



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Implementación de herramientas de Manufactura Esbelta en una  
empresa dedicada a la construcción industrial para reducir el  
tiempo de ciclo.”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

**Presentada por:**

**Tatiana Verónica Sánchez Paredes**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2021**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la fortaleza que me regala para continuar día a día, a mi tutora de proyecto, Ph.D. María Denise Rodríguez Zurita por su guía, a los maestros por brindarme sus conocimientos, a mi familia por su ayuda incondicional y a mi compañero de vida Jossemar por apoyarme siempre a seguir adelante

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico especialmente a mi abuelito papito Miguel Paredes mi ángel que ahora me cuida desde el cielo, a mis abuelitas Elsa y Lila, a mis padres Rodrigo y Tania, a mis hermanos Juan y Diana, a mi ayuda idónea Jossemar y a toda mi familia y amigos incondicionales.

# **TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

---

**María Rodríguez Z., Ph.D.  
DIRECTORA DE PROYECTO**

---

**María Retamales G., MSc.  
VOCAL**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Tatiana Verónica Sánchez Paredes

## RESUMEN

El presente proyecto consistió en la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en un taller eléctrico de una empresa constructora para reducir el tiempo extra que se generan por los movimientos y actividades que no aportan valor, sino que generan retrasos en la entrega de la obra.

La compañía por analizar es una empresa dedicada a la construcción industrial que se dedica a la construcción y gerencia de infraestructura de proyectos industriales.

El objetivo del proyecto es implementar mejoras para reducir el tiempo empleado en movimientos innecesarios que realizan los técnicos eléctricos antes de realizar una actividad o mantenimiento programado.

Lo primero que se realizó fue un recorrido por el taller, en el cual se encontró varias oportunidades de mejora. No se cuenta con un procedimiento que indique los pasos a seguir en un mantenimiento, no existe un espacio disponible y a la vista para las herramientas de uso continuo, los materiales e insumos se encuentran en desorden y sin clasificar, existen equipos obsoletos y envases que no deberían estar en ese lugar, la mesa de operaciones no se utiliza porque está ocupada con otros utensilios.

Para reducir los desperdicios de horas de trabajo fue necesario utilizar la herramienta VSM (Value Stream Mapping) para ver, analizar y mejorar el flujo de cada actividad.

Luego se utilizó un análisis A3 que permitió ejecutar un plan de acción viable para la obtención de resultados favorables.

Dentro del plan de acción se encontró la implementación de la metodología 5s que consiste en clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener el taller eléctrico con nuevos hábitos que permitan respetar las actividades planificadas.

Posteriormente se obtuvo como resultado la disminución del tiempo invertido en cada reparación, reducción de pago de horas extras y mejora en el cumplimiento del plan de mantenimiento y reparaciones.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN.....</b>	<b>II</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>III</b>
<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>V</b>
<b>SIMBOLOGÍA.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Descripción del problema.....	2
1.3. Objetivo general.....	6
1.4. Objetivos específicos.....	6
1.5. Metodología a aplicar.....	6
1.6. Resultados esperados.....	10
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>11</b>
<b>2. APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE MANUFACTURA ESBELTA.....</b>	<b>11</b>
2.1. Introducción.....	11
2.2. Descripción del proceso de reparar un equipo eléctrico.....	11
2.3. Realización de mapa de situación actual.....	12
2.4. Identificación de oportunidades de mejora.....	19
2.5. VSM de la situación futura.....	20
2.6. Análisis A3.....	22
2.7. Aplicación de 5S.....	26
2.7.1. Separar (Seiri).....	29
2.7.2. Ordenar (Seiton).....	33
2.7.3. Limpiar (Seiso).....	34
2.7.4. Estandarizar (Seiketsu).....	36
2.7.5. Autodisciplina (Seiketsuke).....	43

<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>44</b>
<b>3. EVALUACION DE RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
3.1. Introducción .....	44
3.2. Análisis comparativo de tiempos por cada actividad.....	44
3.2.1. Actividad 1 – Solicitud de reparación.....	44
3.2.2. Actividad 2 – Revisión y aprobación de reparaciones.....	47
3.2.3. Actividad 3 – Elaboración de procedimiento.....	49
3.2.4. Actividad 4 - Preparación de equipos y herramientas.....	52
3.2.5. Actividad 5 - Ejecución de tarea .....	54
3.2.6. Actividad 6 – Entrega de reparación.....	56
3.3. Análisis comparativo del tiempo total que toma una reparación .....	59
3.4. Análisis comparativo de las horas extras semanales.....	59
3.5. Comparativa del cumplimiento del plan de mantenimiento y reparaciones.....	64
3.6. Resultados obtenidos de la auditoría 5s después de su implementación .....	67
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>70</b>
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>70</b>
4.1. CONCLUSIONES .....	70
4.2. RECOMENDACIONES .....	70
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>71</b>

## ABREVIATURAS

VSM	Value Stream Mapping
PDCA	Plan-Do-Check-Act
5S	Separar, ordenar, limpiar, estandarizar, autodisciplina

## SIMBOLOGÍA

min  
hr

Minutos  
Horas

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Tiempo extra utilizado en el taller.....	2
Figura 1.2 Evidencia de porcentaje de horas extra .....	3
Figura 1.3 Mesa de Operaciones externa .....	4
Figura 1.4 Repisa de materiales y herramientas .....	5
Figura 1.5 Caja de herramientas personal .....	5
Figura 1.6 Diagrama de flujo: Procedimiento aplicado a este proyecto .....	7
Figura 1.7 La casa del Lean Manufacturing (Neto, 2013).....	8
Figura 1.8 Tarjeta roja (Dorbessan, 2016) .....	9
Figura 1.9 Los 5 paso de las 5 S (Neto, 2013).....	10
Figura 2.1 VSM actual .....	16
Figura 2.2 VSM futuro.....	21
Figura 2.3 Representación de horas trabajadas en abril, mayo y junio .....	22
Figura 2.4 Diagrama Causa – Efecto .....	23
Figura 2.5 Mesa de reparaciones interna.....	26
Figura 2.6 Modules de herramientas y de almacenamiento .....	27
Figura 2.7 Caja de herramientas portátil de un técnico .....	27
Figura 2.8 Lista de chequeo previa a la implantación 5S .....	28
Figura 2.9 Tarjeta Roja .....	29
Figura 2.10 Aplicación de tarjetas rojas en repisa de materiales y herramientas .....	30
Figura 2.11 Aplicación de tarjetas rojas en modular de almacenamiento .....	30
Figura 2.12 Aplicación de tarjetas rojas en mesa de reparaciones interna.....	31
Figura 2.13 Repuestos.....	31
Figura 2.14 Armario 1 (Derecha), Armario 2 (Izquierda) .....	32
Figura 2.15 Canastilla de chatarra del taller eléctrico.....	33
Figura 2.16 Caja de herramientas ordenada.....	33
Figura 2.17 Armario de almacenamiento ordenado .....	34
Figura 2.18 Limpieza de armario de materiales y herramientas .....	35
Figura 2.19 Mesa de reparaciones interior limpia.....	35
Figura 2.20 Instructivo de limpieza.....	36
Figura 2.21 Armario de almacenamiento etiquetado.....	37
Figura 2.22 Armario de materiales y herramientas etiquetado .....	38
Figura 2.23 Tablero de herramientas principales en mesa de reparaciones interior.....	39
Figura 2.24 Registro de cumplimiento de actividades de limpieza .....	39
Figura 2.25 Cronograma de actividades para reparaciones emergentes .....	40
Figura 2.26 Procedimiento de reparación de un generador eléctrico .....	40
Figura 2.27 Procedimiento de reparación de una amoladora eléctrica angular .....	41
Figura 2.28 Procedimiento de reparación de un taladro eléctrico.....	41
Figura 2.29 Formato de entrega de un equipo reparado .....	42
Figura 2.30 Formato de lista de chequeo para auditoría 5S.....	43
Figura 3.1 Resultado obtenido de Minitab - Prueba T e IC de dos muestras – Act. 1.....	46
Figura 3.2 Diagrama de cajas comparativo para actividad 1 .....	46

Figura 3.3 Resultado obtenido de Minitab - Prueba T e IC de dos muestras – Act. 2.....	48
Figura 3.4 Diagrama de cajas comparativo para actividad 2.....	49
Figura 3.5 Resultado obtenido de Minitab - Prueba T e IC de dos muestras – Act. 3.....	51
Figura 3.6 Diagrama de cajas comparativo para actividad 3.....	51
Figura 3.7 Resultado obtenido de Minitab - Prueba T e IC de dos muestras – Act. 4.....	53
Figura 3.8 Diagrama de cajas comparativo para actividad 4.....	54
Figura 3.9 Resultado obtenido de Minitab - Prueba T e IC de dos muestras – Act. 5.....	55
Figura 3.10 Diagrama de cajas comparativo para actividad 5.....	56
Figura 3.11 Resultado obtenido de Minitab - Prueba T e IC de dos muestras – Act. 5.....	58
Figura 3.12 Diagrama de cajas comparativo para actividad 6.....	58
Figura 3.13 Comparativo del Tiempo promedio de realizar una reparación .....	59
Figura 3.14 Representación de horas trabajadas en abril, mayo, junio, julio y agosto.....	64
Figura 3.15 Entrega de amoladora al área civil.....	66
Figura 3.16 Entrega de cargador de baterías al área mecánica.....	66
Figura 3.17 Entrega de generador al área mecánica .....	67
Figura 3.18 Entrega de taladro al área civil.....	67
Figura 3.19 Evaluación de Ing. Paola Carrión representante de Recursos Humanos .....	68
Figura 3.20 Evaluación de Técnico. Wilson Cashindo representante del taller eléctrico ..	68
Figura 3.21 Evaluación de Ing. Tatiana Sánchez mentora del proyecto .....	68
Figura 3.22 Fotografía tomada el 3 de septiembre al finalizar la auditoría .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Porcentaje de cumplimiento del plan de mantenimiento y reparaciones</i> .....	4
Tabla 2 Actividades que se realizan durante el proceso de una reparación de equipo eléctrico .....	12
Tabla 3 Registro de tiempos de Actividad No. 1.....	13
Tabla 4 Registro de tiempos de Actividad No. 2.....	13
Tabla 5 Registro de tiempos de Actividad No. 3.....	14
Tabla 6 Registro de tiempos de Actividad No. 4.....	14
Tabla 7 Registro de tiempos de Actividad No. 5.....	14
Tabla 8 Registro de tiempos de Actividad No. 6.....	15
Tabla 9 Clasificación de actividades .....	17
Tabla 10 Total de horas de técnicos eléctricos en abril, mayo y junio .....	22
Tabla 11 Plan de acción .....	24
Tabla 12 Pilares de las cinco S.....	28
Tabla 15 Toma de tiempos para actividad 1 en el mes de junio.....	44
Tabla 16 Toma de tiempos para actividad 1 en el mes de agosto.....	45
Tabla 17 Toma de tiempos para actividad 2 en el mes de junio.....	47
Tabla 18 Toma de tiempos para actividad 2 en el mes de agosto.....	47
Tabla 19 Toma de tiempos para actividad 3 en el mes de junio.....	49
Tabla 20 Toma de tiempos para actividad 3 en el mes de agosto.....	50
Tabla 21 Toma de tiempos para actividad 4 en el mes de junio.....	52
Tabla 22 Toma de tiempos para actividad 4 en el mes de agosto.....	52
Tabla 23 Toma de tiempos para actividad 5 en el mes de junio.....	54
Tabla 24 Toma de tiempos para actividad 5 en el mes de agosto.....	54
Tabla 25 Toma de tiempos para actividad 6 en el mes de junio.....	56
Tabla 26 Toma de tiempos para actividad 6 en el mes de agosto.....	57
Tabla 27 Toma de tiempos del mes de junio global .....	60
Tabla 28 Cálculo de promedio de horas extras semanales en el mes de junio .....	61
Tabla 29 Toma de tiempos del mes de agosto global .....	62
Tabla 30 Cálculo de promedio de horas extras semanales en el mes de agosto .....	63
Tabla 31 Total de horas mensuales por cada técnico eléctrico .....	64
Tabla 33 Porcentaje de cumplimiento del plan de mantenimiento y reparaciones.....	65

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Antecedentes

La constructora objeto de este estudio, fue constituida en 1969 es una empresa líder en construcción y gerencia de infraestructura, trabaja en obras principalmente en las áreas de vialidad, puentes, túneles, saneamiento, electrificación, puertos, riego y edificaciones. Estos proyectos contribuyen con la competitividad de Ecuador, clave para consolidar el crecimiento económico y apoyar la tarea de inclusión social. Además de conseguir una mayor integración y mejor conectividad entre poblaciones, pueblos, cantones, ciudades, provincias y regiones que garanticen el desarrollo sostenible del país.

