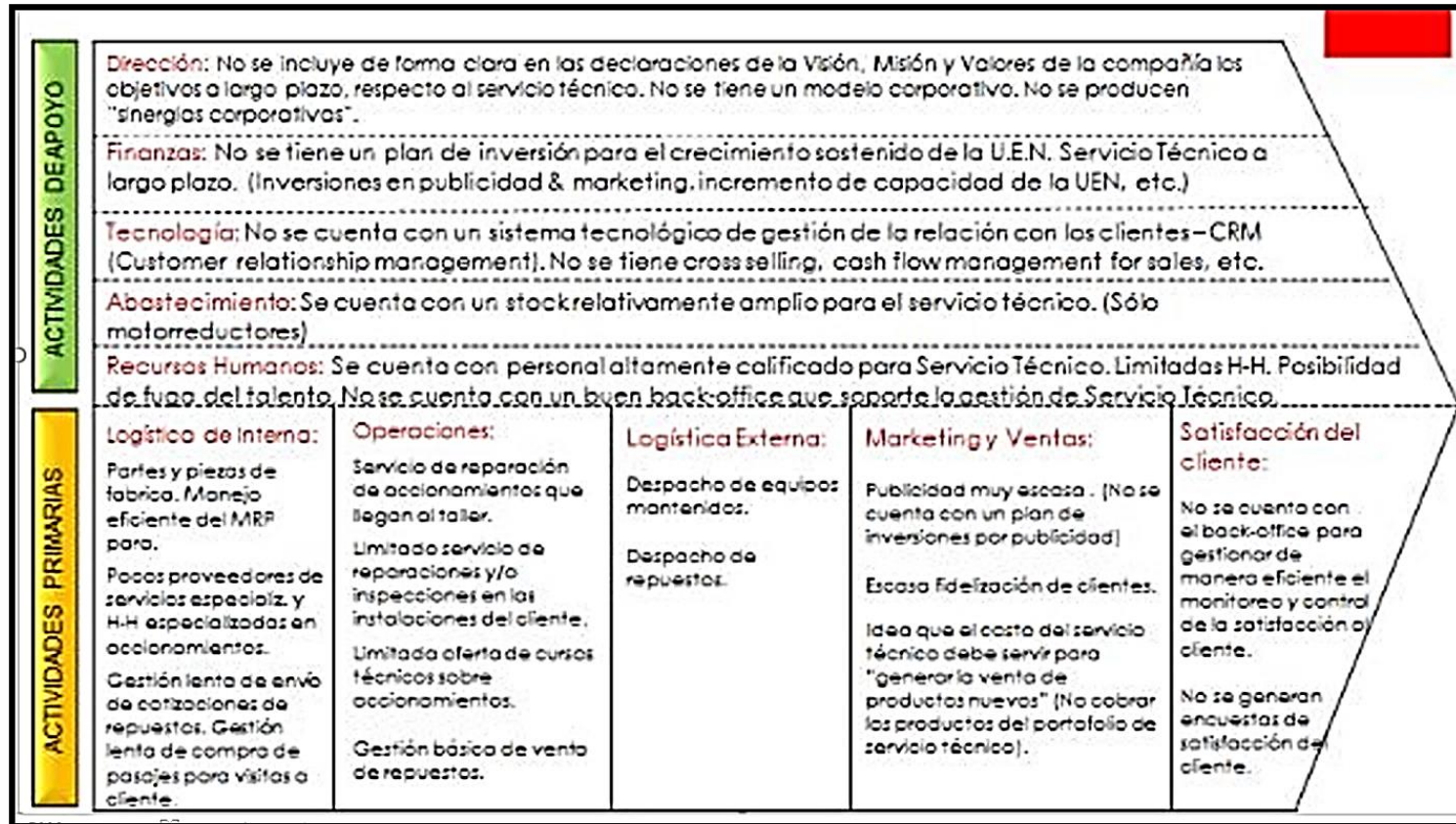


Figura 56: Cadena de valor actual de David Brown Santasalo

Elaboracion propia.

## ESTANDARIZACION

Se procedió a desarrollar la metodología de Estandarización, con la finalidad de establecer la mejor secuencia de trabajo para permitir reparaciones de alta calidad y la seguridad que necesitan tales como:

- a) Realizar formación y difusión de la metodología de la estandarización. Para esto tuvimos el soporte de un especialista técnico de cajas reductoras y un especialista de la empresa de la sede Chile. Para la capacitación el supervisor de taller envió las fichas de inscripciones con los técnicos que se capacitaron en campo. En la tabla 21 se adjunta tabla de inscripción.

*Tabla 21: Formato de ficha de inscripción.*

CAPACITACION				
LINEA DE CARRERA			FECHA SOLIC:	
SOLICITANTE			LUGAR	
N°	PARTICIPANTES	CARGO	CATEGORIA	AREA

*Fuente: La empresa*

### Capacitación interna de trabajo estandarizado

Tabla 22: Datos de la capacitación.

DATOS DE LA CAPACITACION			
<b>NOMBRE DE CAPACITACION</b>	<b>CAPACITACION INTERNA TRABAJO ESTANDARIZADO</b>		
<b>NIVEL</b>	Formacion	<b>LUGAR</b>	Instalacion del cliente
<b>TIPO</b>	<b>Teorico</b> <b>Practico</b>	<b>DURACION</b>	6 horas
<b>DIRIGIDO AREA</b>	DBS Reparaciones	<b>HORARIO</b>	8:00 horas - 17:00 horas
<b>DIRIGIDO USUARIO</b>	<b>Personal operativo DBS</b>		

*Fuente: La empresa*

La capacitación tuvo como propósito de establecer los métodos didácticos necesarios para que los procedimientos de trabajo se estandaricen y mantengan una secuencia lógica de actividades de manera que se ajusten al tiempo de ciclo establecido para los componentes de la caja de cambios. Esto permitió que la operación sea más eficiente, con mayor calidad y sin accidentes.

### Estudio de tiempos del proceso

En la siguiente tabla 23 se muestran los tiempos que la empresa tenía definidos antes de la implementación.

*Tabla 23: Tiempos del proceso.*

N°	Etapa del proceso	Tiempos (min)
1	Recepcion	50
2	Evaluacion	1835
3	Reparacion	943
4	Pruebas dinamicas	435
5	Pintado	165
6	Despacho y embalaje	179
Total tiempo ( min)		<b>3607</b>

*Elaboración propia.*

En la siguiente tabla 24 se muestra la tabla de tiempo de ciclo actual, donde se puede apreciar el tiempo de ciclo actual de 3607 minutos para la reparación de una caja reductora, esta tabla se revisó al detalle para poder mejorar en el proceso de reparación de cajas reductoras.

Las actividades de color verde fueron las oportunidades de mejora en el proceso de reparación de las cajas reductoras identificadas.

Tabla 24: Tabla de tiempos del ciclo actual.

Etapa del proceso		Actividades / Tareas	HOJA DE TIEMPO DE OBSERVACION					Tiempo REAL (minutos)
			1	2	3	4	5	
recepcion	1	Registro fotograficos como llega el equipo						10
recepcion	2	Posicionamiento del puente Grua						10
recepcion	3	Descarga de caja reductora						15
recepcion	4	Traslado a zona de inspeccion						15
Evaluacion	5	Inspeccion visual de caja reductora						60
Evaluacion	6	Retiro de aceite de caja reductora						45
Evaluacion	7	Prueba de estanqueidad						15
Evaluacion	8	Retirar tapa de inspeccion						10
Evaluacion	9	Traslado al area de desarme						15
Evaluacion	10	Se retira acoples de alta y baja						180
Evaluacion	11	Verificacion de juegos axiales						18
Evaluacion	12	Retirar pernos de tapas laterales						20
Evaluacion	13	Retirar pernos de carcasa partida						50
Evaluacion	14	Levantamiento de carcasa partida						20
Evaluacion	15	Se realiza juego Backlash						15
Evaluacion	16	Se realiza juego de Run out						20
Evaluacion	17	Se realiza huella de contacto						26
Evaluacion	18	Se procede a retirar la primera transmision						15
Evaluacion	19	Se procede a retirar la segunda transmision						15
Evaluacion	20	Se procede a retirar la tercera transmision						25
Evaluacion	21	Se procede a retirar los rodamientos de los eje piñones						40
Evaluacion	22	Se procede a retirar los rodamientos de los ejes						60
Evaluacion	23	Lavado de ejes y piñones						25
Evaluacion	24	Lavado de ruedas						48
Evaluacion	25	Lavado de carcasa						240
Evaluacion	26	Lavado deacoples						40
Evaluacion	27	Lavado de accesorios						45
Evaluacion	28	Lavado de cañerías de lubricacion						26
Evaluacion	29	Realizar ensayos tintas penetrantes a los ejes						25
Evaluacion	30	Realizar ensayos tintas penetrantes a los acoples						25
Evaluacion	31	Realizar ensayos tintas penetrantes a las ruedas						40
Evaluacion	32	Realizar ensayos tintas penetrantes a los eje piñones						35
Evaluacion	33	Realizar ensayos tintas penetrantes a la carcasa						90
Evaluacion	34	Metrología a los ejes						30
Evaluacion	35	Metrología a las ruedas						20
Evaluacion	36	Metrología a los ejes piñones						20
Evaluacion	37	Metrología a la carcasa						90
Evaluacion	38	Metrología a las bridas						18
Evaluacion	39	Evaluacion de rodamientos fallas y causas						20
Evaluacion	40	Evaluacion de retenes fallas y causas						16
Evaluacion	41	Evaluacion de ejes fallas y causas						25
Evaluacion	42	Evaluacion de carcasa fallas y causas						48

Evaluacion	43	Evaluacion de bridas fallas y causas							10
Evaluacion	44	Registro fotograficos de daños y causas							10
Evaluacion	45	Informe tecnico inicial							240
Reparacion	46	Recepcion y revision de pernos							15
Reparacion	47	Recepcion y revision de ajuste							20
Reparacion	48	Recepcion y revision de engranajes							28
Reparacion	49	Recepcion y revision de sellos							8
Reparacion	50	Recepcion y revision de materiales							25
Reparacion	51	Lavado de componentes							60
Reparacion	52	Verificacion de piezas							27
Reparacion	53	Montaje de rodamientos primera reduccion							40
Reparacion	54	Montaje de rodamientos segunda reduccion							50
Reparacion	55	Montaje de rodamientos tercera reduccion							60
Reparacion	56	Colocacion de bridas laterales							24
Reparacion	57	Verificacion jecho Back lash							20
Reparacion	58	Verificacion Juego run out							25
Reparacion	59	Verificacion huella de contacto							30
Reparacion	60	Limpieza de huella de contacto							15
Reparacion	61	Limpieza de zona rectificada de carcasa							15
Reparacion	62	Aplicación de loctie 518							10
Reparacion	63	Elevacion de carcasa partida							10
Reparacion	64	Colocacion de carcasa partida							17
Reparacion	65	Colocacion de pernos de carcasa partida							45
Reparacion	66	Torqueado de pernos							60
Reparacion	67	Torqueado pernos de brida							24
Reparacion	68	Limpiar carcasa externa							26
Reparacion	69	Realizar prueba estanqueidad							15
Reparacion	70	Informe tecnico inicial							240
Reparacion	71	Llenar lubricante a carcasa							34
Pruebas dinamicas	72	Limpiar banco de pruebas							18
Pruebas dinamicas	73	Colocar caja reductora en banco de pruebas							39
Pruebas dinamicas	74	Pruebas dinamicas							180
Pruebas dinamicas	75	Alinear caja reductora							35
Pruebas dinamicas	76	Medir vibracion							90
Pruebas dinamicas	77	Medir temperatura							25
Pruebas dinamicas	78	Medir sonido de caja reductora							20
Pruebas dinamicas	79	Retirar caja reductora de banco de pruebas							28
Pintado	80	Retirar el aceite							20
Pintado	81	Limpieza de carcasa externa							30
Pintado	82	Trasladar componente a area de pintado							15
Pintado	83	Lavar caja reductora con thiner							30
Pintado	84	Preparacion de pintura							10
Pintado	85	Pintado de equipo							60
Despacho y embalaje	86	Hacer parihuela para despacho							60
Despacho y embalaje	87	Hacer placa caracteristica							25
Despacho y embalaje	88	Ensunchado de equipo							20
Despacho y embalaje	89	Colocar plastico termocontraible							36
Despacho y embalaje	90	Despachar							38
<b>TOTAL TIEMPO EN ( Minutos)</b>									<b>3607</b>

*Elaboración propia.*



Del total de 90 actividades se observaron 66 actividades las cuales se marcaron de color verde. Estas actividades fueron separadas para poder realizar un análisis más detallado, en el cual se observará si se reduce, se mantiene o se elimina el tiempo de la actividad del proceso de reparación. Tal como se muestra en la tabla 25

Tabla 25: Tiempos observados.