En el año 2017 la compañía empieza una de sus obras más importantes, la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sistema sur de la ciudad de Guayaquil, esta ciudad está ubicada en la descarga de la cuenca del río Guayas hacia el Océano Pacífico por el este, y por el oeste está rodeado por el Estero Salado. El objetivo de esta obra es alcanzar el acceso universal sostenible a los servicios de alcantarillado sanitario de la cuenca Las Esclusas, al sur de Guayaquil, con esto busca mejorar las condiciones ecológicas y ambientales de los cuerpos de agua de la ciudad de Guayaquil (Río Guayas y Estuario del Salado).

Esta obra beneficiará a una población de 1'077,948 habitantes (censo del 2010) de la zona sur de la ciudad de Guayaquil, y en forma específica a los ciudadanos de los sectores de Isla Trinitaria, Guamo y Suburbio Oeste, donde se reestablecerá la red de alcantarillado (Suburbio oeste) y se instalarán las conexiones intradomiciliarias.

Para la construcción de este magno proyecto y dado que tomaría aproximadamente 5 años finalizar la construcción, la empresa construyó su propio campamento que cuenta con vivienda para los trabajadores, oficinas, bodega, cocina, comedor, canchas, consultorio médico, talleres mecánico y eléctrico que servirán de soporte para sacar adelante la obra.

El taller eléctrico será el foco de atención dado que en él se realizan mantenimientos y reparaciones constantes que se requieren en el transcurso de la obra. Sin embargo, al no tener un orden en los materiales, el personal técnico realiza varios movimientos antes de realizar una actividad. Esto no solo retrasa el avance de la obra, también existe desperdicio de horas que se pueden invertir realizando alguna otra reparación.

También actualmente se presentan retrasos en la entrega de la obra debido al incumplimiento de los subcontratistas, la planificación programada no se cumple al 100% debido a no respetar las medidas de seguridad, falta de comunicación entre las áreas civil, eléctrica y mecánica y el tiempo elevado de espera por la falta de algún equipo en especial que no permite que el proceso continúe su curso.

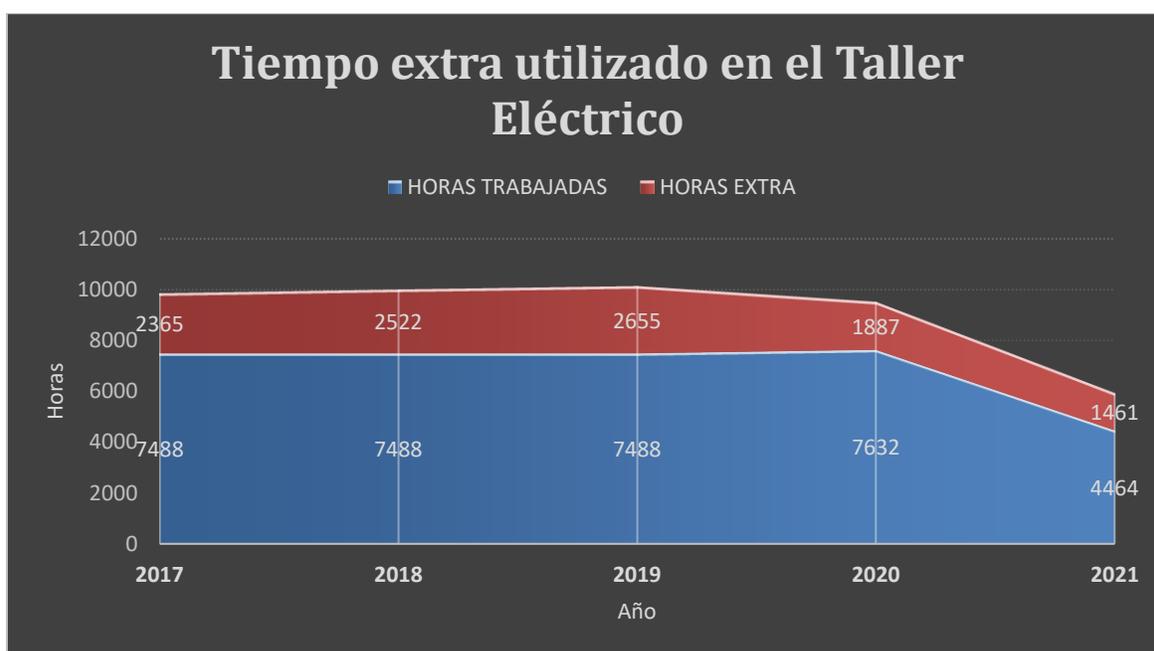
Adicional a los retrasos, también existen los cambios realizados en el diseño y la no conformidad respecto a las especificaciones técnicas, esto hace que el tiempo se extienda hasta que los pasos anteriores o mal ejecutados sean corregidos y se llegue a un acuerdo

que deje satisfecho al cliente. Lo anterior incluye las horas de esfuerzo invertidas por el personal en un trabajo que deberá repetirse.

## 1.2. Descripción del problema

Elevado tiempo invertido por el personal del taller eléctrico en actividades que no agregan valor y movimientos innecesarios que posteriormente son retrasos en la entrega de las actividades planificadas de la obra desde febrero de 2017, se evidencia que se utiliza el 32% más del tiempo necesario diariamente, esto en una jornada laboral de 8 horas diarias equivale a 2 horas y media extras y se sabe que el cronograma semanal de mantenimientos se cumple solo el 71% cuando debería cumplirse el 100%.

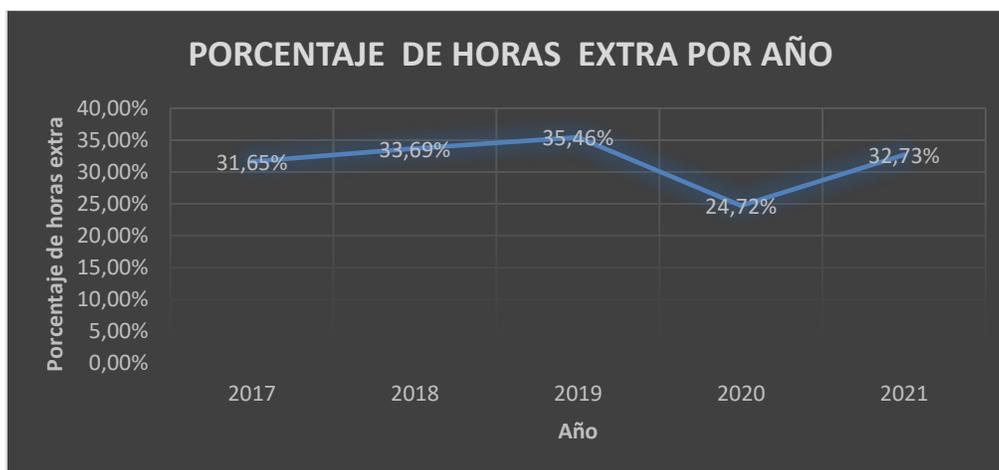
De la evidencia encontrada desde febrero de 2017, en la figura 1.1 se observa las horas extra que se utilizan adicionales a una jornada laboral normal de 48 horas semanales.



**Figura 1.1 Tiempo extra utilizado en el taller**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes

Al convertir esas horas extra utilizadas por el técnico en un porcentaje equivalente se puede ver en la figura 1.2 que es un promedio estimado del 32% a partir del año 2017 hasta la actualidad.



**Figura 1.2 Evidencia de porcentaje de horas extra**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes

El problema radica en que los técnicos invierten tiempo en actividades que no agregan valor, sino que generan desperdicios que posteriormente se convierten en retrasos para la entrega de las actividades planificadas de la obra.

La toma de decisiones informales basadas en la experiencia de los técnicos en el transcurso de los días hace que no se cumpla el plan de mantenimiento y de actividades preestablecidas, lo que genera altos costos tales como el pago de horas extras, el nivel de satisfacción de otras áreas que necesitan las reparaciones de los diferentes equipamientos eléctricos y sobre todo el nivel de servicio al cliente final dado que retrasa la entrega de la obra.

El problema del incumplimiento en las actividades tiene solución al identificar los desperdicios que se generan, eliminando las actividades que no agregan valor y determinar las herramientas convenientes de manufactura esbelta que puedan contribuir con la mejora.

La tabla 1 presenta el porcentaje de cumplimiento en los meses abril, mayo y junio basado en el plan de reparaciones y mantenimiento, este plan se realiza mediante un listado de actividades semanales que se programan en base al cronograma de entrega del proyecto.

Al final de la jornada semanal se verifican los puntos cumplidos y no cumplidos. Según la revisión realizada se cumple solamente en un 71% y esto a su vez tiene un gran impacto en el área civil y mecánica que son los que más demandan de equipos eléctricos para continuar sus labores, es decir que estas áreas también presentan retrasos en sus cronogramas planificados.

**Tabla 1** Porcentaje de cumplimiento del plan de mantenimiento y reparaciones

MES	SEMANA	PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO
ABRIL	Semana 1	65%
	Semana 2	68%
	Semana 3	80%
	Semana 4	76%
MAYO	Semana 1	95%
	Semana 2	62%
	Semana 3	50%
	Semana 4	74%
JUNIO	Semana 1	78%
	Semana 2	87%
	Semana 3	63%
	Semana 4	59%

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

Según planilla de pagos a los trabajadores, en los últimos 3 meses se ha realizado el pago de 16 horas extras semanales a cada técnico eléctrico, esto es porque existen tiempos muertos durante la ejecución de las actividades, búsqueda de herramientas y materiales.

La observación realizada por medio de un recorrido del taller nos permite encontrar oportunidades de mejora que se presentan en las figuras 1.3, 1.4, y 1.5.

**Figura 1.3** Mesa de Operaciones externa

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021



**Figura 1.4 Repisa de materiales y herramientas**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021



**Figura 1.5 Caja de herramientas personal**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021

Durante el recorrido se pudo ver que no existe un lugar para los elementos recurrentes, tampoco hay un procedimiento preciso para la realización de cada actividad, por ello buscan priorizar lo que a su criterio tiene más importancia, dejando de lado la planificación establecida.

Al no tener en orden sus herramientas, materiales y accesorios el tiempo que se invierte en solamente buscar los implementos adecuados se vuelve muy amplio y la actividad continua en espera sin ser atendida. El otro personal de obra se queda sentado esperando a que le reparen su equipo y las horas sin haber trabajado son un desperdicio que no agrega valor en lo absoluto.