Etapa del proceso		Actividades / Tareas	Tiempo consumido (minutos)	Tiempo sugerido (minutos)	Tiempo reducido (minutos)	Acciones Lean
recepcion	1	Registro fotograficos como llega el equipo	10	5	5	Reducido
recepcion	2	Descarga de caja reductora	15	10	5	Reducido
Evaluacion	3	Inspeccion visual de caja reductora	60	60	60	Se mantiene
Evaluacion	4	Retiro de aceite de caja reductora	45	30	15	Reducido
Evaluacion	5	Prueba de estanqueidad	15	15	15	Se mantiene
Evaluacion	6	Retirar tapa de inspeccion	10	10	10	Se mantiene
Evaluacion	7	Traslado al area de desarme	15	10	5	Reducido
Evaluacion	8	Se retira acoples de alta y baja	180	140	40	Reducido
Evaluacion	9	Verificacion de juegos axiales	18	15	3	Reducido
Evaluacion	10	Retirar pernos de tapas laterales	20	15	5	Reducido
Evaluacion	11	Retirar pernos de carcasa partida	50	40	10	Reducido
Evaluacion	12	Levantamiento de carcasa partida	20	15	5	Reducido
Evaluacion	13	Se realiza juego Backlash	15	15	15	Se mantiene
Evaluacion	14	Se realiza juego de Run out	20	20	20	Se mantiene
Evaluacion	15	Se realiza huella de contacto	26	20	6	Reducido
Evaluacion	16	Se procede a retirar la primera transmision	15	15	15	Se mantiene
Evaluacion	17	Se procede a retirar la segunda transmision	15	15	15	Se mantiene
Evaluacion	18	Se procede a retirar la tercera transmision	25	25	25	Se mantiene
Evaluacion	19	Se procede a retirar los rodamientos de los eje	40	30	10	Reducido
Evaluacion	20	Se procede a retirar los rodamientos de los ejes	60	50	10	Reducido
Evaluacion	21	Lavado de carcasa	240	200	40	Reducido
Evaluacion	22	Lavado deacoples	40	30	10	Reducido
Evaluacion	23	Realizar ensayos tintas penetrantes a los ejes	25	25	25	Se mantiene
Evaluacion	24	Realizar ensayos tintas penetrantes a los acoples	25	25	25	Se mantiene
Evaluacion	25	Realizar ensayos tintas penetrantes a las ruedas	40	30	10	Reducido
Evaluacion	26	Realizar ensayos tintas penetrantes a los eje piñones	35	35	35	Se mantiene
Evaluacion	27	Realizar ensayos tintas penetrantes a la carcasa	90	90	90	Se mantiene
Evaluacion	28	Metrologia a los ejes	30	25	5	Reducido
Evaluacion	29	Metrologia a las ruedas	20	20	20	Se mantiene
Evaluacion	30	Metrologia a los ejes piñones	20	20	20	Se mantiene
Evaluacion	31	Metrologia a la carcasa	90	70	20	Reducido
Evaluacion	32	Metrologia a las bridas	18	0	18	eliminado
Evaluacion	33	Informe tecnico inicial	240	200	40	Reducido



Reparacion	34	Lavado de componentes	60	50	10	Reducido
Reparacion	35	Verificacion de piezas	27	0	27	eliminado
Reparacion	36	Montaje de rodamientos primera reduccion	40	30	10	Reducido
Reparacion	37	Montaje de rodamientos segunda reduccion	50	40	10	Reducido
Reparacion	38	Montaje de rodamientos tercera reduccion	60	50	10	Reducido
Reparacion	39	Colocacion de bridas laterales	24	24	24	Se mantiene
Reparacion	40	Verificacion jego Back lash	20	20	20	Se mantiene
Reparacion	41	Verificacion Juego run out	25	20	5	Reducido
Reparacion	42	Verificacion huella de contacto	30	20	10	Reducido
Reparacion	43	Limpieza de huella de contacto	15	10	5	Reducido
Reparacion	44	Limpieza de zona rectificada de carcasa	15	10	5	Reducido
Reparacion	45	Aplicación de loctie 518	10	10	10	Se mantiene
Reparacion	46	Colocacion de carcasa partida	17	15	2	Reducido
Reparacion	47	Colocacion de pernos de carcasa partida	45	45	45	Se mantiene
Reparacion	48	Torqueado de pernos	60	60	60	Se mantiene
Reparacion	49	Torqueado pernos de brida	24	24	24	Se mantiene
Reparacion	50	Limpjar carcasa externa	26	26	26	Se mantiene
Reparacion	51	Realizar prueba estanqueidad	15	15	15	Se mantiene
Reparacion	52	Informe tecnico inicial	240	200	40	Reducido
Reparacion	53	Llenar lubricante a carcasa	34	25	9	Reducido
Pruebas dinamicas	54	Colocar caja reductora en banco de pruebas	39	25	14	Reducido
Pruebas dinamicas	55	Pruebas dinamicas	180	180	180	Se mantiene
Pruebas dinamicas	56	Medir vibracion	90	80	10	Reducido
Pruebas dinamicas	57	Medir temperatura	25	25	25	Se mantiene
Pruebas dinamicas	58	Medir sonido de caja reductora	20	20	20	Se mantiene
Pruebas dinamicas	59	Retirar caja reductora de banco de pruebas	28	20	8	Reducido
Pintado	60	Retirar el aceite	20	20	20	Se mantiene
Pintado	61	Preparacion de pintura	10	10	10	Se mantiene
Pintado	62	Pintado de equipo	60	60	60	Se mantiene
Despacho y embalaje	63	Hacer placa caracteristica	25	15	10	Reducido
Despacho y embalaje	64	Ensunchado de equipo	20	15	5	Reducido
Despacho y embalaje	65	Colocar plastico termocontraible	36	0	36	eliminado
Despacho y embalaje	66	Despachar	38	30	8	Reducido
TOTAL Tiempo de actividades observadas			3015	2519	1425	
Tiempo eliminado				81		
Tiempo reducido				1425		
<b>Tiempo total con el lean</b>				<b>1590</b>		

*Elaboración propia.*

La simplificación de los tiempos eliminados y los tiempos reducidos se muestra la tabla 26.

*Tabla 26: Tiempos eliminados y tiempos reducidos.*

N°	Etapa del proceso	Tiempos ( minutos)	Tiempos Eliminados (minutos)	Tiempo reducido (minutos)	Tiempo total eliminado y reducido ( minutos)
1	Recepcion	50	0	10	10
2	Evaluacion	1835	18	234	252
3	Reparacion	943	27	116	143
4	Pruebas dinamicas	435	0	32	32
5	Pintado	165	0	0	0
6	Despacho y embalaje	179	36	23	59
<b>TOTAL</b>		<b>3607</b>	<b>81</b>	<b>415</b>	<b>496</b>
<b>Implementando Lean</b>		<b>1590</b>			

*Elaboración propia.*

En la siguiente figura 57 podemos observar que la etapa del proceso con mayor reducción es el proceso de evaluación.

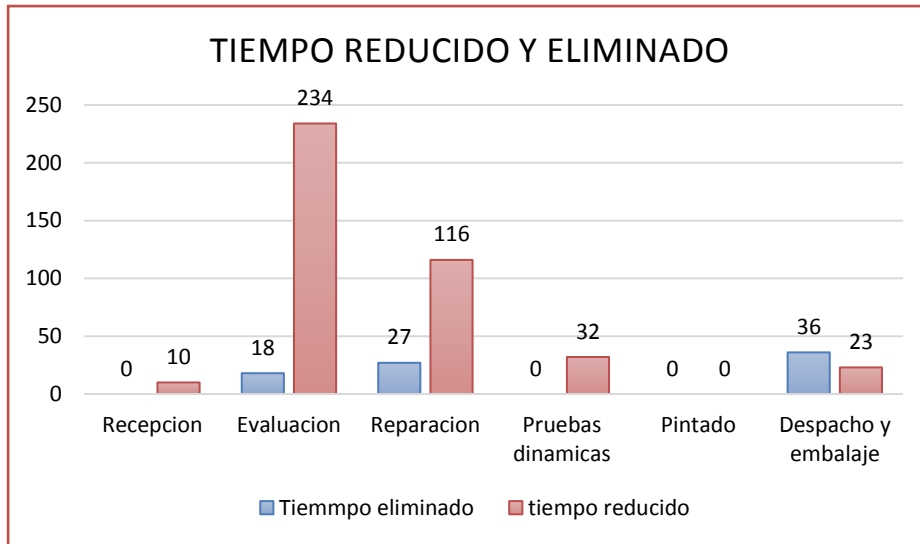


Figura 57: Tiempo reducido y eliminado  
Elaboración propia.

### Capacitación de la Metodología de Estandarización

En las siguientes figuras 58, 59 y 60 se muestra las capacitaciones correspondientes de la estandarización.



Figura 58: Capacitación de estandarización.  
Fuente: La empresa



*Figura 59: Capacitación de estandarización en campo*  
*Fuente: La empresa*



*Figura 60: Capacitación de estandarización en taller de reparación.*  
*Fuente: La empresa*

## Implementación de las 5S’

Buscando tener una mejor organización del área de trabajo se identificó e implementó esta herramienta en el taller de reparaciones. Esta herramienta del Lean tuvo como objetivo mejorar la forma en que las personas trabajan, cuando el mecánico realiza varias actividades que durante el día. A continuación, podemos ver una serie de imágenes donde se puede apreciar la situación de desorden de las distintas zonas de trabajo, tal como se muestra en las figuras 61 y 62 quedando a la vista cajas con herramientas desgastadas, mesas ubicadas en lugares inapropiados y sin uso o herramientas de trabajo sin ser almacenadas en lugares habilitados para ello.



*Figura 61: Desorden de herramientas.*

*Fuente: La empresa*





*Figura 62: Repuestos a la intemperie.*

*Fuente: La empresa*

Por lo general, el área de trabajo del taller de servicio de la empresa tenía un estado de caos, y era imposible controlar. Previo a la implementación se realizó una capacitación a los operadores, cubriendo los conocimientos básicos de metodología y los conocimientos que se pueden obtener con el uso de esta herramienta. También se establecieron como objetivo prioritario que los operadores comprendan y se adapten a la tecnología como parte de su nueva forma de trabajar, no como una aplicación temporal. La formación inicial o el primer curso de formación deberían incluir la formulación de las tres primeras "s". Al enseñar metodología, la aplicación de herramientas en cabinas o estaciones de trabajo es un ejemplo de aplicación más amplio. Una vez completada, la segunda sesión debería concluir la formulación de otras "S".

## Desarrollo de la Herramienta

### Implementación del Seiri - Clasificar

En este primer paso, se utilizó para clasificar el almacenamiento de repuestos durante el desmontaje y montaje. El apoyo de los técnicos fue vital para la implementación de esta primera ese porque ellos son las personas que más conocen el proceso. Actualmente, los talleres de reparación no cuentan con áreas de almacenamiento para componentes internos y repuestos para desmontaje y montaje de componentes. Es necesario instalar la canasta y el soporte del disco durante el proceso de mantenimiento de piezas para almacenar completamente las piezas durante el desmontaje y montaje. Tal como se muestra en la imagen 63.