### **1.3. Objetivo general**

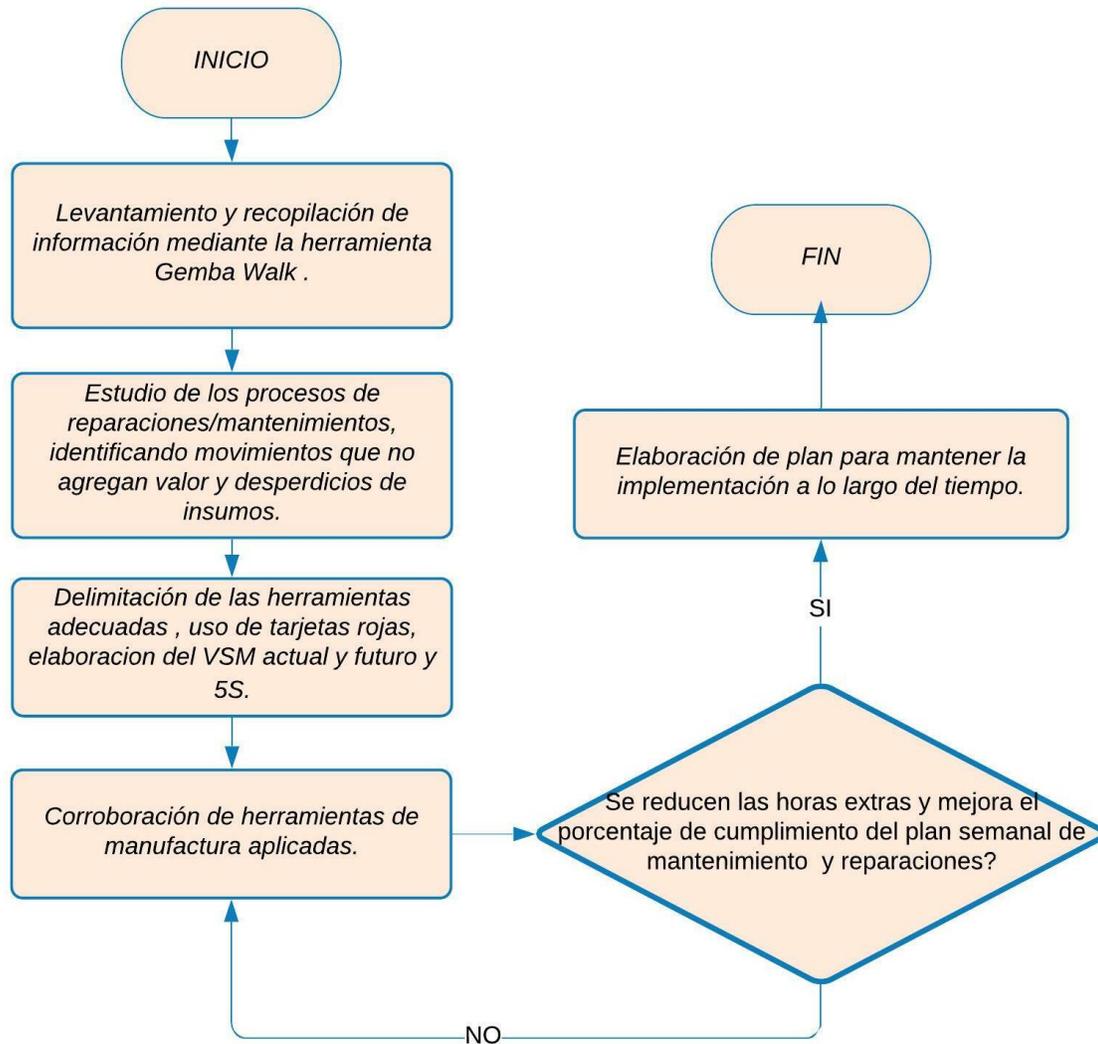
Reducir el tiempo invertido en movimientos innecesarios en el taller eléctrico a través de la implementación de herramientas de Manufactura Esbelta.

### **1.4. Objetivos específicos**

- Mapear la cadena de valor e identificar desperdicios y oportunidades de mejora.
- Aplicar herramientas de Manufactura Esbelta para reducir tiempos.
- Evaluar los resultados a través de la comparación del tiempo invertido en actividades que no agregan valor y de las horas extra pagadas semanalmente a los técnicos eléctricos, y del porcentaje de cumplimiento de plan de mantenimiento del taller, antes y después de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta.

### **1.5. Metodología a aplicar**

Para realizar este proyecto de graduación primero se va a realizar un levantamiento de información, luego se identificará las actividades que no agregan valor y se identificarán los desperdicios, después se utilizará las herramientas de manufactura esbelta: herramienta de tarjetas rojas, VSM y 5S. Se realizará una comprobación de que las herramientas obtuvieron los resultados esperados y finalmente se elaborará un plan que permita mantener la implementación de las herramientas a lo largo del tiempo. En la figura 1.4 se ve el procedimiento de la metodología plasmado en un diagrama de flujo.



**Figura 1.6 Diagrama de flujo: Procedimiento aplicado a este proyecto**

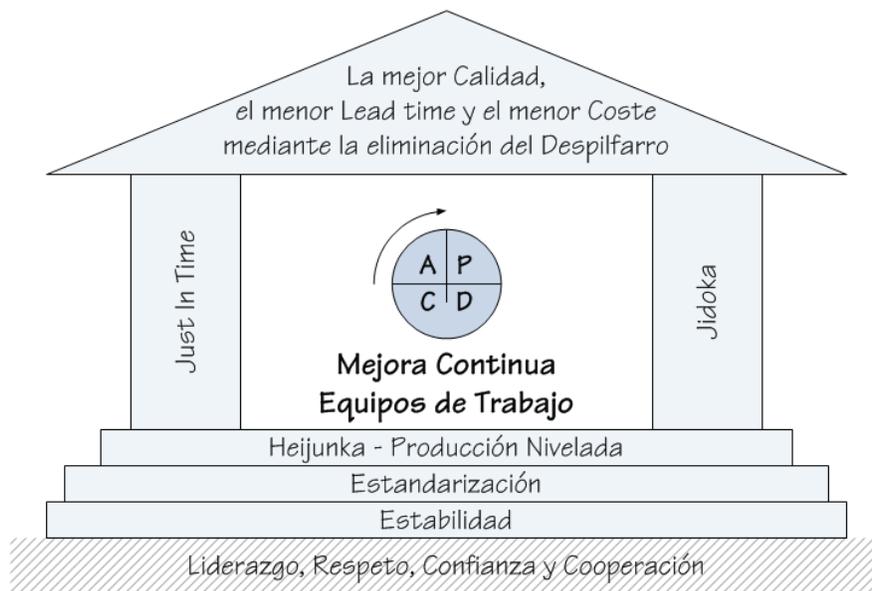
Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021

La relación de las 5S con la vida personal parte del hecho de que muchas veces, e incluso sin darnos cuenta, cuando se realizan actividades propias del hogar como el mantener organizados y en los lugares apropiados artículos tales como: La basura, las toallas, las herramientas, la ropa, etc., se encuentra que muchos de esos artículos o sobran o están mal ubicados, por lo tanto, cuando la casa está sucia da sensación de desánimo, pereza, desorden. Lo que es peor en el lugar de trabajo; y bajo estas condiciones se tiende a funcionar de una manera menos eficiente (Arrieta, 2012).

Antes de comenzar a desechar lo que no es necesario, primero se realizará un levantamiento de información que permita identificar los materiales, insumos y equipos necesarios para el día de trabajo de un técnico en el taller eléctrico. Esto permitirá conocer las actividades que realizan y sus necesidades.

Se aplicará la herramienta Gemba Walk para determinar los problemas que surgen día tras día y entender a los técnicos cómo realizan cada uno de sus trabajos y cuáles son verdaderamente las dificultades que se presentan. El proceso consistirá en acompañarlos durante toda una semana, realizar preguntas relevantes, enfocarnos en el proceso y tomar notas sobre todo lo observado. La oportunidad de ver de primera mano lo que realmente sucede nos permitirá comprender cada tarea realizada en el taller.

El VSM es una potente metodología que nos ayudará a definir el camino y los hitos para la implantación del Lean Manufacturing en la fábrica. Mediante la puesta en práctica de sucesivos ciclos de mejora PDCA se irá avanzando de hito en hito hacia una fábrica más eficiente, con menos desperdicio: una fábrica lean (Neto, 2013).



**Figura 1.7 La casa del Lean Manufacturing (Neto, 2013)**

En los talleres la generación de desperdicios es habitual, por consiguiente, es necesario conocer el proceso y todos participantes que intervienen. Se utilizará la herramienta VSM para ver, analizar y mejorar el flujo de cada actividad. El primer VSM que se realizará es el de estado actual, lo que representa como se lleva a cabo un proceso al momento presente, en él se reconocerá que actividades añaden valor o no. Para realizarlo se debe recolectar toda la información posible al observar e identificar los principales procesos y su tiempo invertido en cada uno. Luego se hará una visión al estado futuro, en esta fase se definirá como puede funcionar el proceso a corto plazo, para lograrlo es necesario practicar un A3 que es un método estructurado que nos permitirá plantear soluciones. Posteriormente se dibujará el VSM futuro que será el ideal donde se garantizará que no existan desperdicios, aquí siempre se buscará tener la perfección y lo que se desea que pase en todas las áreas del proyecto de construcción.

También realizará la metodología de las tarjetas rojas para clasificar los materiales y equipos y elegir si se desecha o se coloca en otra área, de esta forma se mantendrá lo esencial cerca de ellos para realizar sus actividades. Con este antecedente se procederá a ordenar los elementos, dando al técnico la facilidad de encontrarlos y utilizarlos fácilmente.



**Figura 1.8 Tarjeta roja (Dorbessan, 2016)**

Las tarjetas rojas se adjuntan a todos los objetos innecesarios; deben indicar el destino que el grupo les asignó evitando que se mezclen con los necesarios (Dorbessan, 2016).

El desorden ocasiona búsquedas y desplazamientos innecesarios. Las búsquedas son un despilfarro de tiempo en sí mismas y una fuente de variación. El orden contribuye directamente a la eliminación de las búsquedas y la reducción de los desplazamientos del operario, y nos permite conocer en todo momento si nos falta algún elemento necesario. El orden reduce el despilfarro y la variación (Neto, 2013).

A continuación, se hará la limpieza del área, esto permitirá que el deterioro de materiales y equipos no sea rápido y eliminar los focos de suciedad.

A menudo el personal tiende a ver la limpieza como un trabajo que no es parte de su día a día, en este punto se establecerá una comunicación con los técnicos para que ellos poco a poco puedan ir captando y comprendiendo que la limpieza es fundamental para obtener un trabajo de excelente calidad.

Una buena comunicación contribuye a: Lograr formas más productivas es darse cuenta de la forma como se maneja la comunicación. Un buen manejo del diálogo, sin agredir o descalificar al otro permite ante una situación dada que se logren acuerdos en forma rápida y con menor esfuerzo (Dorbessan, 2016).

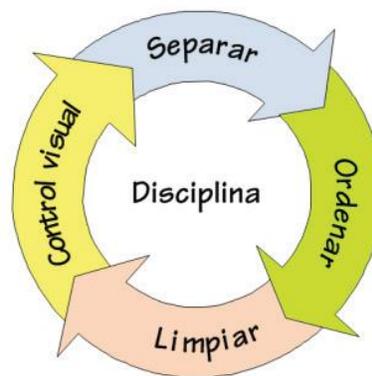
Lo más difícil de todo proceso siempre es mantenerse, por ello es necesario instruir al personal con las normas vigentes y capacitarlos.

El Lean Manufacturing aporta a la estandarización un estándar singular denominado hoja de trabajo estándar. Esta herramienta sirve para estandarizar el método conocido más eficiente, más sencillo y seguro conforme al cual realizar un determinado trabajo repetitivo. Se centra en los movimientos cíclicos del operario y su relación con las máquinas, los materiales y el tiempo. Es indispensable para reducir el despilfarro y la variación en los movimientos repetitivos del operario (Neto, 2013).

Si las reglas de la organización no son inteligentes, garantizan a sus miembros una libertad considerable para adoptar decisiones por cuenta propia; para que sus decisiones sean correctas es necesario que las acciones se ajusten a metas y objetivos de la organización y esto se logra a partir de normas claras (Dorbessan, 2016).

Adicional se colocará toda la señalética necesaria para que los técnicos puedan tener una mejor visualización de los materiales y equipos de primera necesidad.

Para implantar las cinco S en un área piloto, se necesita un panel de gestión donde, para cada S, se mostrará su definición, ejemplos con fotos del antes y el después, una lista de acciones realizadas/pendientes y un indicador. Una vez que las cinco S hayan sido implantadas y se haya asegurado de que los resultados se mantienen a lo largo del tiempo, se podrá retirar el panel de gestión. No obstante, se seguirá realizando auditorías periódicas y se mantendrá un indicador global de la evolución de las cinco S. Son frecuentes los fracasos en la implantación y mantenimiento de las cinco S, generalmente debidos a la falta de visión, rigor y constancia por parte de la dirección. Si no se alcanza y se mantiene un nivel correcto de cinco S será muy difícil avanzar en la implantación de otras metodologías del Lean Manufacturing (Neto, 2013).



**Figura 1.9 Los 5 paso de las 5 S (Neto, 2013)**

Finalmente, y el objetivo principal de este proyecto es crear la cultura de mantener la metodología a lo largo del tiempo. Esto implica la disciplina y para ello se requiere del aporte de todos los involucrados para que ellos continúen este camino y les impartan conocimientos tanto a sus compañeros de otros talleres como a futuros trabajadores de la empresa.

## **1.6. Resultados esperados**

Se espera reducir un 75% el tiempo invertido diario en movimientos innecesarios en el taller eléctrico, esto equivale a 2 horas diarias en una jornada de 8 horas de trabajo. El fin de este proyecto también es dejar implementadas las herramientas de manufactura esbelta, sobre todo cambiarles a los técnicos su manera de pensar para que las herramientas se apliquen a lo largo del tiempo y puedan extenderse a otras áreas de la empresa.

# CAPÍTULO 2

## 2. APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE MANUFACTURA ESBELTA

### 2.1. Introducción

En este capítulo se va a realizar la identificación de los desperdicios, equipos y materiales que no se utilizan y actividades que no agregan valor que generan el pago de horas extra, esto nos ayudará a visualizar las actividades más importantes que demandan más horas de trabajo.

Luego se atacará los principales problemas y se determinará las oportunidades de mejora existentes para resolver los conflictos presentados en el taller eléctrico.

### 2.2. Descripción del proceso de reparar un equipo eléctrico

El proceso de reparar un equipo eléctrico se basa en los requerimientos que las áreas civil, mecánica y administrativa realizan fundamentalmente para seguir con el avance de la obra.

Las principales máquinas que se reparan son las siguientes:

- Generadores
- Amoladoras
- Taladros
- Martillos
- Motores

En este caso lo primero que se realiza es una solicitud escrita a mano por departamento, esta llega al taller eléctrico y es recibida por el jefe de taller quien procede a revisar cual es el requerimiento.

Una vez revisada la solicitud, ésta es aprobada por el mismo jefe y es el mismo quien se encarga de entregársela al técnico designado.

Cuando el técnico elegido recibe la solicitud, él procede a elaborar el procedimiento de reparación que es una hoja escrita por ellos donde describen paso a paso lo que van a realizar. Con lo descrito hacen la recolección de equipos, materiales e insumos que van a requerir para la reparación y preparan el área de trabajo, si la reparación es dentro del taller deben desocupar la mesa de trabajo que comúnmente está llena de objetos o la alternativa es que la reparación sea directamente en obra, lo cual implica que ellos deben trasladarse a pie a la obra con su caja de herramientas completa acorde al procedimiento que realizaron.

Una vez preparada el área de trabajo con los equipamientos necesarios proceden a ejecutar la tarea de, al finalizar preparan un reporte que es entregado personalmente al jefe de taller donde indican que el equipo se encuentra funcionando y reparado, durante la entrega del

reporte el jefe constata lo que dice el reporte y finalmente es el jefe de taller quien se encarga de la entrega de la reparación al área que realizó el requerimiento.

### 2.3. Realización de mapa de situación actual

En este caso, se eligió el proceso más común que se realiza en el taller, las reparaciones de equipos eléctricos que se describieron en el apartado anterior.

El proceso de una reparación de equipo eléctrico consta de las siguientes actividades, conforme se ve en la tabla 2.

**Tabla 2 Actividades que se realizan durante el proceso de una reparación de equipo eléctrico**

Actividad No.	Operación	Tiempo de Procesamiento	Medidas	Número de operadores	Inventario después de cada actividad
1	Solicitud de reparación	28	min/reparación	3	9
2	Revisión y Aprobación de reparaciones	67	min/reparación	1	4
3	Elaboración de procedimiento	39	min/reparación	3	4
4	Preparación de equipos y herramientas	43	min/reparación	3	5
5	Ejecución de tarea	135	min/reparación	3	3
6	Entrega de reparación	23	min/reparación	1	2

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021

La jornada diaria de trabajo normal es de 8 horas, con 1 turno por día y los días laborables en la semana son de lunes a sábado.

El equipo que conforma el taller eléctrico tiene el siguiente personal:

- Jefe de taller
- Técnico eléctrico 1
- Técnico eléctrico 2
- Técnico eléctrico 3

Al realizar la inspección y acompañamiento del trabajo manual realizado por cada técnico del taller, tomando los datos de cada una de las actividades se pudo elaborar el mapa de flujo de valor actual que se representa en la figura 2.1.

Para elaborar el VSM actual se realizó el registro de los tiempos en base a un acompañamiento de 5 días con los técnicos realizando cada reparación, las tablas 3, 4, 5, 6, 7, 8 muestran el registro de los tiempos de cada actividad en base a todo lo observado.

**Tabla 3 Registro de tiempos de Actividad No. 1**

	Fechas de toma de tiempos										
	11/06/2021	unid ad	12/06/2021	unid ad	18/06/2021	unid ad	19/06/2021	unid ad	26/06/2021	unid ad	
	25	min	18	min	32	min	28	min	29	min	<b>PROMEDIO TOTAL</b>
	22	min	22	min	20	min	30	min	27	min	
	23	min	29	min	33	min	30	min	21	min	
	27	min	30	min	29	min	33	min	32	min	
	31	min	29	min	31	min	29	min	31	min	
	21	min	28	min	25	min	24	min	30	min	
	19	min	26	min	29	min	35	min	36	min	
	24	min	30	min	28	min	25	min	38	min	
	28	min		min	24	min	29	min	27	min	
	20	min									
Promedio diario	24	min	27	min	28	min	29	min	30	min	<b>28 min</b>

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021

**Tabla 4 Registro de tiempos de Actividad No. 2**

	Fechas de toma de tiempos										
	11/06/2021	unid ad	12/06/2021	unid ad	18/06/2021	unid ad	19/06/2021	unid ad	26/06/2021	unid ad	
	59	min	42	min	47	min	45	min	51	min	<b>PROMEDIO TOTAL</b>
	63	min	45	min	40	min	47	min	58	min	
	80	min	56	min	41	min	52	min	69	min	
	63	min	62	min	65	min	85	min	72	min	
	93	min	68	min	68	min	65	min	78	min	
	49	min	63	min	74	min	67	min	85	min	
	57	min	69	min	83	min	90	min	88	min	
	73	min	85	min	94	min	98	min	84	min	
Promedio diario	67	min	61	min	64	min	69	min	73	min	

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021

**Tabla 5 Registro de tiempos de Actividad No. 3**

	Fechas de toma de tiempos										
	11/06/2021	unid ad	12/06/2021	unid ad	18/06/2021	unid ad	19/06/2021	unid ad	26/06/2021	unid ad	
	31	min	37	min	41	min	29	min	42	min	<b>PROMEDIO TOTAL</b>
	32	min	32	min	37	min	39	min	43	min	
	36	min	35	min	39	min	45	min	39	min	
	27	min	39	min	37	min	48	min	35	min	
	42	min	42	min	48	min	42	min	41	min	
	45	min	45	min	49	min	43	min	42	min	
Promedio diario	36	min	38	min	42	min	41	min	40	min	<b>39 min</b>

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021

**Tabla 6 Registro de tiempos de Actividad No. 4**

	Fechas de toma de tiempos										
	11/06/2021	unid ad	12/06/2021	unid ad	18/06/2021	unid ad	19/06/2021	unid ad	26/06/2021	unid ad	
	38	min	32	min	29	min	32	min	29	min	<b>PROMEDIO TOTAL</b>
	42	min	26	min	41	min	30	min	62	min	
	45	min	62	min	35	min	44	min	38	min	
	50	min	51	min	46	min	49	min	40	min	
	42	min	49	min	40	min	47	min	45	min	
	41	min	41	min	47	min	62	min	59	min	
	30	min	38	min	38	min	47	min	41	min	
Promedio diario	41	min	43	min	39	min	44	min	45	min	<b>43 min</b>

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021

**Tabla 7 Registro de tiempos de Actividad No. 5**

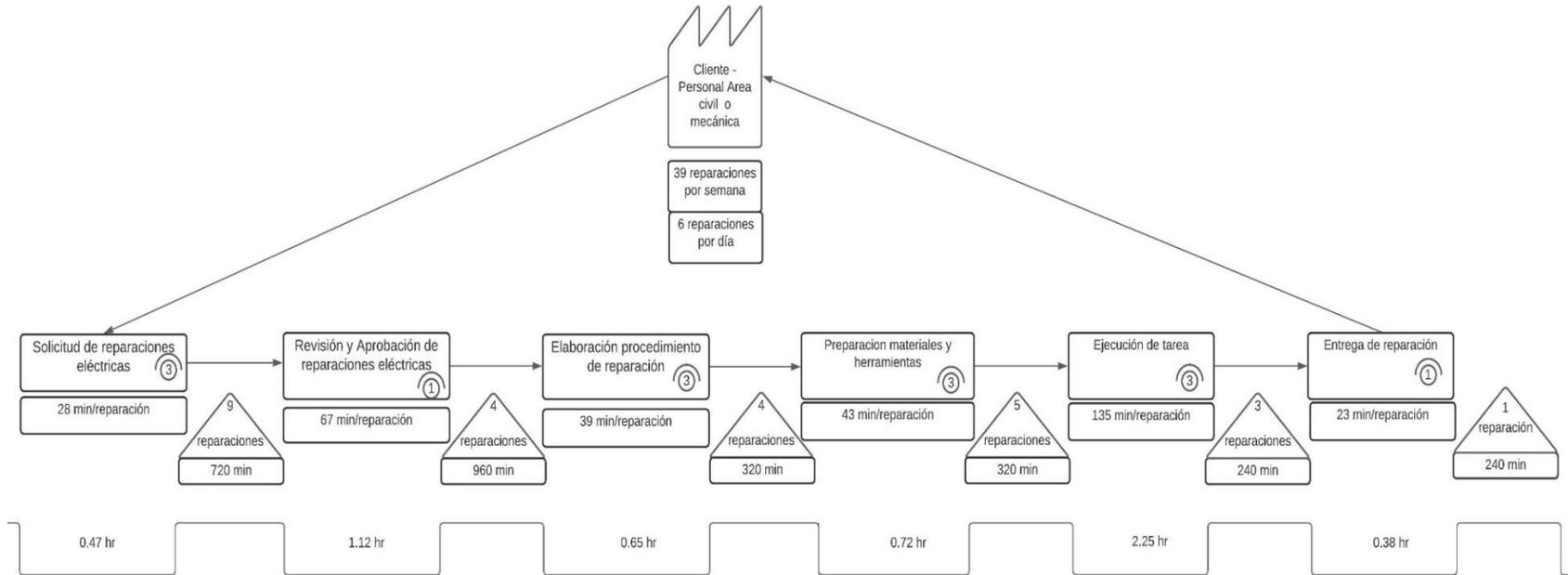
	Fechas de toma de tiempos										
	11/06/2021	unid ad	12/06/2021	unid ad	18/06/2021	unid ad	19/06/2021	unid ad	26/06/2021	unid ad	
	159	min	94	min	128	min	165	min	146	min	<b>PROMEDIO TOTAL</b>
	115	min	145	min	135	min	149	min	164	min	
	154	min	98	min	128	min	124	min	92	min	
	135	min	84	min	147	min	82	min	138	min	
	148	min	162	min	122	min	157	min	127	min	
	186	min	125	min	135	min	141	min	156	min	
Promedio diario	150	min	118	min	133	min	136	min	137	min	

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021

**Tabla 8 Registro de tiempos de Actividad No. 6**

	Fechas de toma de tiempos											
	11/06/2021	unid ad	12/06/2021	unid ad	18/06/2021	unid ad	19/06/2021	unid ad	26/06/2021	unid ad		
<b>Actividad 6</b>	25	min	23	min	26	min	12	min	14	min	<b>PROMEDIO TOTAL</b>	
	14	min	14	min	29	min	32	min	16	min		
	15	min	18	min	17	min	24	min	31	min		
	17	min	24	min	25	min	14	min	28	min		
	28	min	29	min	34	min	17	min	33	min		
	23	min	37	min	20	min	16	min	25	min		
Promedio diario	20	min	24	min	25	min	19	min	25	min	<b>23</b>	<b>min</b>

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021



**Figura 2.1 VSM actual**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

Si se observa el VSM en cuanto a las solicitudes realizadas por el cliente cuando se requiere una reparación, se considera que es una actividad necesaria, pero no agrega valor ya que al cliente que en este caso son compañeros de otros departamentos solo les aporta el tener el equipo arreglado, sin embargo, se hace necesario realizar esta actividad para obtener la reparación en el tiempo adecuado.