Figura 63: Implementación del Seiri.

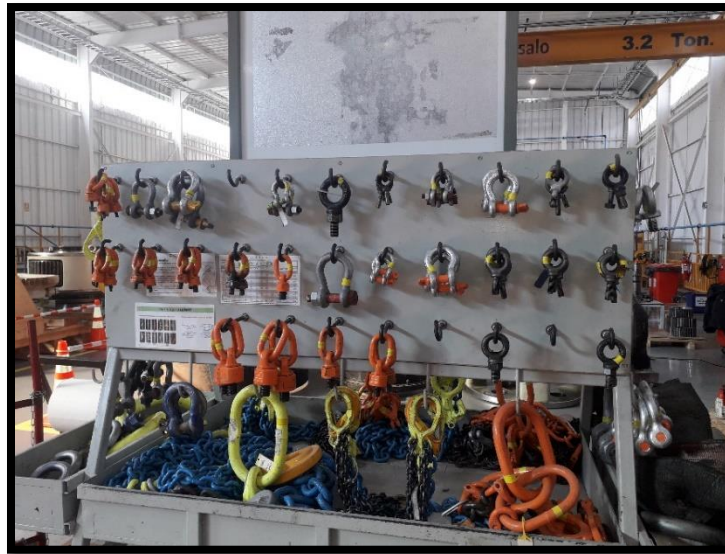
Fuente: La empresa

De acuerdo con el plan de implementación se usaron tarjetas de control para que se puedan colocar en la canasta y puedan identificar en qué proceso se encuentran. Por esta razón, se tuvo que desarrollar un procedimiento de trabajo para que todas las piezas puedan ser rastreadas según el proceso de desmontaje y montaje de piezas.

### **Implementación del Seiton – Ordenar**

En este momento, se estableció una secuencia de actividades de frecuencia de uso mensual, semanal y diario durante el desmontaje y montaje de acuerdo. Estas actividades son:

- Hacer un inventario de las herramientas del técnico para obtener una lista de verificación semanal. Estas herramientas deben estar en la caja de herramientas para que estén al alcance del técnico.
- Definir el área de almacenamiento de la canasta donde se almacenarán las piezas para el desmontaje, limpieza y desmantelamiento.
- Definir el color de la etiqueta según el proceso de la cesta de etiquetas.
- Correcto almacenamiento en la plataforma de almacenamiento.
- Establecer procedimientos de implementación. Tal como se muestra en la figura 64.



*Figura 64: Implementación del Seiton.*

*Fuente: La empresa*

### **Implementación del Seiso – Limpiar.**

La empresa cuenta con un sistema de gestión integrado con las tres normas ISO 9001, ISO 14001 y OSHA 18001, que exigen orden y limpieza en todas las áreas de trabajo. Al implementar esta parte se tuvo que concientizar a los técnicos que la limpieza debe ser realizada por mismo. Actualmente, esto se cumple, para lo cual se definió un horario para este propósito el cual se muestra en la tabla, el cual se sigue de manera efectiva al inicio y al final de la obra. Tal como se muestra en la tabla 27.

Tabla 27: Desarrollo de trabajo.

Desarrollo de trabajo	Horarios
Limpieza inicial	8:30am a 8:45am
Limpieza final	5:00pm a 5:15pm

*Elaboración propia.*

Fue duro al inicio debido a que se tuvo que crear hábito y cultura con todo el personal.



Para ello, se implementó una fórmula de cumplimiento limpio, que incluyó una lista de aspectos que se deben evaluar, con el objetivo de crear una nueva cultura para todo el personal, en lugar de regresar al estado anterior. Lo que se ve en la figura 65 es algo hoy habitual.



*Figura 65: Implementación del Seiso.*

*Fuente: La empresa*

### **Implementación del Seiketsu – Estandarización.**

Finalmente, para mantener 5 puntos, la disciplina y el compromiso de toda la organización fue reforzarse y soportar la cultura de autodisciplina en todo el taller de reparaciones, y la autonomía fue muy importante para crear una cultura. Tal como se muestra en la figura 66, se definieron zonas y áreas donde todas las herramientas deben estar ubicadas y con ayuda de los rótulo ayudó mucho para conseguir este propósito.



*Figura 66: Implementación del Seiketsu.*

*Fuente: La empresa*

### **Implementación del Shitsuke– Dicipinar.**

El objetivo en esta parte fue mantener la cultura iniciada. Una vez establecidas las normas y la forma en la debe quedar el área de trabajo se le entregó esta responsabilidad a los operarios. La autonomía de cada uno de ellos fue y es hoy en día un factor importante para el éxito de esta herramienta.

## IMPACTO GENERADO

Como comentamos anteriormente, el impacto de la evaluación generado por la implementación de las 5S, en el área de reparaciones, se realizó el desarrollo de la herramienta de forma experimental. Se dieron las instrucciones al personal se llevan a cabo en horario laboral, Se necesitó cuatro horas durante dos días consecutivos. En el tercer día se comenzó con la implementación, realizando un inventario general de herramientas y materiales en el área de trabajo. Tal como se muestra en las figuras 67, 68, 69 y 70. Finalmente se llevaron a cabo las decisiones sobre los insumos y materiales encontrados, además se utilizó anaqueles, cajas y estantes de almacenamiento, con la finalidad de ordenar los materiales en sus respectivos lugares.



*Figura 67: Maleta de herramientas.*

*Fuente: La empresa*



Figura 68: Anaqueles de pintura.

Fuente: La empresa



Figura 69: Herramientas de mecanizado.

Fuente: La empresa



*Figura 70: Herramientas de medición.*

*Fuente: La empresa*

Además, con la colaboración por parte de los técnicos que pusieron en marcha la herramienta, pudimos obtener una comparación entre las horas de búsqueda y preparación de material y limpieza del área de trabajo antes y después de dicha implementación.

Se muestra una tabla donde se reflejan las horas de ejecución de estas tareas tras el primer mes de aplicación de las 5´S. tal como se muestra en la tabla 28.

*Tabla 28: Horas de ejecución aplicando las 5´S*

	<b>Antes</b>	<b>Después</b>	<b>Reducción</b>
Tiempo de búsqueda de repuestos (horas)	25	19	27%
Tiempo de limpieza (horas)	18	13	33%

*Elaboración propia.*



## **VSM A FUTURO**

### **Paso 3 del VSM**

En este paso se utilizó las herramientas propuestas en la metodología para proponer mejoras al proceso actual, con el objetivo de proponer un proceso más completo, durante el cual se pueda determinar que todas las áreas están comprometidas con la mejora continua.

### **Paso 4 del VSM**

En la figura 71, se muestra el VSM futuro. Donde se muestra mejoras en la organización del flujo de trabajo.

# MAPA FLUJO DE VALOR MEJORADO

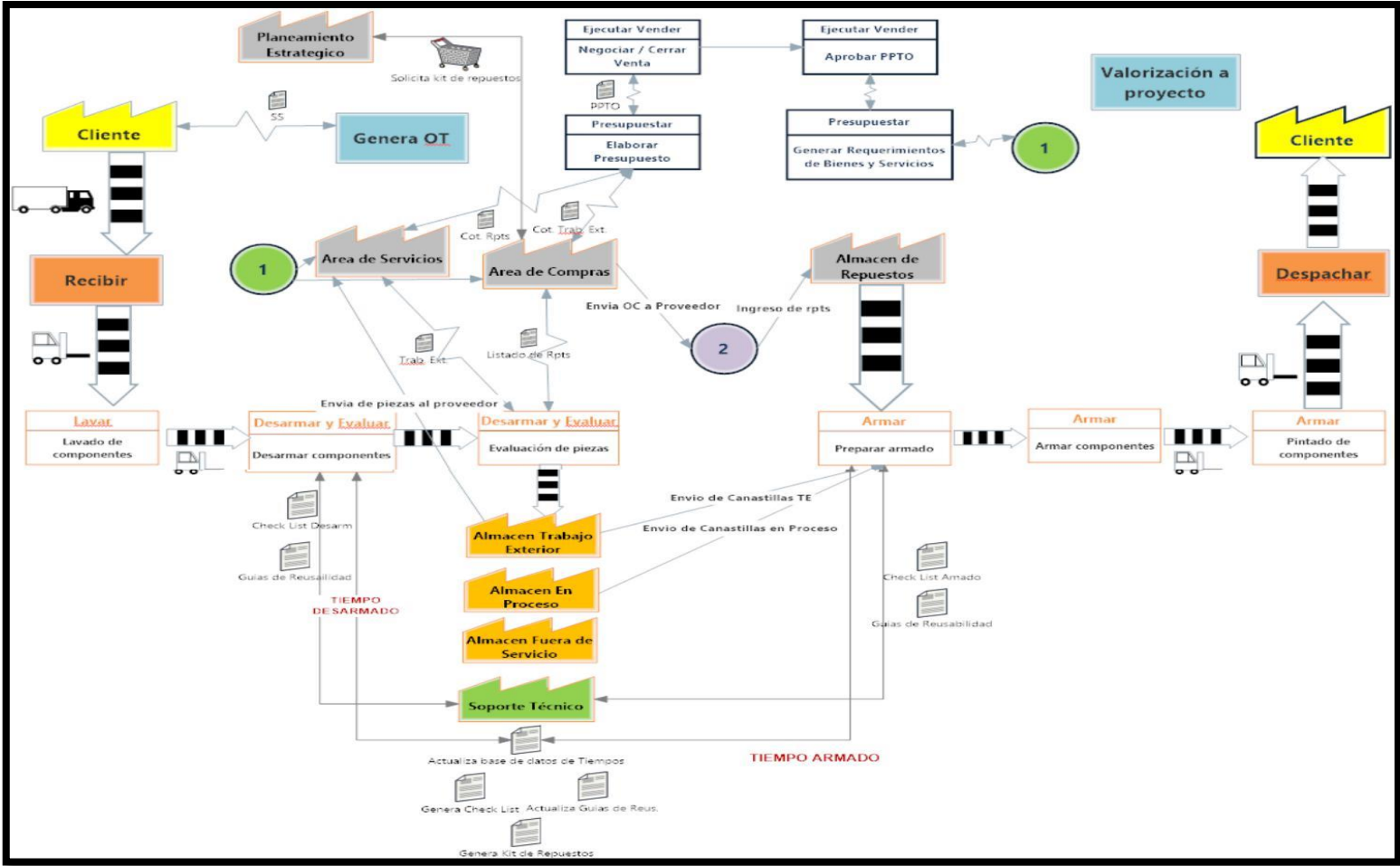


Figura 71: Mapa de flujo de valor mejorado.  
Elaboración propia.

## Registros de tiempos después de la implementación

Luego de realizar la implementación y desarrollo de las herramientas en la tabla 29 se muestran los tiempos obtenidos:

*Tabla 29: Estudio de tiempos de inspección y reparación de la caja reductora Moventas (R) después de la implementación lean manufacturing*

REDUCTOR MOVENTAS (R)	INSPECCION (HORAS)	DESMONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	LIMPIEZA (HORAS)	MONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)
MOVENTAS R 35	7	10	17	10	15	25	42
MOVENTAS R 45	9	12	21	13	16	29	50
MOVENTAS R 55	10	13	23	14	17	31	54
MOVENTAS R 65	10	15	25	14	19	33	58
MOVENTAS R 75	12	16	28	16	20	36	64
MOVENTAS R 85	14	18	32	18	22	40	72

*Elaboración propia.*

*Tabla 30: Estudio de tiempos de inspección y reparación de la caja reductora falk (Q) después de la implementación lean manufacturing.*

REDUCTOR FALK (Q)	INSPECCION (HORAS)	DESMONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	LIMPIEZA (HORAS)	MONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)
FALK Q 35	6	10	16	10	13	23	39
FALK Q 45	8	12	20	12	15	27	47
FALK Q 55	9	13	22	13	16	29	51
FALK Q 65	9	15	24	14	17	31	55
FALK Q 75	11	16	27	15	18	33	60
FALK Q 85	13	19	32	17	20	37	69

*Elaboración propia.*

*Tabla 31: Estudio de tiempos de inspección y reparación de la caja reductora Radicon (P) después de la implementación lean manufacturing.*

REDUCTOR RADICON (P)	INSPECCION (HORAS)	DESMONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	LIMPIEZA (HORAS)	MONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)
RADICON P35	5	9	14	9	13	22	36
RADICON P45	7	11	18	11	15	26	44
RADICON P55	8	12	20	12	16	28	48
RADICON P65	8	14	22	12	18	30	52
RADICON P75	10	15	25	14	19	33	58
RADICON P85	12	17	29	16	21	37	66



*Tabla 32: Estudio de tiempos de inspección y reparación de la caja reductora IG (K) después de la implementación lean manufacturing.*

REDUCTOR IG (K)	INSPECCION (HORAS)	DESMONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	LIMPIEZA (HORAS)	MONTAJE (HORAS)	TOTAL (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)
REDUCTOR IG K35	3	7	10	8	11	19	29
REDUCTOR IG K45	5	9	14	10	13	23	37
REDUCTOR IG K55	6	10	16	11	14	25	41
REDUCTOR IG K65	6	12	18	11	16	27	45
REDU			21	13	17	30	51
REDU	<i>Elaboración propia.</i>		25	15	19	34	59

*Elaboración propia.*

## IV. RESULTADOS

### Resultados de las 5S.

Los resultados obtenidos se deben a que el operador trabajada con otro enfoque en el cual ahora intenta ejecutar, realizar tareas claras para realizar sus funciones de forma más rápida y eficaz, evitando así la pérdida de tiempo, obstáculos o dificultades encontrados durante la implementación. El impacto de la implementación fue:

- Reducir el tiempo necesario para desarrollar materiales

Operaciones diarias.

- Limpiar generalmente el área de trabajo y mantenerla limpia.
- Mejorar la calidad del producto final y reducir los daños causados por la suciedad.
- Mejorar la información y su posición en el área de trabajo para evitar errores.
- Mejorar la imagen del taller y mejorar el clima laboral.

### Ahorro generado por la implementación.

Teniendo en cuenta que este método se utiliza para reducir el tiempo, procedemos a calcular los ahorros de costos en función de las horas-hombre. Para ello, compararemos el total anual (horas) antes y después de la implementación y lo compararemos con el costo de una hora de trabajo (en soles).

La siguiente tabla 33 muestra datos sobre el costo de las horas de trabajo estimado en base al salario mensual total del técnico.

*Tabla 33: Costo horas hombre.*

<b>COSTO HORAS HOMBRE POR TECNICO</b>		
Sueldo	S/	2,500.00
Semana		4
Hora/Semanal		49
Costo H - H	S/	17.00

*Elaboración propia.*

Como se mencionó anteriormente, una reducción del 27%, y el 33% del tiempo de preparación de la búsqueda y el tiempo de limpieza gracias a la implementación de las 5'S. se consideró el tiempo de búsqueda y limpieza en el taller durante el año. Se obtuvo la siguiente tabla 34.

*Tabla 34: Ahorro generado por la implementación 5S.*

		<b>Antes - Anual</b>		<b>Despues 5'S</b>	
	Reduccion	Tiempo de busqueda	Tiempo de busqueda	Ahorro H-H	
1 Tecnico	27%	300	228	72	

		<b>Antes - Anual</b>		<b>Despues 5'S</b>	
	Reduccion	Tiempo de busqueda	Tiempo de busqueda	Ahorro H-H	
1 Tecnico	33%	216	156	60	

*Elaboración propia.*

De esta manera, la sustracción entre estos dos tiempos es el resultado total de horas hombre ahorradas en cada año. En el 2019 se tuvo un ahorro de 528 horas, que, si lo multiplicamos por los S/. 17 que cuesta una hora de trabajo del técnico, obtenemos un

ahorro de S/. 8'976 soles al año, gracias a la implementación de las 5'S. en el taller de servicios de la empresa. Los detalles se muestran en la tabla 35.

*Tabla 35: Total de horas ahorradas.*

<b>CALCULO</b>	
72 HH x 4 tecnicos	288 Horas
60 HH x 4 tecnicos	240 Horas
<b>TOTAL</b>	<b>528 Horas</b>

*Elaboración propia.*

### **Mejoras realizadas después de la Implementación**

#### **1. Falta de herramientas especiales, aplicación de estandarización de las operaciones**

Después de analizar los resultados obtenidos en la caracterización de procesos y el estudio de tiempos, se ha decidido proponer las siguientes estrategias para estandarizar los procesos que se realizan en la empresa, logrando mejoras significativas en los métodos y tiempos de reparación de cajas reductoras.

Implementación de herramientas especiales y equipos para el proceso de reparación de cajas reductoras.

*Tabla 36: Tabla de implementación de herramientas.*

<b>ITEM</b>	<b>TIPO DE HERRAMIENTAS</b>	<b>USO</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	Cilindros hidráulicos con vástago hueco	Desmontaje de reductores planetarios	1 unidad (10 ton, 25 ton, 50 ton, 100 ton)

2	Extractor hidráulico de 3 garras 100 toneladas.	Desmontaje de acoplamientos	1
3	Herramienta normalizada para montaje de retenes	Para cajas reductoras	1
4	Calibradores de 700 – 1000 mm	Metrología – Ajustes	1 juego

- Se evaluó la criticidad de equipos para su reparación (se realizó el primer requerimiento)

*Tabla 37: Tabla de implementación de equipos.*

*Elaboración propia.*

ITEM	TIPO DE EQUIPOS	USO	CANTIDAD
1	Yugo para ensayos no destructivos	Partículas magnéticas	1
2	Equipo ultrasonido	Detector de espesores, fisuras	1
3	Equipo analizador de vibraciones	Análisis vibracional en equipos rotativos	1
4	Cámara termográfica	Toma de termografía	1

*Elaboración propia.*

## 2. Deficiencia en la distribución, Implementación de 5S

Se aplicó la metodología de “las 5S” indicada previa mente con muy buenos resultados.

## 3. Demora de tiempos en el desarmado y calibración, aplicación de la Estandarización

Se muestra las diferencias de tiempos que existe antes y después de implementación de la estandarización.

### Resumen de tiempos antes y después de implementar la metodología en los reductores Moventas.

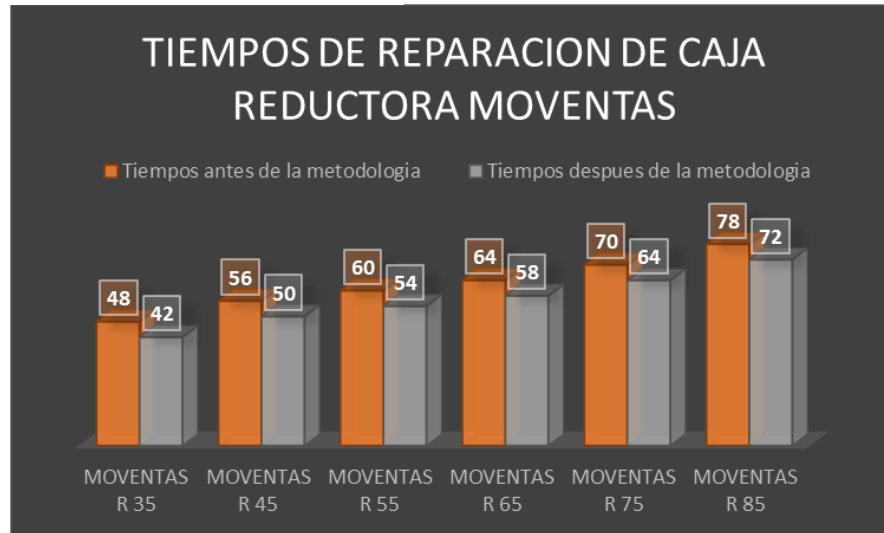
En la siguiente tabla 38, se muestra las diferencias de tiempos que existe antes y después de implementar la metodología de estandarización para el modelo de caja reductora MOVENTAS (R), viéndose favorecido la reducción de tiempos en los diferentes procesos que intervienen para la reparación de los equipos, esto ayudo a incrementar la productividad en nuestro negocio.

*Tabla 38: Tiempos de reparación de caja reductora Moventas.*

TIPO DE REDUCTOR		ANTES IMPLEMENTAR METODOLOGIA	DESPUES IMPLEMENTAR METODOLOGIA
		T. REPARACION (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)
REDUCTOR MOVENTAS (R)	INSPECCION (HORAS)		
MOVENTAS R 35	7	48	42
MOVENTAS R 45	9	56	50
MOVENTAS R 55	10	60	54
MOVENTAS R 65	10	64	58

MOVENTAS R 75	12	70	64
MOVENTAS R 85	14	78	72

*Elaboración propia.*



*Figura 72: Diagrama de tiempos antes y después de implementar la metodología en reductores Moventas.*

*Elaboración propia*

## **Resumen de tiempos antes y después de implementar la metodología en los reductores**

### **Falk.**

En la siguiente tabla 39, se muestra las diferencias de tiempos antes y después de implementar la estandarización para el modelo de caja reductora FALK Q, viéndose favorecido la reducción de tiempos en los diferentes procesos que intervienen para la reparación de los equipos, esto ayudo a incrementar la productividad en nuestro negocio.

Tabla 39: Tiempos de reparación de reductora Falk

TIPO DE REDUCTOR	INSPECCION (HORAS)	ANTES IMPLEMENTAR METODOLOGIA	DESPUES IMPLEMENTAR METODOLOGIA
		T. REPARACION (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)
FALK Q 35	6	44	39
FALK Q 45	8	52	47
FALK Q 55	9	56	51
FALK Q 65	9	60	55
FALK Q 75	11	66	60
FALK Q 85	13	74	69

Elaboración propia.

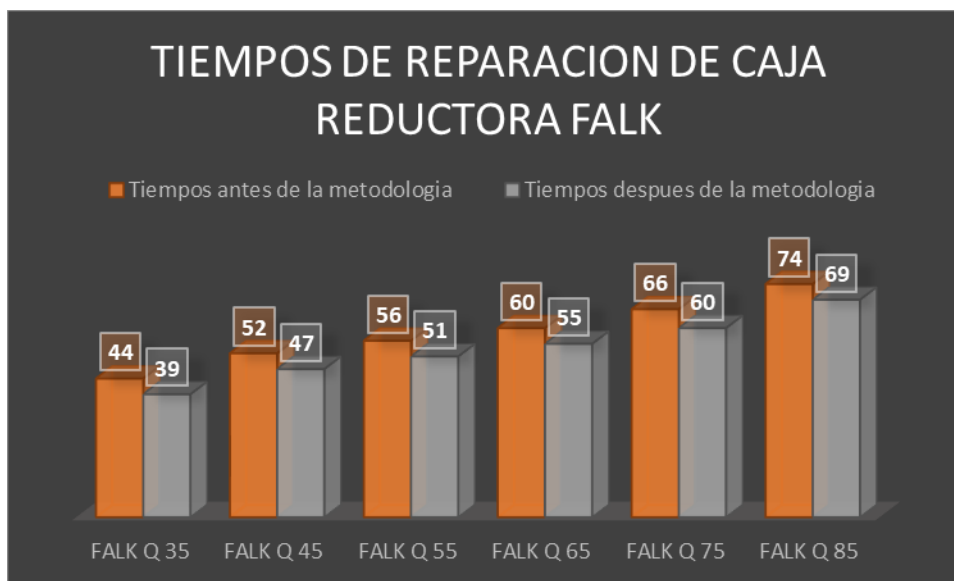


Figura 73: Diagrama de tiempos antes y después de implementar la metodología en reductores Falk.

Elaboración propia.