Hay un punto débil del proceso de una reparación es que el jefe de taller primero revisa y autoriza las reparaciones solicitadas, esta es una actividad que definitivamente no agrega valor porque se genera un re-trabajo ya que las reparaciones deben realizarse obligatoriamente por el taller eléctrico. No existe posibilidad alguna de rechazar una solicitud a otros departamentos por ello tampoco es necesaria y lo ideal sería eliminarla.

Realizar una reparación siempre implica hacer un procedimiento, esta actividad es necesaria porque permite al técnico tener una visión más exacta del paso que debe seguir acorde al equipo que se esté arreglando, sin embargo, para el cliente esto no agrega valor ya que su única intención es ver el equipo reparado. También cuando los técnicos preparan sus materiales y herramientas deben asegurarse de que todo lo que necesitan está disponible, esto hace a dicha actividad ser necesaria para la ejecución de la reparación, sin embargo, para nuestro cliente sigue significando un valor no agregado ya que su interés solamente se basa en obtener el equipo eléctrico reparado con éxito.

Claramente se tiene que la única actividad que agrega valor al proceso de una reparación es la ejecución de esta, porque el equipo eléctrico reparado es valorado y apreciado por las áreas que lo solicitaron y permite continuar las actividades en obra para dar cumplimiento al proyecto. Es vital que se realicen todas las reparaciones eléctricas necesarias porque de lo contrario se tendría las áreas sin poder realizar sus actividades diarias programadas.

Finalmente se observa que para la entrega de la reparación la única persona que puede actuar es el jefe de taller, esta actividad es necesaria porque se requiere tener un respaldo de que el equipo fue entregado a satisfacción del cliente, sin embargo, al cliente no le aporta ningún valor esa entrega ya que su único fin es obtener el equipo funcionando.

El análisis técnico de cada actividad permitió realizar la siguiente clasificación según la tabla 9 que se muestra a continuación:

**Tabla 9 Clasificación de actividades**

ACTIVIDADES	Agrega Valor	No agrega Valor	Es necesaria	No es Necesaria	Mantener	Eliminar
Solicitud de reparación		x	x		x	
Revisión y Aprobación de reparaciones		x		x		x
Elaboración de procedimiento		x	x		x	
Preparación de equipos y herramientas		x	x		x	
Ejecución de tarea	x		x		x	
Entrega de reparación		x	x		x	

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

La idea fundamental para las actividades que no agregan valor al cliente pero que si son necesarias es intentar reducir sus tiempos, todo con el fin de que cuando se realice la actividad que si agrega valor ya se tengan optimizadas las anteriores y esta sea mucho más fácil de ejecutar.

Con respecto a la actividad que no agrega valor se debe eliminar inmediatamente.

#### **Tiempo de ciclo para solicitud de reparaciones eléctricas**

$$\begin{aligned}
 &= \frac{9 \text{ reparaciones}}{6 \text{ reparaciones por día}} = 1,50 \text{ día} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 36 \text{ horas} \\
 &= 36 \text{ horas/número operadores} = 36 \frac{\text{horas}}{3} = 12 \text{ horas} \\
 &= 12 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} = 720 \text{ minutos}
 \end{aligned}$$

#### **Tiempo de ciclo para la revisión y aprobación de las reparaciones eléctricas**

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4 \text{ reparaciones}}{6 \text{ reparaciones por día}} = 0,66 \text{ día} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 16 \text{ horas} \\
 &= 16 \text{ horas/número operadores} = 16 \frac{\text{horas}}{1} = 16 \text{ horas} \\
 &= 16 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} = 960 \text{ minutos}
 \end{aligned}$$

#### **Tiempo de ciclo para la elaboración del procedimiento de las reparaciones**

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4 \text{ reparaciones}}{6 \text{ reparaciones por día}} = 0,66 \text{ día} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 16 \text{ horas} \\
 &= \frac{16 \text{ horas}}{\text{número operadores}} = 16 \frac{\text{horas}}{3} = 5,33 \text{ horas} \\
 &= 5,33 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} = 320 \text{ minutos}
 \end{aligned}$$

#### **Tiempo de ciclo para la preparación de materiales y herramientas**

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5 \text{ reparaciones}}{6 \text{ reparaciones por día}} = 0,83 \text{ día} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 20 \text{ horas} \\
 &= \frac{20 \text{ horas}}{\text{número operadores}} = 20 \frac{\text{horas}}{3} = 6,66 \text{ horas} \\
 &= 6,66 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} = 400 \text{ minutos}
 \end{aligned}$$

**Tiempo de ciclo para la ejecución de tarea (reparación)**

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3 \text{ reparaciones}}{6 \text{ reparaciones por día}} = 0,50 \text{ día} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 12 \text{ horas} \\
 &= 12 \text{ horas/número operadores} = 12 \frac{\text{horas}}{3} = 4 \text{ horas} \\
 &= 4 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} = 240 \text{ minutos}
 \end{aligned}$$

**Tiempo de ciclo para la entrega de reparación**

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1 \text{ reparación}}{6 \text{ reparaciones por día}} = 0,16 \text{ día} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 4 \text{ horas} \\
 &= 4 \text{ horas/número operadores} = 4 \frac{\text{horas}}{1} = 4 \text{ horas} \\
 &= 4 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} = 240 \text{ minutos}
 \end{aligned}$$

**Cálculo de LEAD TIME**

$$\text{Tiempo AV} = 135 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo NAV} = 67 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo NAVN} = 28 + 39 + 43 + 2 = 133 \text{ min}$$

$$\text{LEAD TIME} = \text{TIEMPO DE PROCESO} + \text{TIEMPO DE ESPERA}$$

$$\text{LEAD TIME} = 135 + 67 + 133 = 335 \text{ minutos}$$

**Cálculo de la Eficiencia del Proceso**

$$\text{EFICIENCIA DEL PROCESO} = \text{TIEMPO AGREGA VALOR/ LEAD TIME}$$

$$\text{EFICIENCIA DEL PROCESO} = \frac{135 \text{ min}}{335 \text{ minutos}}$$

$$\text{EFICIENCIA DEL PROCESO} = 40 \%$$

**2.4. Identificación de oportunidades de mejora**

**Revisión y aprobación de reparaciones solicitadas:** Por orden gerencial, los jefes de todos los talleres deben realizar la revisión y aprobación de actividades entregas de los técnicos, este tiempo que invierte el jefe de taller en revisar al detalle cada requerimiento todos los días se puede emplear en otras actividades, hay días donde él jefe tiene reuniones con otras áreas y sin su revisión no pueden pasar a manos de los técnicos eléctricos que en estas situaciones deben estar en espera para ejecutar una reparación. Se propuso

realizar la revisión y aprobación de las reparaciones y los mantenimientos programados en conjunto con los técnicos el sábado antes de terminar la jornada, queda revisada, impresa y colocada en un lugar donde todos los técnicos tienen el acceso visible para que el lunes al comienzo de la jornada ya sepan su programación semanal. En caso de presentarse una reparación de emergencia, esta podrá ser atendida por el técnico que menos reparaciones planificadas tenga. La idea es eliminar esta actividad dado que es obligación del taller atender todas las solicitudes de reparación.

**Elaboración de procedimiento de reparación:** Para esta actividad se realizó un acompañamiento en sitio y se observó que de las reparaciones que realizan los técnicos existe un determinado grupo de equipos comunes, para esto se propone realizar procedimientos típicos para los equipos más comunes y solo en los casos donde el equipo sea especial se realizará un nuevo procedimiento.

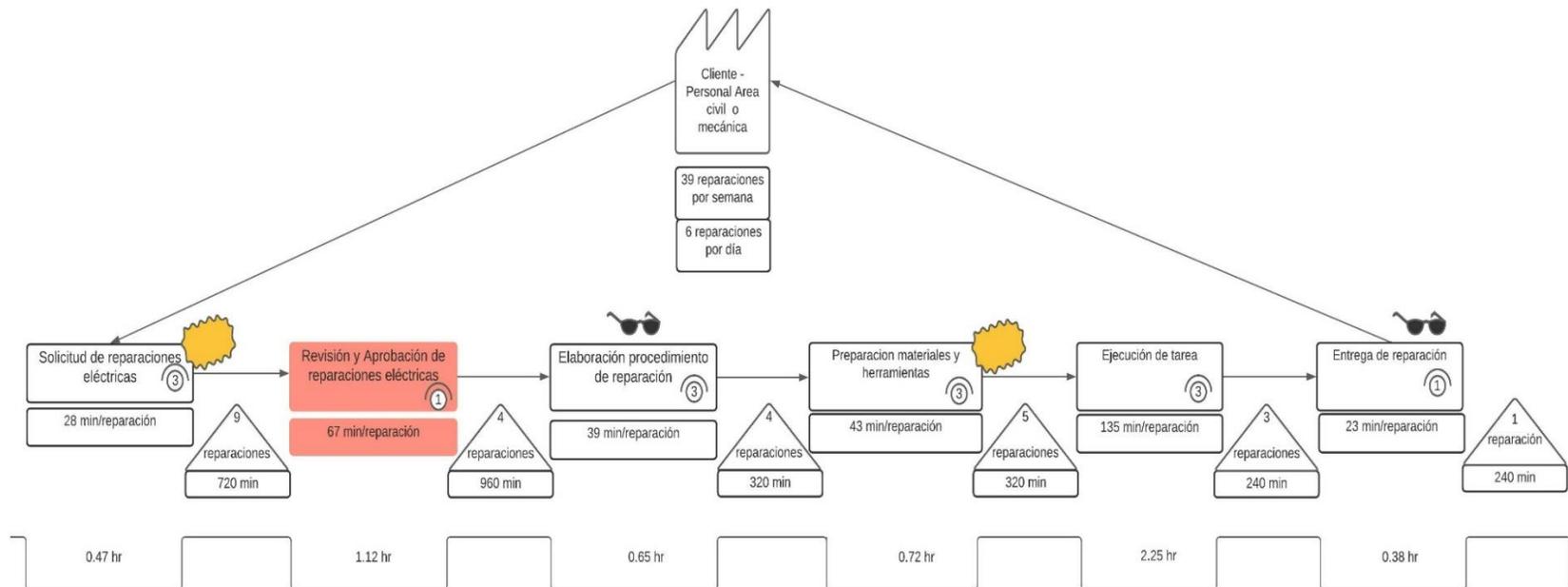
**Preparación de equipos y herramientas:** Este paso genera un bajo desempeño del taller y se considera que es donde más re-trabajo existe ya que sus herramientas no están a la vista, las cajas de herramientas que se llevan cuando la reparación o el mantenimiento es en otro lugar no están listas ni adecuadas con todo lo necesario, aquí existen muchas idas y vueltas al taller por algo que se olvidaron o faltó, incluso a veces ni siquiera las tienen y debe ir a bodega a revisar si las han comprado y de no ser así realizar el requerimiento con aprobación del jefe de taller para su compra, en aquellos casos ya se perdió un día porque la compra se realizará al día siguiente de haber realizado el requerimiento. Estos retrasos generan que otras áreas se retrasen dado que su necesidad del equipo reparado no fue atendida el día que debía cumplirse.