## Resumen de tiempos antes y después de implementar la metodología en reductores

### Radicon.

En la siguiente tabla 40, se muestra las diferencias de tiempos que existe antes y después de implementar la metodología de estandarización para el modelo de caja reductora RADICON P, viéndose favorecido la reducción de tiempos en los diferentes procesos que intervienen para la reparación de los equipos, esto ayudo a incrementar la productividad en nuestro negocio.

*Tabla 40: Tiempos de reparación de caja reductora Radicon.*

TIPO DE REDUCTOR		ANTES IMPLEMENTAR METODOLOGIA	DESPUES IMPLEMENTAR METODOLOGIA
REDUCTOR RADICON (P)	INSPECCION (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)
RADICON P35	5	40	36
RADICON P45	7	48	44
RADICON P55	8	52	48
RADICON P65	8	56	52
RADICON P75	10	62	58
RADICON P85	12	70	66

*Elaboración propia.*

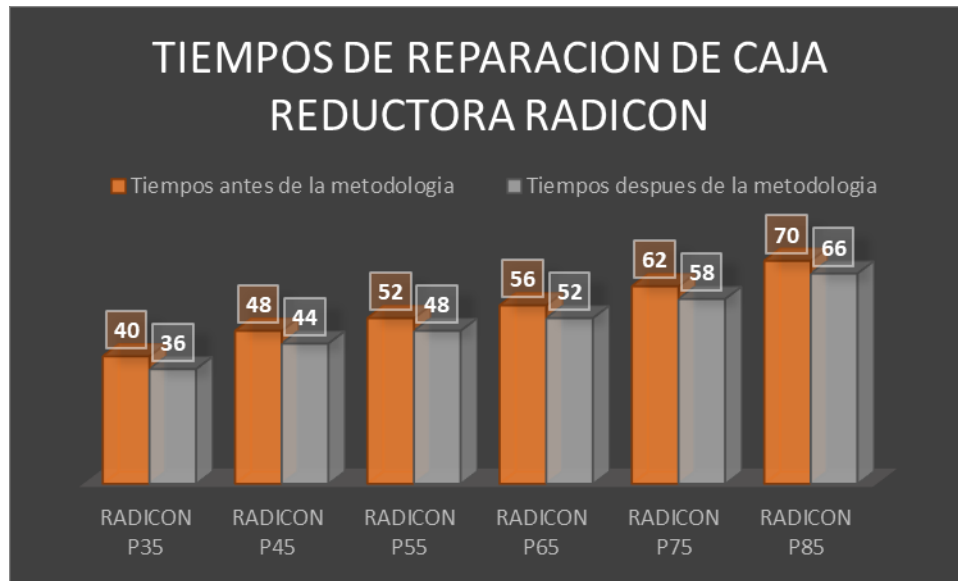


Figura 74: Resumen de tiempos antes y después de implementar la metodología en reductores Radicon.

Elaboración propia.

### Resumen de tiempos antes y después de implementar la metodología en los reductores IG.

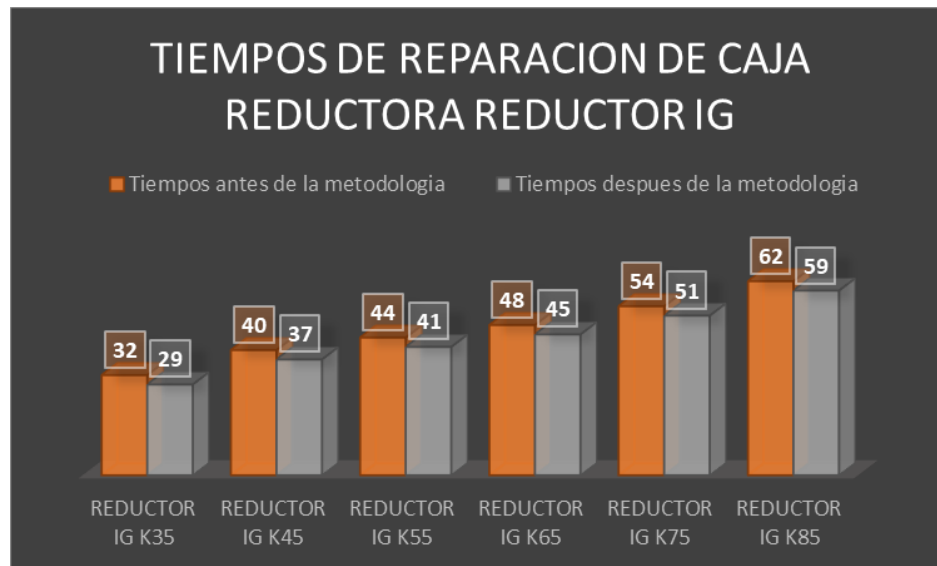
En la siguiente tabla 41, se muestra las diferencias de tiempos que existe antes y después de implementar la metodología de estandarización para el modelo de caja reductora REDUCTOR IG K, viéndose favorecido la reducción de tiempos en los diferentes procesos que intervienen para la reparación de los equipos, esto ayudo a incrementar la productividad en nuestro negocio.

Tabla 41: Tiempos de reparación de caja reductora IG.

TIPO DE REDUCTOR		ANTES IMPLEMENTAR METODOLOGIA	DESPUES IMPLEMENTAR METODOLOGIA
REDUCTOR REDUCTOR IG (K)	INSPECCION (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)	T. REPARACION (HORAS)
REDUCTOR IG K35	3	32	29

REDUCTOR IG K45	5	40	37
REDUCTOR IG K55	6	44	41
REDUCTOR IG K65	6	48	45
REDUCTOR IG K75	8	54	51
REDUCTOR IG K85	10	62	59

*Elaboración propia.*



*Figura 75: Resumen de tiempos antes y después de implementar la metodología en reductores IG.*

*Elaboración propia.*

## **Incremento de la Productividad**

Con la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing se logró en un corto plazo la reducción de los tiempos en cada uno de las operaciones de ingreso y salida de los equipos tal como se mostró en las tablas precedentes. Esto ha generado que la productividad en este proceso se incremente, llegando a un nivel del 95% en el 2019 tal como se muestra en la tabla 6, con esto se logró un incremento de 58.3% respecto a lo obtenido en el 2018

### Costos de inversión realizada

Se requirió realizar la siguiente inversión, tal como se puede mostrar en la tabla 42. En el área de soporte para la mejora de procesos técnico, la implementación de rack estructural, canastillas, parihuelas, porta discos para las 5's y la redistribución de áreas del taller de reparaciones.

*Tabla 42: Costos de implementación de mejora*

IMPLEMENTACION DE 5S'	TIPO DE PAGO	CANTIDAD	COSTO
Compra de racks	unico	1	S/12,000.00
Canastillas	unico	20	S/ 7,000.00
Porta disco	unico	10	S/ 2,000.00
Parihuelas	unico	30	S/ 3,000.00
TOTAL			S/24,000.00

AREA DE SOPORTE TECNICO	TIPO DE PAGO	CANTIDAD	COSTO
Supervisor de soporte tecnico	Anual	1	S/60,000.00
Asistente tecnico	Anual	1	S/30,000.00
Asistente tecnico	Mensual	1	S/ 1,800.00
Laptop	Unico	1	S/ 4,000.00
Computadora	Unico	1	S/ 2,500.00
Utiles de oficina	Mensual	1	S/ 3,600.00

REDISTRIBUCION DE LAS OFICINAS	TIPO DE PAGO	CANTIDAD	COSTO
Area de seguridad	Anual	1	S/ 8,000.00
Area de equipos	Anual	1	S/14,000.00
TOTAL			S/22,000.00

*Elaboración propia.*

### Identificación de costos y gastos de taller

Se detalla los costos por alquiler de local, salario del personal de la empresa, además los servicios como agua, internet, luz, alimentación, vigilancia, limpieza, servicios logísticos y servicios de herramientas y equipos. Tal como se muestra en la tabla 43.

*Tabla 43: Costos y gastos del taller anuales*

EGRESOS	MONTOS	
ALQUILER DEL TALLER	S/	168,000.00
SALARIOS	S/	480,000.00
SERVICIOS DE TERCEROS	S/	120,000.00

*Elaboración propia.*

El alquiler de taller incluye:

- ✓ 5 oficinas
- ✓ Espacio de trabajo de 2000 m<sup>2</sup>
- ✓ Sistema contra incendio
- ✓ Grupo electrógeno
- ✓ Sistema de alumbrado
- ✓ Comedor
- ✓ Vestuario
- ✓ Servicios Higiénicos
- ✓ Vigilancia

#### Salarios:

- ✓ Gerente general
- ✓ Gerente de ventas
- ✓ 1 administrador
- ✓ 1 contador
- ✓ 1 ingeniero de operaciones
- ✓ 5 técnicos mecánicos
- ✓ 2 ayudantes mecánicos
- ✓ 1 personal de limpieza

#### Servicios Terceros

- ✓ Pago de agua
- ✓ Pago de luz
- ✓ Pago de internet
- ✓ Pago de teléfonos celular, fijo
- ✓ Pago impuestos municipales

#### **Ahorro por la implementación de la metodología**

En la actualidad se manejan clientes internos, es decir las reparaciones que se realizan son para los proyectos mineros de la empresa. Por lo tanto, los ingresos son mediante la venta de horas hombre la cual es S/75.00. Seguido a ello se detalla el ahorro que se tiene por equipo y la demanda actual en el taller de reparaciones es de 10 – 13 cajas reductoras que ingresan al taller de reparaciones, teniendo un promedio de 26,5% horas de ahorro con la metodología propuesta. Tal como se muestra en la tabla 44.

*Tabla 44: Tiempo de reparación de cajas reductoras.*

COMPONENTES	Tiempo de entrega Total de un reductor (Horas)			
	Moventas	Falk	Radicon	Reductor IG
Tiempos standares Actual de los reductores DBS	376	352	328	280
Tiempos standares con mejora de los reductores DBS	343	321	304	262
Ahorro	33	31	24	18

*Elaboración propia.*

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Luego de realizar el diagnóstico se pudo determinar que el proceso de reparación de cajas es el proceso con mayor demanda, pero este presenta un menor nivel de productividad en el año 2018 con un 58.3 %.
- Las causas de la baja productividad se centran básicamente a que en este proceso de reparación presentan demoras en la atención de los servicios, existe una falta de control, faltan herramientas y una deficiente distribución, esto representa el 63% de causas al problema identificado.
- Se pudo identificar que la mejor metodología para solucionar el problema identificado es el Lean Manufacturing, debido a que es una metodología de implementación rápida, la cual demanda menos costos para esto, y muestra directamente al cliente los resultados.
- En la implementación de la metodología Lean Manufacturing, se desarrollaron las herramientas del VSM, Estandarización y las 5'S, estas herramientas nos ayudaron a minimizar los problemas en el proceso de reparación de cajas reductoras, se mejoraron los tiempos, se creó una cultura de trabajo nueva, definieron nuevos procedimientos lo que trajo consigo un incremento de la productividad, llegando a ser 95%.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar los estudios de este tipo a otros procesos, debido a que la empresa presta diversos servicios no solo el de las cajas reductoras.
- Se recomienda que la empresa no se limite con tener un incremento de la productividad, sino busque la excelencia en este servicio y los demás servicios que ofrece.
- Es necesario que el Lean sea difundido en toda la empresa, debido a que mediante esto se podría conseguir tener una cultura de trabajo diferente y los resultados como organización podrían ser mejores.
- Se recomienda incluir tener dentro de la estrategia de la empresa el uso del Lean a nivel de compañía y busca la excelencia en todos los servicios que se brindan

## REFERENCIAS

- BONILLA, Elsie y Otros. (2012) Mejora continua de los procesos: Herramientas y técnicas. Lima. Fondo Editorial Universidad de Lima.

IAT SEVILLA ESPAÑA 2012, Guía para Gestión por Procesos (consulta: 29Enero)

<http://www.centrosdeexcelencia.com/dotnetnuke/portals/0/guiagestionprocesos.pdf>

- SUAREZ BARRAZA, MANUEL, 2012 Lean service: A literatura análisis and clasificación (Consulta: 02 de Febrero)  
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&sid=577eac10-4a66-49e8-a494-8a58441090de%40sessionmgr4002&hid=4206>

- MG. KANAKANA 2014 Lean in Servicio Industria (Consulta: 03 de Febrero) <http://conferences.sun.ac.za/index.php/saiie25/SAIIE25/paper/view/574/253>

- BERTOLINI, Massimo. (2013) Extending value stream mapping: the synchro-MRP case (Consulta: 5 de febrero)

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?sid=bc2d05c5-1cb1-4731-93b6-44c32dca168d%40sessionmgr113&vid=0&hid=125&bdata=Jmxhbmc9ZXM%3d#AN=90169824&db=bth>

- PALOMINO, Miguel (2012) Tesis Aplicación De Herramientas De Lean Manufacturing En Las Líneas De Envasado De Una Planta Envasadora De Lubricantes (Consulta: 5 de febrero)


[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1707/PALOMINO\\_MIGUEL\\_LEAN\\_MANUFACTURING\\_LUBRICANTES.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1707/PALOMINO_MIGUEL_LEAN_MANUFACTURING_LUBRICANTES.pdf?sequence=1)

- Boero, C. (2009). Mantenimiento Industrial. (2.a ed.). Córdoba, Argentina: Universitas libros


- Camisón, C., Cruz, S. & Tomás, G. (2006). Gestión de la Calidad: Conceptos, Enfoques, Modelos y Sistemas. Madrid, España: Pearson Educación.
- Diffua, S., Raouf, A., Dixon, J. (2013). Sistemas de mantenimiento planeación y control. México D.F: Limusa & Wiley.
- Escalante, E. (2013). Seis – Sigma: metodología y técnicas. (2.a ed.). México D.F: Limusa.
- García Garrido, S. (2003). Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Gutiérrez, H. (2014). Calidad y Productividad. (4.a ed.). Guadalajara, México: Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías.
- García Palencia, O. (2012). Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Mora Gutiérrez, A. (2009). Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México D.F: Alfaomega Grupo Editor, de CV.
- Nievel, B. Freivalds, A. (2019). Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. México D.F: Edamsa impresiones de C.V
- Villaseñor, A., Galindo, E. (2009). Manual de Lean Manufacturing Guía básica. México, D.F: Limusa.




Anexo 2: Diagrama de actividades del proceso de evaluación.

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO DE EVALUACION										
DIAGRAMA N°1		RESUMEN						Tiempo (min)	Distancia (metros)	Observaciones
Objeto	Caja reductora Moventas Santasalo	Actividad	Actual	Propuesta	Economica					
Proceso	Evaluacion.	Operaciones	13							
Metodo	Actual	Transporte	5							
Lugar	David Brown Santasalo - Arequipa	Controles	10							
		Espera	1							
		Almacenamiento	1							
		<b>Total tiempo ( minutos)</b>	<b>8139min</b>	<b>Horas</b>	<b>135</b>					
		<b>Total distancia ( metros)</b>	<b>85m</b>							
Descripcion de Actividades	○	➔	□	D	▽					
1 Se entrega protocolos, OS al tecnico responsable.		X				3	20m			
2 Tecnico procede a realizar su ATS.				X		2				
3 Designar espacio para el componente.		X				2				
4 Se procede a desplazar el componente al area de desmontaje		X				5	15m			
5 Se realiza registro fotografico de todos los angulos.	X					2				
6 Se realiza la limpieza externa de la caja reductora.	X					60		Falta cabina de lavado		
7 Se realiza el drenaje de aceite.	X					15		Tiempo muerto		
8 Se procede a retirar los acoples de alta y baja.	X					40				
9 Retiro de pernos de caja reductora.	X					30				
10 Retiro de pernos de las tapas laterales.	X					15				
11 Posicionamiento del puente grua al area de ensamble.		X				5	10m			
12 Colocacion de grilletes y cadenas para el levantamiento de la carcasa partida.	X					5				
13 Se realiza el izaje y levantamiento de la carcasa partida.	X					10				
14 Se realiza la limpieza de los engranajes.	X					50				
15 Se realiza el control de juegos axiales.				X		15				
16 Control de juego de Backlash				X		20				
17 Control de huella de contacto.				X		15				
18 Control visual de engranajes				X		10				
19 Se procede a retirar las transmisiones de la caja reductora.	X					50				
20 Se procede a retirar los rodamientos de todas las transmisiones.	X					120		Calentar y cortar pistas		
21 Limpieza alojamientos de carcasa	X					60				
22 Lavado de los ejes	X					30				
23 Se realiza el control Metrologico.				X		90				
24 Se realiza el control de ensayos no destructivos (END).				X		120				
25 Tecnico rellena formato (R3A) listado de componentes en la caja reductora.				X		10				
26 Tecnico rellena y entrega los protocolos proporcionados para la evaluacion.				X		20	20m			
27 Equipo se traslada a la zona de almacenamiento.		X				5	20m			
28 Embalaje, etiquetado y almacenamiento de componente.					X	10				
29 Se realiza el informe tecnico inicial (R4).				X		120				
30 Espera en la aprobacion de la OS para la reparacion del componente.					X	7200		Tiempo en espera		
<b>Total de actividades</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>1</b>					
<b>Total tiempo y distancia</b>						<b>8139</b>	<b>85m</b>			

Anexo 3: Tabla de diagrama de actividades del proceso de armado.

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO DE REPARACION Y ARMADO								
DIAGRAMA N°1		RESUMEN						
Objeto	Caja reductora Moventas Santasalo	Actividad	Actual	Propuesta	Economica			
Proceso	Reparación y Armado.	Operaciones	15					
Metodo	Actual	Transporte	6					
Lugar	David Brown Santasalo - Arequipa	Controles	10					
		Espera	2					
		Almacenamiento						
		<b>Total tiempo ( minutos)</b>		2056min	<b>Horas</b>	34		
		<b>Total distancia ( metros)</b>		120m				
Descripcion de Actividades	○	➔	□	◻	▽	Tiempo (min)	Distancia (metros)	Observaciones
1 Se realiza la reunion Kick off una vez aprobada la orden de servicio.			X			60		
2 Tecnico procede a realizar su ATS.			X			15		
3 Traslado del componente al area de ensamble.		X				30	20m	
4 Arenado de carcasa	X					0		
5 Limpieza de carcasa	X					120		
6 Limpieza de ejes y todos los componentes para realizar el armado.	X					60		
7 Recuperacion de piezas o elementos del componente.	X					480	20m	Trabajo tercerizado
8 Se entrega los protocolos de armado al tecnico responsable		X				5	15m	
9 Tecnico toma la OS para dirigirse a almacen.		X				5	15m	
10 Tecnico espera a hacer atendido por almacen.				X		15		Tiempo muerto
11 Almacen entrega repuestos y materiales para el armado del componente.		X				15		
12 Tecnico revisa los repuestos y materiales.			X			15		
13 Se procede a colocar los rodamientos en las transmisiones con el apoyo del calentador de	X					140		
14 Se procede a colocar todas las transmisiones en los alojamientos de la carcasa.	X					60		
15 Se procede a medir el juego backlash.			X			20		
16 Control de huella de contacto.			X			15		
17 Control de juegos axiales.			X			20		
18 Se procede a colocar loctite a la superficie plana.	X					10		
19 Se procede a realizar el cierre de la caja reductora.	X					10		
20 Fijacion y torqueado de pernos.	X					60		
21 Se colocan los sellos en las bridas.	X					10		
22 Colocacion de brida y torqueado de pernos.	X					30		
23 Colocacion de acoples alta y baja.	X					90		Tiempo muerto
24 Posicionamiento del componente al banco de pruebas.		X				10	30min	
25 Ulenado de lubricante.	X					20		Tiempo muerto
26 Funcionamiento de caja reductora.				X		400		
27 Registros de temperatura y sonido.			X			20		
28 Reunion para liberacion del componente.			X			30		
29 Rellenar y entregar protocolos de armado.			X			40		
30 Drenaje de aceite.	X					20		Tiempo muerto
31 Posicion del componente en la cabina de pintado.		X				10	20min	
32 Pintado de caja reductora.	X					120		
33 Informe tecnico fina (R8)			X			300		
<b>Total de actividades</b>	15	6	10	2				
<b>Total tiempo y distancia</b>						<b>2255</b>	<b>120m</b>	

Anexo 4: Tabla de evaluación de componente de taller M6-RS/ R3B - 1

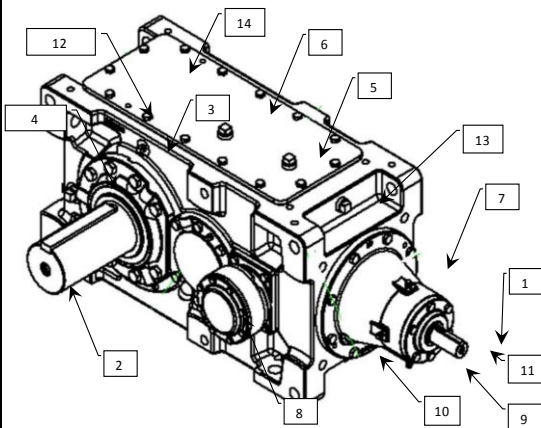
 David Brown Santasalo	Evaluación de Componente Taller (M6-RS/R3-B Rev.00 Fecha 25/Sep./2018)	Pagina 1 de 17
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	----------------

OS		Fecha	
Cliente		Técnico	
Modelo		OC	
Nro. Serie			

Nota: Bosquejo referencial para el proceso de evaluación. Se debe completar con una V o X si el componente presenta los elementos descritos e indicar su estado en la Observación

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ítem</th> <th>Descripción</th> <th>Presenta V/x</th> <th>Observación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Acople de Alta (Machón)</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Acople de baja (Machón)</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Sensores</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Líneas de lubricación</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Filtros</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Tapas de registro</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Protecciones</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Back Stop</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>Ventilador</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>Llaves de bola</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>Chavetas</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>Barrilla de nivel aceite</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>Graseras</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>Placa técnica del componente</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>Espaciadores</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>Base de traslado</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td>Base de armado conjunto</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td>Acople Hidráulico</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td>Motor</td><td style="text-align: center;">o</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Ítem	Descripción	Presenta V/x	Observación	1	Acople de Alta (Machón)	o		2	Acople de baja (Machón)	o		3	Sensores	o		4	Líneas de lubricación	o		5	Filtros	o		6	Tapas de registro	o		7	Protecciones	o		8	Back Stop	o		9	Ventilador	o		10	Llaves de bola	o		11	Chavetas	o		12	Barrilla de nivel aceite	o		13	Graseras	o		14	Placa técnica del componente	o		15	Espaciadores	o		16	Base de traslado	o		17	Base de armado conjunto	o		18	Acople Hidráulico	o		19	Motor	o	
Ítem	Descripción	Presenta V/x	Observación																																																																														
1	Acople de Alta (Machón)	o																																																																															
2	Acople de baja (Machón)	o																																																																															
3	Sensores	o																																																																															
4	Líneas de lubricación	o																																																																															
5	Filtros	o																																																																															
6	Tapas de registro	o																																																																															
7	Protecciones	o																																																																															
8	Back Stop	o																																																																															
9	Ventilador	o																																																																															
10	Llaves de bola	o																																																																															
11	Chavetas	o																																																																															
12	Barrilla de nivel aceite	o																																																																															
13	Graseras	o																																																																															
14	Placa técnica del componente	o																																																																															
15	Espaciadores	o																																																																															
16	Base de traslado	o																																																																															
17	Base de armado conjunto	o																																																																															
18	Acople Hidráulico	o																																																																															
19	Motor	o																																																																															

**Comentarios**

**Prueba Dinamica Inicial**

Eje Monitoreado	Tiempo Hora:minutos (Frecuencia de 15 Minutos)																	
	Tem	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.
T°																		
T°																		
T°																		
T°																		

**Inspeccion Visual**

Fuga	o	
Ruido	o	
Temperatura	o	
Vibracion	o	

Observaciones


  