Adicional para los equipos pequeños donde la reparación se realiza dentro del taller se debe tener la mesa de trabajo disponible y que según lo observado la ocupan como una estantería para poner herramientas, equipos o algún insumo. Cuando llega una reparación de un equipo pequeño se debe desocupar esa mesa y eso genera un tiempo adicional que muchas veces se convierte en muy alto ya que los equipos que pusieron en la mesa suelen ser pesados y se requiere del esfuerzo de varios técnicos para poder desocupar la mesa y continuar trabajando. Lo que se propone es limpiar y reubicar todo lo que esté sobre la mesa de trabajo para que esta siempre este limpia y disponible para la ejecución de una reparación o un mantenimiento.

**Entrega de reparación:** Aquí el problema radica en que solamente el jefe de taller puede entregar el equipo al área que lo solicitó, esto implica que mientras no haya sido revisado el reporte del técnico por el jefe, esa máquina reparada o ese mantenimiento programado no tendrá una entrega ya que se debe esperar al jefe. La propuesta de mejora es realizar un formato donde se detalle que el equipo ha sido probado y su reparación fue exitosa, el mismo técnico puede realizar la entrega y al momento de hacerla ese formato debe ser firmado por el responsable que recibe a conformidad el equipo, con esto se puede reducir el tiempo de trabajo al jefe de taller con la revisión y entrega, el reporte del técnico se sigue entregando pero con el respaldo de la entrega, así se liberarán más reparaciones sin tener tiempos de espera largos tanto para los miembros del taller como para las otras áreas que los necesitan.

## 2.5. VSM de la situación futura

La figura 2.2 permite visualizar el VSM futuro



**Figura 2.2 VSM futuro**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

## 2.6. Análisis A3

Para analizar cada problema detectado y plantear las soluciones correctas, se aplicó el método estructurado análisis A3. Esta metodología permitió unir al equipo de trabajo para buscar las soluciones adecuadas sin tener que echarle la culpa a alguien.

EL equipo de trabajo que realizó el análisis es el siguiente:

- Dueño del problema: Técnico Wilson Cachindo
- Mentor: Tatiana Sánchez
- Soporte: Jefe de Taller Jorge Narváez

A continuación, se detallan los 7 componentes del análisis A3.

### 2.6.1. Descripción del problema

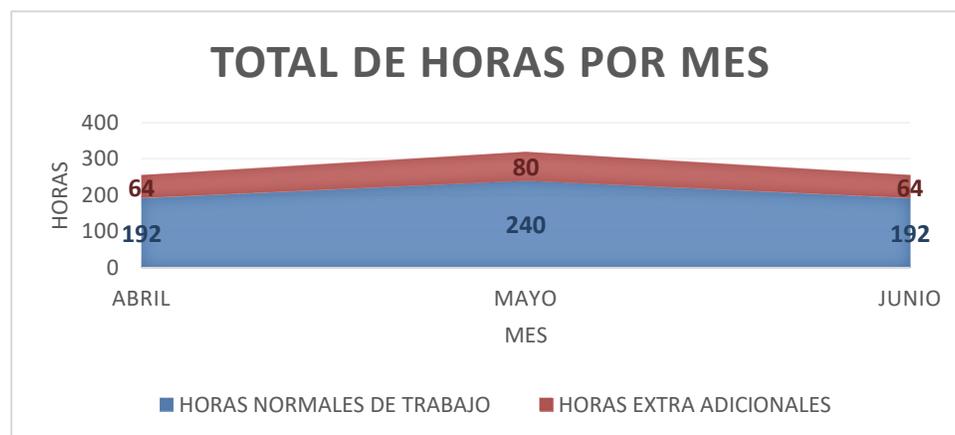
Elevado tiempo invertido por el personal del taller eléctrico en actividades que no agregan valor y movimientos innecesarios que posteriormente son retrasos en la entrega de las actividades planificadas desde abril a junio del presente año, se evidencia que se utiliza el 33.33% más del tiempo necesario diariamente, y se sabe que el horario semanal de trabajo es una jornada diaria de 8 horas laborables de lunes a sábado.

### 2.6.2. Situación actual del problema

**Tabla 10 Total de horas de técnicos eléctricos en abril, mayo y junio**

TOTAL DE HORAS MENSUALES – POR CADA TÉCNICO ELÉCTRICO			
MES	HORAS NORMALES DE TRABAJO	HORAS EXTRA ADICIONALES	PORCENTAJE DE HORAS EXTRA ADICIONALES
ABRIL	192	64	33,33%
MAYO	240	80	33,33%
JUNIO	192	64	33,33%

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021



**Figura 2.3 Representación de horas trabajadas en abril, mayo y junio**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### 2.6.3. Objetivo

El objetivo es reducir el tiempo invertido en movimientos innecesarios en un 25%, de 33.33% (Promedio de abril a junio del presente año) a 25% (Objetivo del mes de Julio y agosto del mismo año).

### 2.6.4. Análisis del problema

Seguidamente se describen las causas probables y subcausas que explican con más detalle el problema de los elevados tiempos invertidos en actividades que no agregan valor, es fundamental conocer las causas raíz, por eso se utilizó la herramienta de análisis Diagrama de Causa Efecto que se puede ver a continuación en la figura 2.4.

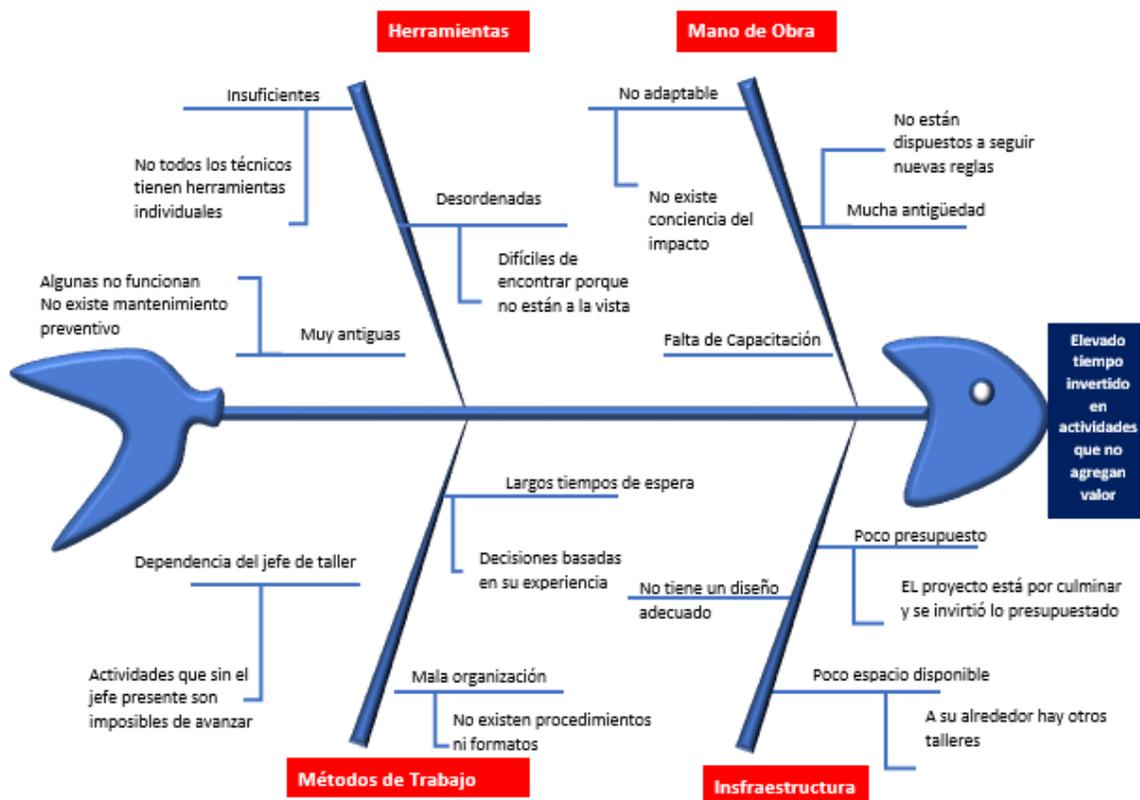


Figura 2.4 Diagrama Causa – Efecto

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

## 2.6.5. Plan de acción para corregir el problema

Tabla 11 Plan de acción

ID	¿Qué hacer?	¿Cómo hacerlo?	¿Quién lo hace?	¿Cuándo lo hace?		Resultado esperado	Estatus
				Inicio	Fin		
1	Hablar con gerencia para que permita que las solicitudes de reparaciones se realicen vía electrónica	Comunicar al personal de otras áreas que solo se recibirán las solicitudes vía correo	Jefe de taller y mentor	4/7/2021	6/7/2021	Reducir el tiempo que se toma en realizar una solicitud manualmente	Terminado
2	Dejar impresa una hoja con las reparaciones programadas para cada técnico	Imprimir el cronograma de reparaciones y colocar en un lugar a la vista de todos	Jefe de taller, técnico del taller y mentor	7/7/2021	10/7/2021	Eliminar el tiempo invertido de revisión y aprobación	Terminado
3	Elaborar procedimientos típicos con los técnicos eléctricos	Reunir al personal e identificar los equipos eléctricos que mayores reparaciones se les realiza, acordar un procedimiento con ellos	Jefe de taller, técnico del taller y mentor	11/7/2021	14/7/2021	Reducir el tiempo que se toma en elaborar un nuevo procedimiento o en cada reparación	Terminado
4	Revisar que todos los técnicos posean herramientas de trabajo individuales	Comparar cada caja de herramientas de los técnicos y verificar si tienen la misma cantidad en cada una	Técnico del taller y mentor	15/7/2021	18/7/2021	Reducir el tiempo que se toma en preparar las herramientas y materiales para una reparación	Terminado
5	Limpiar y reubicar todo lo que es innecesario en el taller	Identificar con tarjetas rojas lo que puede reubicarse o desecharse.	Técnico del taller y mentor	18/7/2021	25/7/2021	Reducir el tiempo que se toma en preparar las herramientas y materiales para una reparación	Terminado
6	Ordenar las cajas de herramientas	Ordenar en base a la frecuencia de uso de cada herramienta, para que lo más habitual esté encima y siempre disponible	Técnico del taller y mentor	26/7/2021	28/7/2021	Reducir el tiempo de ejecución de reparación	Terminado

7	Realizar un formato de entrega de reparación	Reunir al personal y comunicar que, en base a ese formato, todos los técnicos podrán realizar la entrega sin presencia del jefe y ese documento es el respaldo para constatar que la reparación fue exitosa	Jefe de taller r y mentor	29/7/2021	31/7/2021	Reducir el tiempo que se debe esperar para la entrega de una reparación	Terminado
---	----------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------	-----------	-----------	-------------------------------------------------------------------------	-----------

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

De acuerdo con el ID de cada mejora se describe a continuación lo que se hizo en cada una:

- En la mejora 1 se realizó una reunión con gerencia para que autorice que las solicitudes de reparaciones se realicen de manera electrónica, en este caso vía correo electrónico. Con el jefe de taller se visitó el departamento civil y el departamento mecánico para realizar la comunicación y que las solicitudes se envíen por correo al taller.
- En la mejora 2 se estableció una reunión interna del taller y se llegó a un acuerdo con los técnicos para que las solicitudes que lleguen sean revisadas y en conjunto repartirlas a cada uno por igual, es un trabajo que solo el jefe de taller venía realizando, pero ahora se los involucró más a los técnicos. Todas las semanas turnándose uno de ellos deja impresa una hoja donde se detallan las reparaciones y quien es el responsable de realizarlas, de esta manera se ganaba tiempo para continuar con las labores sin tener que esperar a que el jefe venga a revisar y autorizar dicha solicitud.
- Para la mejora 3 el técnico Wilson Cashindo con el soporte del jefe Jorge Narváez realizaron un análisis de los equipos más comunes que se reparan, aquí aportaron todos los técnicos ya que en conjunto se iba escribiendo el paso a paso de cada uno. Se alcanzó a realizar 3 procedimientos para los equipos más comunes: generador, amoladora y taladro.
- Durante la mejora 4 se revisó las cajas de herramientas de cada técnico, dando como resultado que solamente 2 técnicos cuentan con todo lo necesario, el tercer técnico siempre debe pedir a sus compañeros sus herramientas ya que las que tiene son escasas, por eso se solicitó la compra a bodega de las herramientas faltantes,
- Las mejoras 5 y 6 se explicarán en el apartado 2.7. con la aplicación de 5S.
- La mejora 7 permite al técnico ser responsable de su actividad, por ello en conjunto se realizó un formato tipo acta de entrega para que cuando el cliente interno reciba su equipo reparado, este firme la conformidad y el técnico tenga el respaldo de que reparó el equipo. Esta actividad antes era realizada solamente por el jefe, pero ahora se propuso hacerlo así para ganar tiempo y no interferir en las otras actividades que él tiene.

## 2.7. Aplicación de 5S

5S va a ayudar a reducir el tiempo que se despilfarra al realizar una reparación, así se mejora la competitividad de la compañía para permitirse ofrecer mejores tiempos de entrega comenzando en el taller eléctrico y a su vez impactando en el avance de las otras áreas de construcción de la obra.

La aplicación de la herramienta de manufactura esbelta 5s también permite mejorar las condiciones del puesto de trabajo, principalmente lo que hace falta en este taller es minimizar los desplazamientos innecesarios que se generan cuando buscan las herramientas y cuando preparan el área de trabajo para una reparación.

Cuando el técnico eléctrico pasa a la actividad de preparar las herramientas y materiales se toma demasiado tiempo debido al desorden en el que se encuentran las cosas.



**Figura 2.5 Mesa de reparaciones interna**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, junio de 2021



**Figura 2.6** Modules de herramientas y de almacenamiento

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021



**Figura 2.7** Caja de herramientas portátil de un técnico

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

En el taller se evidencia el desorden, materiales obsoletos por todas partes, polvo acumulado en el lugar, mesas de trabajo ocupadas con material que no se utiliza, equipos que no sirven.

Las cinco S no solo se centra en limpiar, existe un trabajo de constancia y paciencia para mantenerla a lo largo del tiempo y hacer que el personal reciba los cambios de manera positiva.

Para su instauración se requiere aplicar los 5 pasos que se muestran en la tabla 12. donde se detalla la transcripción de ideograma japonés al alfabeto latino y lo que se debe realizar en cada paso.

**Tabla 12 Pilares de las cinco S**

<b>5S</b>	<b>SEIRI – SEPARAR</b>	Mantener solo lo necesario para realizar las tareas
	<b>SEITON – ORDENAR</b>	Mantener las herramientas y equipos en condiciones de fácil utilización.
	<b>SEISO – LIMPIAR</b>	Mantener limpios los lugares de trabajo, las herramientas y los equipos.
	<b>SEIKETSU – ESTANDARIZAR</b>	Mantener y mejorar los logros obtenidos.
	<b>SEIKETSUKE – AUTODISCIPLINA</b>	Cumplimiento de las normas establecidas.

(Dorbessan, 2016)

Antes de continuar con la aplicación de las 5s es necesario realizar una auditoría inicial de cómo se encontró el taller, para tener el antecedente y al final de la implementación realizar una comparación.

La figura 2.8 muestra el resultado de una lista de chequeo realizada en el taller donde se ve que los resultados obtenidos son muy bajos de un máximo de 18 puntos solamente se obtuvo 1 punto.

 	<b>CONSORCIO PTAR LAS ESCLUSAS GUAYAQUIL</b> <b>HIDALGO e HIDALGO S.A. – VA TECH WABAG LIMITED</b>				
<b>Auditoría Previa a la implantación de 5S - LISTA DE CHEQUEO</b>					
Encierre con un círculo siendo 0 no bueno, 1 regular, 2 aceptable y 3 excelente el nivel de puntuación referente a las observaciones descritas a continuación:					
<b>Observaciones</b>	<b>Puntaje</b>			<b>Notas:</b>	
Los materiales y herramientas estan separados	0	1	2	3	Los materiales y herramientas estan mezclados, no se tiene claro donde está cada elemento. Hay muchos materiales que son desecho.
El taller se encuentra ordenado	0	1	2	3	No existe un orden en el almacenamiento de herramientas y materiales.
Las cajas de herramientas estan ordenadas	0	1	2	3	Las cajas tienen internamente todo mezclado, no esta separado por tipo de herramienta.
El taller se encuentra limpio	0	1	2	3	Se presenta suciedad en la mesa de reparaciones, herramientas y armarios de almacenamiento.
Hay un cronograma de limpieza	0	1	2	3	No existe ningún cronograma de limpieza, solo limpian el piso ocasionalmente.
Existen formatos para realizar una reparación	0	1	2	3	No existe ningún formato establecido, las decisiones son tomadas en base a su intuición.

**Figura 2.8 Lista de chequeo previa a la implantación 5S**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

Con este antecedente es evidente la mala situación en la que encuentra el taller.

A continuación, se detalla el trabajo realizado en cada una de las s que conforman la metodología 5S.

### 2.7.1. Separar (Seiri)

El primer paso que se realizó fue separar los materiales y equipos que son necesarios y no necesarios dentro del taller, para ello se utilizó la herramienta de tarjetas rojas.

La figura 2.9 muestra el formato establecido para la tarjeta roja que se utilizó,

TARJETA ROJA		No.
Nombre del elemento: _____		
Cantidad: _____	Fecha: _____	
Razón:	1. No necesario 2. No necesario pronto 3. Material de desecho 4. Defectuoso 5. Otro: _____	
Acción sugerida:	1. Desechar 2. Colocar en otra área dentro del taller 3. Colocar en otra área fuera del taller	
Fecha de acción:	_____	

**Figura 2.9 Tarjeta Roja**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, julio 2021

En el capítulo 1, la figura 1.4 nos mostró el estado actual de la repisa de materiales y herramientas. En esta actividad de separación se identificaron los materiales, equipos que no son utilizados en el taller, se fueron marcando uno por uno tal como se muestra en la figura 2.10.



**Figura 2.10 Aplicación de tarjetas rojas en repisa de materiales y herramientas**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, julio 2021

Continuando con la actividad se realizó también en el módulo de almacenamiento de repuesto del taller.



**Figura 2.11 Aplicación de tarjetas rojas en modular de almacenamiento**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, julio 2021

En la mesa de reparaciones interna se encontraron muchos materiales que se desecharon y ciertos repuestos que debían ser colocados en otra área dentro del taller.



**Figura 2.12 Aplicación de tarjetas rojas en mesa de reparaciones interna**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, julio 2021

Solo cuando en la repisa quede lo necesario para realizar las tareas, comienza el orden para cumplir los objetivos.

Cuando el material es un repuesto, se debe almacenar en otro lugar puesto que requiere de la seguridad y el fácil acceso cuando se lo necesite.



**Figura 2.13 Repuestos**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, julio 2021

En esta separación se encontraron varios repuestos tal como se observan en la figura 2.13 que fueron separados por modelo para reubicarlos, se tiene:

- Capacitores
- Luces
- Discos para amoladoras
- Enchufes
- Tuercas y arandelas
- Solenoides

Los repuestos fueron reubicados ordenadamente en los dos armarios del taller, considerando la frecuencia de utilización de estos, así:

- Primer nivel de armario 1: luces y solenoides.
- Segundo nivel de armario 1: discos para amoladoras, tuercas y arandelas.
- Primer nivel armario 2: capacitores
- Tercer nivel armario 2: enchufes



**Figura 2.14 Armario 1 (Derecha), Armario 2 (Izquierda)**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, julio 2021

Con respecto a los materiales y equipos de desecho fueron separados y almacenados en una canastilla de chatarra que tiene el taller en la parte trasera, tal como se muestra en la figura 2.15, aquí se coloca todo lo que ya no sirve para que el camión de basura lo recoja.

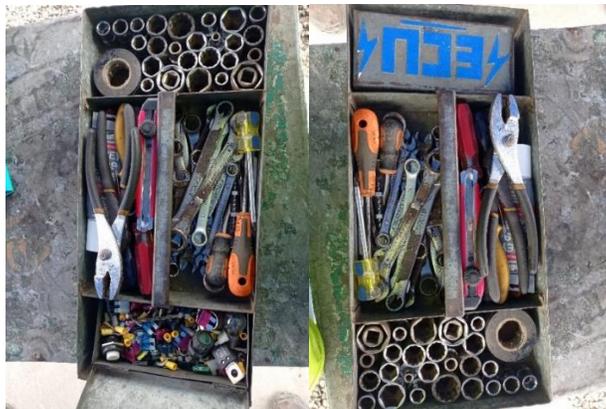


**Figura 2.15 Canastilla de chatarra del taller eléctrico**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, julio 2021

### 2.7.2. Ordenar (Seiton)

El segundo paso que se hizo fue ordenar los implementos, aquí el enfoque es en todo el taller, fundamentalmente la figura 2.16 muestra la caja de herramientas portátil de los técnicos, ya que si bien es cierto pudo haber tenido todo lo necesario su orden es fundamental para la disminución del tiempo en la búsqueda al momento de realizar una reparación.



**Figura 2.16 Caja de herramientas ordenada**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, julio 2021

También se ordenó el modular de almacenamiento tal como lo muestra la figura 2.17. en base a la reubicación de los materiales que se necesitan tener a la mano dentro del taller en un espacio fijo.



**Figura 2.17 Armario de almacenamiento ordenado**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, julio 2021

Para el orden del taller se requirió hacer una introducción a la metodología puesto que los técnicos no están acostumbrados a ello, se realizó una comunicación activa en todo momento donde se intercambiaron experiencias e ideas para establecer una solución que los beneficie acorde a sus necesidades.

El trabajo en equipo es importante, por ello las primeras actividades de ordenar fueron realizadas con acompañamiento, la idea es que el personal continúe el orden en las otras pequeñas áreas del taller para completarlo todo.

### **2.7.3. Limpiar (Seiso)**

Lo siguiente fue limpiar, aquí se apoyó a los técnicos para que realicen una minga de limpieza.

Para la repisa de materiales y herramientas hubo un caso especial ya que por su antigüedad tenía mucho polvo acumulado y la pintura muy deteriorada.

El técnico Wilson Cashindo, quien siempre nos apoyó con las actividades tuvo la iniciativa para sacar el armario de materiales y herramientas, limpiarlo y pintarlo junto con su compañero el técnico Carlos Alvarado. La figura 2.18 muestra el resultado de la limpieza.