Desarme de Componente

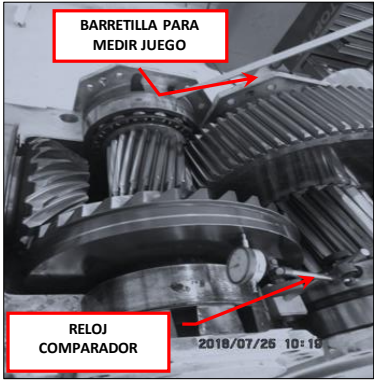
Para el desarme del componente previmente se debe considerar los siguientes puntos. **Los puntos que presentan V, se debe tomar el registro de manera obligatoria**

	Foto	Video	Reporte	Observaciones
1	V			
2	V	V		
3				
4				
5		V		
6				
7				
8				
9				
10				

Anexo 5: Tabla de evaluación de componente de taller M6 – RS/R3-B - 2


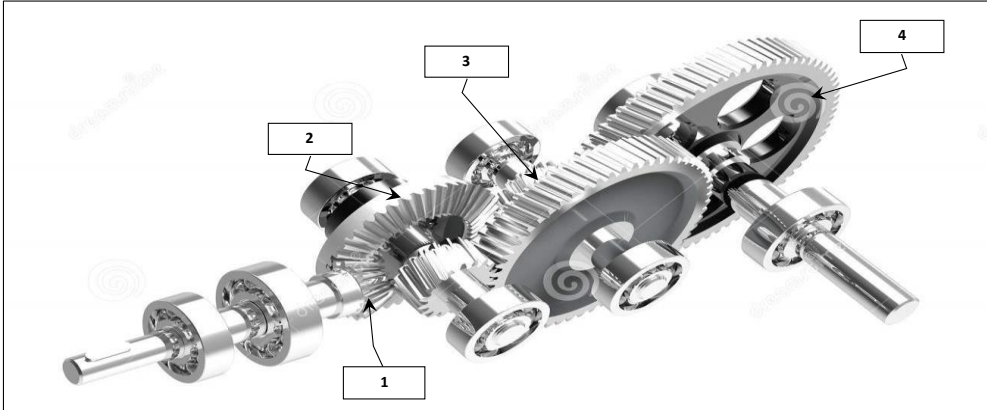




 David Brown Santasalo	Evaluación de Componente Taller (M6-RS/R3-B Rev.00 Fecha 25/Sep./2018)	Pagina 7 de 17
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	----------------


Juego Axial																																																		
	<p style="text-align: center;"><b>Consideraciones para control</b></p> <p>Retirar tapa superior.</p> <p>Fijar tapas de registro laterales.</p> <p>Empujar eje hasta quedar sin juego de contacto entre rodamientos y caras axiales de una tapa.</p> <p>Posicionar reloj comparador posición cero en la cara axial de la corona.</p> <p>Empujar hacia el lado contrario el eje para comprobar cuanto desplaza axialmente marcando la aguja en el reloj comparador.</p> <p>Revisar visualmente cada dientes o conjunto de engrane para comprobar desgastes, pitting, ralladura, cavitación, oxidación y corrosión.</p> <p>Marcar con plumón marca metal la zona deteriorada en el diente o conjunto de engrane.</p> <p>Registrar en informe técnico inicial en forma escrita la condición y ubicación de la zona afectada.</p> <p>Detallar en tipo de eje corona o elementos que presenta el daño.</p>																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="7">Resumen de Registro de contactos entre dientes</th> </tr> <tr> <th>ETAPA</th> <th>BACLASH</th> <th>OBSERVACION</th> <th>% CONTACTO ENTRE DIENTE</th> <th>OBSERVACION</th> <th>JUEGOS</th> <th>OBSERVACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 ETAPA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 ETAPA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3 ETAPA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4 ETAPA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5 ETAPA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Resumen de Registro de contactos entre dientes							ETAPA	BACLASH	OBSERVACION	% CONTACTO ENTRE DIENTE	OBSERVACION	JUEGOS	OBSERVACION	1 ETAPA							2 ETAPA							3 ETAPA							4 ETAPA							5 ETAPA						
Resumen de Registro de contactos entre dientes																																																		
ETAPA	BACLASH	OBSERVACION	% CONTACTO ENTRE DIENTE	OBSERVACION	JUEGOS	OBSERVACION																																												
1 ETAPA																																																		
2 ETAPA																																																		
3 ETAPA																																																		
4 ETAPA																																																		
5 ETAPA																																																		



Anexo 6: Tabla de evaluación de componente taller M6-RS /R3 -B -3

 <p><b>Santasalo</b> David Brown Santasalo</p>	<p>Evaluación de Componente Taller (M6-RS/R3-B Rev.00 Fecha 25/Sep./2018)</p>	<p>Página 8 de 17</p>				
<b>INSPECCIÓN DE DIENTES DE ENGRANE</b>						
						
		TIPO DE FALLA				
ENGRANAJE	DESGASTE	PITTING	RAYADURAS	CAVITACION	CORROSION	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						

Anexo 7: Tabla de fichas de calibraciones M6-RS /R10.

 David Brown Santasalo		<b>FICHA DE CALIBRACIONES</b> (M6-RS/R10 - Rev. 01)					
Instrumento (Tipo, Marca, Modelo y N/S)	N° Certificado	Calibración Inicial	Frecuencia (Meses)				
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			
				Programado			
				Fecha Realización			

Anexo 8: Tabla de registro de equipos reparados en David Brown Santasalo - Arequipa.

## REGISTRO DE EQUIPOS REPARADOS EN DAVID BROWN SANTASALO - AREQUIPA

ITEM	CLIENTE	FECHA INGRESO	SFDC	OS	MODELO DEL EQUIPO	TIPO DE REDUCTOR	N° SERIE	ESTADO	CANT
1	SOUTHERN TOQUEPALA	ENERO	1965986	151	REDUCTOR FALK 4415J.25A	FALK	9-065432-07	REPARACION	1
2	SOUTHERN TOQUEPALA	ENERO	1967964	152	REDUCTOR FALK 3407J - 25A	FALK	9-065432-08	REPARACION	1
3	SOUTHERN TOQUEPALA	ENERO	1967964	153	REDUCTOR FALK 5415J - 25A	FALK	9-065432-09	REPARACION	1
4	SOUTHERN TOQUEPALA	ENERO	1972067	154	REDUCTOR FALK 5415J - 25A	FALK	9-065432-10	REPARACION	1
5	HUBBAY	ENERO	1966068	155	REDUCTOR MIXFO 80	MOVENTAS	68534-980-02	REPARACION	1
6	HUBBAY	ENERO	1969575	156	REDUCTOR MIXFO 40	MOVENTAS	68534-980-03	REPARACION	1
7	CERRO VERDE	ENERO	1969575	157	MC3PLSF03	REDUCTORES IG	56.0253391601.0001.15	REPARACION	1
8	CERRO VERDE	ENERO	1969575	158	MC3PLSF04	REDUCTORES IG	56,0253255801,0001,15	REPARACION	1
9	CERRO VERDE	ENERO	1974035	159	SERIE P ENGRANAJES PLANETARIOS	RADICON	126785-012	REPARACION	1
10	CERRO VERDE	ENERO	1974022	160	SERIE E INDUSTRIAL REDUCTOR EON	RADICON	126785-013	REPARACION	1
11	SOUTHERN CUAJONE	FEBRERO	1940194	140	SERIE P ENGRANAJES PLANETARIOS	RADICON	176786-9865-01	REPARACION	1
12	SOUTHERN CUAJONE	FEBRERO	1939901	141	SERIE ER HEAVY DUTY CORONA SINFIN	RADICON	176786-9865-02	REPARACION	1
13	SOUTHERN CUAJONE	FEBRERO	1948041	142	REDUCTOR HELICON 2110	RADICON	176786-9865-03	REPARACION	1
14	SOUTHERN CUAJONE	FEBRERO	1942856	143	SERIE H IN LINE INDUSTRIAL	RADICON	176786-9865-04	REPARACION	1
15	CEMENTOS YURA	FEBRERO	1942856	144	MC3RLHF06	REDUCTORES IG	56.0153688501.0001.08	REPARACION	1

16	CEMENTOS YURA	FEBRERO	<b>1941040</b>	<b>145</b>	MC2PLSF03	REDUCTORES IG	56.0196524201.0001.11	REPARACION	1
17	CEMENTOS YURA	FEBRERO	<b>1945650</b>	<b>146</b>	MC3PLSF07	REDUCTORES IG	56.0196903102.0001.11	REPARACION	1
18	CERRO VERDE	FEBRERO	<b>1958234</b>	<b>147</b>	MC3PLSF06	REDUCTORES IG	56.0196682901.0001.11	REPARACION	1
19	CERRO VERDE	FEBRERO	<b>1963709</b>	<b>148</b>	MC3PLSF08	REDUCTORES IG	56.0197189501.0001.11	REPARACION	1
20	CERRO VERDE	FEBRERO	<b>1967964</b>	<b>149</b>	MC3PLSF07	REDUCTORES IG	56.0196903101.0001.11	REPARACION	1
21	CERRO VERDE	MARZO	<b>1965986</b>	<b>150</b>	MC3PLSF07	REDUCTORES IG	56.0196903101.0002.11	REPARACION	1
22	LAS BAMBAS	MARZO	<b>1692585</b>	<b>44</b>	MC3PLSF06	REDUCTORES IG	56.0166971301.0001.09	REPARACION	1
23	LAS BAMBAS	MARZO	<b>1676906</b>	<b>45</b>	MC3PVSF03	REDUCTORES IG	56.0167238401.0001.09	REPARACION	1
24	LAS BAMBAS	MARZO	<b>1676511</b>	<b>46</b>	MC3PVSF03	REDUCTORES IG	56.0167238401.0002.09	REPARACION	1
25	LAS BAMBAS	MARZO	<b>1676683</b>	<b>47</b>	MC3PLSF07	REDUCTORES IG	56.0160725403.0004.06	REPARACION	1
26	SOUTHERN TOQUEPALA	MARZO	<b>1676415</b>	<b>48</b>	SANTASALO D4PSF50	MOVENTAS	8-07666-09	REPARACION	1
27	CERRO VERDE	MARZO	<b>1676978</b>	<b>49</b>	FALK325A2A	FALK	9-065432-01	REPARACION	1
28	CERRO VERDE	MARZO	<b>1670983</b>	<b>50</b>	FALK 365A3A	FALK	9-065430-01	REPARACION	1
29	CERRO VERDE	MARZO	<b>1670983</b>	<b>51</b>	FALK 445 A1	FALK	8-966423-03	REPARACION	1
30	HUDBAY	MARZO	<b>1685345</b>	<b>52</b>	MIXFO 80	MOVENTAS	4695855-12P	REPARACION	1
31	HUDBAY	MARZO	<b>1690621</b>	<b>53</b>	VTM 1500	MOVENTAS	4567R8-73	REPARACION	1
32	HUDBAY	ABRIL	<b>1678932</b>	<b>54</b>	SERIE E INDUSTRIAL REDUCTOR EON	RADICON	64663YREHRR	REPARACION	1
33	HUDBAY	ABRIL	<b>1694446</b>	<b>55</b>	SERIE ER HEAVY DUTY CORONA SINFIN	RADICON	874NFN45	REPARACION	1
34	SOUTHERN FUNDICION ILO	ABRIL	<b>1688715</b>	<b>56</b>	MC3PLSF03	REDUCTORES IG	56.0167397102.0001.09	REPARACION	1
35	SOUTHERN FUNDICION ILO	ABRIL	<b>1691626</b>	<b>57</b>	MC2PLSF06	REDUCTORES IG	56.0167975801.0001.09	REPARACION	1
36	SOUTHERN FUNDICION ILO	ABRIL	<b>1691626</b>	<b>58</b>	MC3PLSF04	REDUCTORES IG	56.0168092301.0001.09	REPARACION	1
37	SOUTHERN FUNDICION ILO	ABRIL	<b>1691626</b>	<b>59</b>	MC3PLSF04	REDUCTORES IG	56.0168092302.0001.09	REPARACION	1
38	SOUTHERN FUNDICION ILO	ABRIL	<b>1697162</b>	<b>60</b>	MC3RLHF04	REDUCTORES IG	56.0168386801.0001.09	REPARACION	1
39	SOUTHERN FUNDICION ILO	ABRIL	<b>1688715</b>	<b>61</b>	MC3PLSF06	REDUCTORES IG	56.0165426701.0001.09	REPARACION	1
40	HUDBAY	ABRIL	<b>1688715</b>	<b>62</b>	VTM 1800	MOVENTAS	432354-00012P	REPARACION	1
41	SOUTHERN CUAJONE	ABRIL	<b>1688715</b>	<b>63</b>	EXCITADOR NORBERG	MOVENTAS	8765438-01	REPARACION	1
42	SOUTHERN CUAJONE	MAYO	<b>1690695</b>	<b>64</b>	EXCITADOR NORBERG	MOVENTAS	8765438-02	REPARACION	1
43	SOUTHERN CUAJONE	MAYO	<b>1690911</b>	<b>65</b>	EXCITADOR NORBERG	MOVENTAS	8765438-03	REPARACION	1
44	SOUTHERN CUAJONE	MAYO	<b>1707141</b>	<b>66</b>	EXCITADOR NORBERG	MOVENTAS	8765438-04	REPARACION	1
45	LAS BAMBAS	MAYO	<b>1707141</b>	<b>67</b>	MC2PLSF09	REDUCTORES IG	56.0167184301.0001.09	REPARACION	1

46	LAS BAMBAS	MAYO	1707141	68	MC2PLSF09	REDUCTORES IG	56.0167184301.0002.09	REPARACION	1
47	LAS BAMBAS	MAYO	1707141	69	MC3PLSF07	REDUCTORES IG	56.0168566901.0001.09	REPARACION	1
48	LAS BAMBAS	MAYO	1707141	70	MC3PLSF08 CW	REDUCTORES IG	56.0169142001.0001.09	REPARACION	1
49	LAS BAMBAS	MAYO	1707141	71	MC2PLSF06	REDUCTORES IG	56.0167975802.0001.09	REPARACION	1
50	CERRO VERDE	MAYO	1701618	72	REDUCTOR FALK 3407J - 25A	FALK	9-065432-01	REPARACION	1
51	CERRO VERDE	MAYO	1701618	73	REDUCTOR FALK 5415J - 25A	FALK	9-065432-02	REPARACION	1
52	CERRO VERDE	JUNIO	1710336	74	REDUCTOR FALK 5415J - 25A	FALK	9-065432-03	REPARACION	1
53	CERRO VERDE	JUNIO	1708867	75	FALK 445 AR3A	FALK	93-066100	REPARACION	1
54	CERRO VERDE	JUNIO	1744566	76	FALK 325 ABR	FALK	94-066102	REPARACION	1
55	SOUTHERN TOQUEPALA	JUNIO	1720533	77	FALK 525 AB	FALK	94-045502	REPARACION	1
56	SOUTHERN TOQUEPALA	JUNIO	1736900	78	SERIE AM CORONA SINFIN	RADICON	3454455-P10	REPARACION	1
57	SOUTHERN TOQUEPALA	JUNIO	1732723	79	SERIEG HELICOIDAL	RADICON	66566666-12	REPARACION	1
58	HUDBAY	JUNIO	1750362	80	SANTASALO D4PSF50	MOVENTAS	87654YU-2	REPARACION	1
59	HUDBAY	JUNIO	1750362	81	SANTASALO 4TC 630	MOVENTAS	87654YU-4	REPARACION	1
60	CEMENTOS YURA	JUNIO	1763435	82	MC3RLHF09	REDUCTORES IG	56.0172297201.0001.09	REPARACION	1
61	CEMENTOS YURA	JUNIO	1763657	83	MC3PLSF07	REDUCTORES IG	56.0173729601.0001.09	REPARACION	1
62	CEMENTOS YURA	JUNIO	1765203	84	MC3PLSF07	REDUCTORES IG	56.0173371901.0001.09	REPARACION	1
63	CERRO VERDE	AGOSTO	1765481	85	MC3PLSF03/BS CW	REDUCTORES IG	56.0175335201.0001.09	REPARACION	1
64	CERRO VERDE	AGOSTO	1768161	86	MC3PLSF03/BS CW	REDUCTORES IG	56.0175335201.0002.09	REPARACION	1
65	CERRO VERDE	AGOSTO	1768156	87	MC3PLSF08	REDUCTORES IG	56.0176382401.0001.10	REPARACION	1
66	CERRO VERDE	AGOSTO	1771406	88	MC3PLSF08	REDUCTORES IG	56.0176566001.0001.10	REPARACION	1
67	CERRO VERDE	AGOSTO	1767066	89	MC3PLSF08 CW	REDUCTORES IG	56.0176569501.0001.10	REPARACION	1
68	CERRO VERDE	AGOSTO	1743188	90	MC3PLSF05	REDUCTORES IG	56.0176603301.0001.10	REPARACION	1
69	HUDBAY	AGOSTO	1775563	91	REDUCTOR MIXFO 80	MOVENTAS	636634344-10	REPARACION	1
70	HUDBAY	AGOSTO	1778301	92	SANTASALO 4TC 630	MOVENTAS	66455353UU-12	REPARACION	1
71	SOUTHERN FUNDICION ILO	AGOSTO	1789350	93	SERIE G HELICOIDALES	RADICON	87543-234	REPARACION	1
72	SOUTHERN FUNDICION ILO	SETIEMBRE	1784314	94	SERIE H IN LINE INDUSTRIAL	RADICON	87543-235	REPARACION	1
73	SOUTHERN FUNDICION ILO	SETIEMBRE	1784314	95	SERIE ER HEAVY DUTY CORONA SINFIN	RADICON	87543-236	REPARACION	1
74	ANTAPACAY	SETIEMBRE	1784314	96	FALK 284AFXDF4A	FALK	95-123456	REPARACION	1
75	ANTAPACAY	SETIEMBRE	1784314	97	FALK 22-4E23	FALK	7-935429	REPARACION	1

76	ANTAPACAY	SETIEMBRE	1784314	98	FALK525	FALK	93-0666100	REPARACION	1
77	ANTAPACAY	SETIEMBRE	1793521	99	FALK 2040FZ2A	FALK	97-032365	REPARACION	1
78	CEMENTOS YURA	SETIEMBRE	1803563	100	MC3RLHF06 CCW	REDUCTORES IG	56.0180623101.0001.10	REPARACION	1
79	CEMENTOS YURA	SETIEMBRE	1791154	101	MC3RLHF02	REDUCTORES IG	56.0179711203.0001.10	REPARACION	1
80	CEMENTOS YURA	SETIEMBRE	1791154	102	MC3RLHF06 CCW	REDUCTORES IG	56.0179711201.0001.10	REPARACION	1
81	CEMENTOS YURA	SETIEMBRE	1791154	103	MC3RLHF09 CW	REDUCTORES IG	56.0179711202.0001.10	REPARACION	1
82	CEMENTOS YURA	SETIEMBRE	1821123	104	MC3PLSF08	REDUCTORES IG	56.0182162001.0001.10	REPARACION	1
83	HUBBAY	OCTUBRE	1823793	105	VTM 1800	MOVENTAS	6787666-12	REPARACION	1
84	HUBBAY	OCTUBRE	1832656	106	MIXFO 80	MOVENTAS	6787666-13	REPARACION	1
85	HUBBAY	OCTUBRE	1832656	107	EXCITADOR NORBERG	MOVENTAS	6787666-14	REPARACION	1
86	HUBBAY	OCTUBRE	1838516	108	EXCITADOR NORBERG	MOVENTAS	6787666-15	REPARACION	1
87	SOUTHERN TOQUEPALA	OCTUBRE	1838516	109	FALK 525	FALK	93-066100	REPARACION	1
88	SOUTHERN TOQUEPALA	OCTUBRE	1833834	110	FALK 445	FALK	93-066101	REPARACION	1
89	SOUTHERN TOQUEPALA	OCTUBRE	1839162	111	FALK325A2A	FALK	93-066102	REPARACION	1
90	LAS BAMBAS	OCTUBRE	1835131	112	MC3RLSF07 CCW	REDUCTORES IG	56.0178358304.0001.10	REPARACION	1
91	LAS BAMBAS	OCTUBRE	1849958	113	MC3RLHF03 CCW	REDUCTORES IG	56.0184313102.0001.10	REPARACION	1
92	LAS BAMBAS	OCTUBRE	1867543	114	MC3RLHF04 CW	REDUCTORES IG	56.0184313101.0001.10	REPARACION	1
93	LAS BAMBAS	NOVIEMBRE	1842525	115	MC3RLHF05 CCW	REDUCTORES IG	56.0185784301.0001.10	REPARACION	1
94	HUBBAY	NOVIEMBRE	1842525	116	SANTASALO 4TC 630	MOVENTAS	765-T21	REPARACION	1
95	HUBBAY	NOVIEMBRE	1857315	117	SANTASALO D4PSF50	MOVENTAS	765-T22	REPARACION	1
96	SOUTHERN CUAJONE	NOVIEMBRE	1866803	118	SERIE AM CORONA SINFIN	RADICON	9856-456	REPARACION	1
97	SOUTHERN CUAJONE	NOVIEMBRE	1852065	119	SERIE E INDUSTRIAL REDUCTOR EON	RADICON	9856-457	REPARACION	1
98	SOUTHERN CUAJONE	NOVIEMBRE	1852065	120	SERIE G HELICOIDALES	RADICON	9856-458	REPARACION	1
99	CERRO VERDE	NOVIEMBRE	1852065	121	FALK 117ODHC2AN	FALK	02-065938-02	REPARACION	1
100	CERRO VERDE	NOVIEMBRE	1882276	122	FALK 405 ABR4A	FALK	93-066100	REPARACION	1
101	CERRO VERDE	NOVIEMBRE	1867671	123	FALK 284AFXDF4A	FALK	95-244344667	REPARACION	1
102	CERRO VERDE	NOVIEMBRE	1873104	124	FALK 445	FALK	1768-9877	REPARACION	1
103	METSO	NOVIEMBRE	1873104	125	MC3PLHF02	REDUCTORES IG	56,0187875301,0003,10	REPARACION	1
104	METSO	DICIEMBRE	1873104	126	MC3PLSF06	REDUCTORES IG	56.0188577301.0001.10	REPARACION	1
105	METSO	DICIEMBRE	1885200	127	MC3RLHF02 CW	REDUCTORES IG	56.0188461202.0001.10	REPARACION	1

106	METSO	DICIEMBRE	<b>1883241</b>	<b>128</b>	MC3RLHF04 CCW	REDUCTORES IG	56.0188461201.0001.10	REPARACION	1
107	METSO	DICIEMBRE	<b>1883241</b>	<b>129</b>	MC3RLHT03	REDUCTORES IG	56.0188578301.0001.10	REPARACION	1
108	METSO	DICIEMBRE	<b>1773434</b>	<b>130</b>	MC3RLSF03	REDUCTORES IG	56.0188947601.0001.10	REPARACION	1
109	METSO	DICIEMBRE	<b>1888738</b>	<b>131</b>	MC3PLHT08	REDUCTORES IG	56.0187902201.0001.10	REPARACION	1
110	METSO	DICIEMBRE	<b>1878458</b>	<b>132</b>	MC3PLSF08	REDUCTORES IG	56.0190424701.0001.11	REPARACION	1
111	HUBBAY	DICIEMBRE	<b>1903615</b>	<b>133</b>	MIXFO 80	MOVENTAS	34589-P01	REPARACION	1
112	HUBBAY	DICIEMBRE	<b>1903040</b>	<b>134</b>	MIXFO 40	MOVENTAS	34589-P02	REPARACION	1