**Figura 2.18 Limpieza de armario de materiales y herramientas**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, julio 2021

También se realizó la limpieza de la mesa de reparaciones interna que en su momento presentó varios equipos sobre ella, lo cual impedía su uso. En la figura 2.19 se ve la mesa totalmente limpia y disponible para su uso, el equipo multímetro fue dejado cerca porque según las indicaciones de los técnicos lo primero que realizan a un equipo en reparación es medirle el voltaje.



**Figura 2.19 Mesa de reparaciones interior limpia**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, julio 2021

En el caso de la limpieza no puede ser de un solo día, los 3 técnicos se comprometieron a realizar limpieza diaria en el taller, ellos comprendieron que el deterioro de los componentes, materiales y equipos no debe ser tan acelerado como se lo venía viendo antes, la limpieza contribuirá en que los materiales y equipos tengan un menor grado de

degradación a lo largo del tiempo. Para el incentivo de los miembros se realizó un instructivo de limpieza mostrado en la figura 2.20 donde se escribirá la frecuencia y los responsables de su ejecución.

 		CONSORCIO PTAR LAS ESCLUSAS GUAYAQUIL HIDALGO e HIDALGO S.A. – VA TECH WABAG LIMITED	
INSTRUCTIVO DE LIMPIEZA			
EQUIPOS	FRECUENCIA DE LIMPIEZA	RESPONSABLE	
HERRAMIENTAS	FRECUENCIA DE LIMPIEZA	RESPONSABLE	
ARMARIO Y REPISA	FRECUENCIA DE LIMPIEZA	RESPONSABLE	
SUELO	FRECUENCIA DE LIMPIEZA	RESPONSABLE	
PAREDES	FRECUENCIA DE LIMPIEZA	RESPONSABLE	

**Figura 2.20 Instructivo de limpieza**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, julio 2021

#### 2.7.4. Estandarizar (Seiketsu)

Para la estandarización lo que se quiso fue mantener el avance alcanzado en las tres primeras s.

Se añadieron etiquetas de señalización a los 2 armarios que se encuentran dentro del taller, tal como se ve en las figuras 2.21 y 2.22.



**Figura 2.21 Armario de almacenamiento etiquetado**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, agosto 2021



**Figura 2.22 Armario de materiales y herramientas etiquetado**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, agosto 2021

En la mesa de reparaciones interior se agregó un tablero de herramientas principales para que los técnicos realicen de manera inmediata las reparaciones asignadas, la figura 2.23 muestra el tablero.



**Figura 2.23** Tablero de herramientas principales en mesa de reparaciones interior

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, agosto 2021

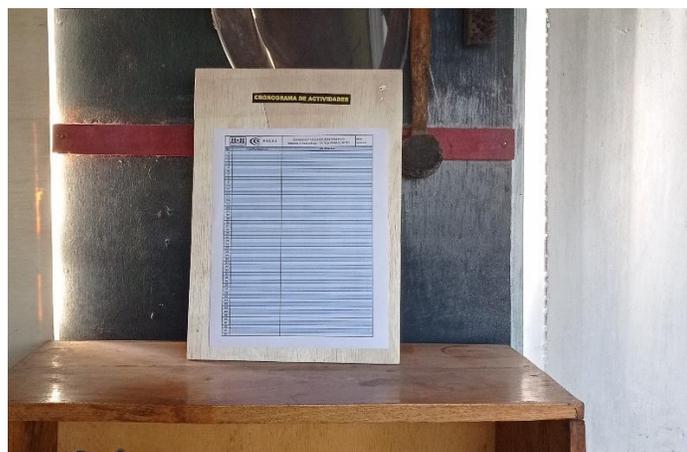
Se implementó un control visual al ingreso del taller para que el equipo permanentemente registre sus actividades de limpieza en el formato establecido. Cada técnico es responsable de cumplir por lo menos con una actividad de limpieza diariamente.



**Figura 2.24** Registro de cumplimiento de actividades de limpieza

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, agosto 2021

Para el cronograma de reparaciones se realizó un tablero exclusivo con una hoja con espacios vacíos para asignar las reparaciones emergentes que se requiera durante la semana y anotarlas para su cumplimiento inmediato dado casos especiales.



**Figura 2.25 Cronograma de actividades para reparaciones emergentes**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, agosto 2021

En cuanto a la elaboración de los procedimientos, se realizó para los 3 equipos principales que comúnmente se reparan en el taller, las figuras 2.26, 2.27 y 2.28 muestran el procedimiento elaborado para cada equipo, esto genera un orden y confiabilidad al técnico de que está realizando los pasos correctos y evita que tome decisiones basadas en su intuición.

 	<b>CONSORCIO PTAR LAS ESCLUSAS GUAYAQUIL</b> <b>HIDALGO e HIDALGO S.A. – VA TECH WABAG LIMITED</b>
<b>Procedimiento general para la reparación de un generador eléctrico</b>	
Paso No.	Tarea
1	Inspeccionar la parte exterior del generador para descartar daño físico.
2	Verificar el aceite del motor del generador.
3	Verificar el nivel de refrigerante del generador.
4	Verificar el nivel de combustible del generador.
5	Verificar el estado de las baterías del generador realizando una prueba.
6	Limpiar las baterías del generador en caso de existir corrosión en terminales.
7	Probar generador luego de cumplir los pasos del 1 al 6.
8	En caso de no funcionar, aperturar el generador para revisión interna.

**Figura 2.26 Procedimiento de reparación de un generador eléctrico**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, agosto 2021

 		<b>CONSORCIO PTAR LAS ESCLUSAS GUAYAQUIL</b> <b>HIDALGO e HIDALGO S.A. – VA TECH WABAG LIMITED</b>
<b>Procedimiento general para la reparación de una amoladora eléctrica angular</b>		
Paso No.	Tarea	
1	Limpiar la herramienta y sacar el disco de la amoladora.	
2	Verificar que el equipo no presente humedad.	
3	Verificar estado físico del cable y tomacorriente de la amoladora.	
4	Verificar estado de las tuercas y bridas de la amoladora.	
5	Verificar el estado físico del disco de la amoladora.	
6	Verificar la velocidad de la amoladora marcada en la carcasa con la velocidad del disco, estas deben coincidir para evitar desprendimientos.	
7	Probar amoladora luego de cumplir los pasos del 1 al 6.	
8	En caso de no funcionar, aperturar el generador para revisión interna.	

**Figura 2.27 Procedimiento de reparación de una amoladora eléctrica angular**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, agosto 2021

 		<b>CONSORCIO PTAR LAS ESCLUSAS GUAYAQUIL</b> <b>HIDALGO e HIDALGO S.A. – VA TECH WABAG LIMITED</b>
<b>Procedimiento general para la reparación de un taladro eléctrico</b>		
Paso No.	Tarea	
1	Dejar enfriar el taladro para revisarlo.	
2	Retirar los residuos de material que se ha perforado.	
3	Verificar estado físico del cable y tomacorriente del taladro.	
4	Retirar la carcasa dl taladro.	
5	Verificar el estado de las entradas de corriente del motor.	
6	Probar taladro luego de cumplir los pasos del 1 al 5.	
7	En caso de no funcionar, repetir paso 5.	

**Figura 2.28 Procedimiento de reparación de un taladro eléctrico**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, agosto 2021

Para estandarizar la entrega de un equipo reparado se implementó el uso de un formato de entrega para el uso de los técnicos, este es el respaldo para el taller de que entregaron a

satisfacción del área el equipo funcionando correctamente, la figura 2.29 muestra el formato de entrega empleado.

 		<b>CONSORCIO PTAR LAS ESCLUSAS GUAYAQUIL</b> <b>HIDALGO e HIDALGO S.A. – VA TECH WABAG LIMITED</b>			
<b>Formato de entrega de equipo reparado</b>					
Técnico eléctrico:					
Area que recibe:	Civil	<input type="checkbox"/>	Mecánica	<input type="checkbox"/>	
Encierre con un círculo si la reparación cumple con lo especificado a continuación:					
El equipo se entrega limpio			SI	NO	
Se realiza prueba de funcionamiento			SI	NO	
La prueba de funcionamiento fue exitosa			SI	NO	
Observaciones:					
Entrega:			Recibe:		
Nombre: _____			Nombre: _____		

**Figura 2.29 Formato de entrega de un equipo reparado**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, agosto 2021

Se realizó una autoevaluación de los resultados obtenidos solo en un mes, donde el personal mismo se da cuenta la importancia que tiene la aplicación de la metodología porque hace que su trabajo sea más eficiente. Sin embargo, existe una inconformidad dado que sus horas extras fueron disminuidas, por lo consecuente su sueldo también disminuyó.

Este punto fue conversado directamente con el superintendente del proyecto y se logró que considere dar bonificaciones al personal del taller eléctrico para que continúe con el cumplimiento de la metodología 5S

### 2.7.5. Autodisciplina (Seiketsuke)

Dada la respuesta positiva del superintendente se propuso realizar una auditoría para evaluar el cumplimiento de la metodología.

Para ello se definió el equipo auditor, conformado por:

- Tatiana Sánchez Paredes (Mentora del proyecto)
- Wilson Cashindo (Técnico eléctrico)
- Paola Carrión (Recursos Humanos)

La frecuencia de la auditoria se realizará mensualmente con el formato de lista de chequeo que se muestra en la figura 2.28.

 		<b>CONSORCIO PTAR LAS ESCLUSAS GUAYAQUIL</b> HIDALGO e HIDALGO S.A. – VA TECH WABAG LIMITED			
<b>Auditoría 5S - LISTA DE CHEQUEO</b>					
Mes evaluado:					
Encierre con un círculo siendo 0 no bueno, 1 regular, 2 aceptable y 3 excelente el nivel de puntuación referente a las observaciones descritas a continuación:					
Observaciones	Puntaje				Notas:
Existen elementos innecesarios dentro del taller	0	1	2	3	
Los armarios de almacenaje estan ordenados	0	1	2	3	
Las cajas de herramientas de los técnicos estan ordenadas	0	1	2	3	
Cada área del taller esta limpia	0	1	2	3	
La mesa de reparaciones esta disponible y limpia	0	1	2	3	
Se respeta el cronograma de reparaciones	0	1	2	3	
Se respetan los procedimientos de reparación definidos	0	1	2	3	
Se utiliza el formato de entrega de equipos reparado	0	1	2	3	

**Figura 2.30 Formato de lista de chequeo para auditoría 5S**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, agosto 2021

Los bonos se establecieron en base a la puntuación obtenida, llegando a un acuerdo con superintendencia de la siguiente manera:

- Mayor o igual a 22 – Bono monetario de 100 dólares para cada miembro del taller.
- Mayor o igual a 16 – Bono reembolso de factura de cena familiar (hasta \$ 40,00).
- Mayor o igual a 8 – Bono reembolso de factura de 2 entradas al cine (hasta \$20,00).

Estos bonos hicieron que aumente la motivación del equipo de trabajo del taller, adicionando que al realizar todos los días las mismas actividades aprendieron a cuidar las herramientas y los equipos para que su vida útil se incremente.

## CAPÍTULO 3

### 3. EVALUACION DE RESULTADOS

#### 3.1. Introducción

En este último capítulo se presenta los resultados obtenidos de la implementación de herramientas de manufactura esbelta.

#### 3.2. Análisis comparativo de tiempos por cada actividad

Como las mediciones iniciales fueron realizadas en el mes de junio, se ha realizado el comparativo con la medición realizada en el mes de agosto considerando el mismo número de días que en el mes inicial.

##### 3.2.1. Actividad 1 – Solicitud de reparación

Las tablas 15 y 16 muestran los tiempos tomados en diferentes días durante el mes de junio (antes de la implementación del proyecto) y durante el mes de agosto (después de la implementación del proyecto).

**Tabla 13 Toma de tiempos para actividad 1 en el mes de junio**

	Fechas de toma de tiempos										
	11/6/2021	unidad	12/6/2021	unidad	18/6/2021	unidad	19/6/2021	unidad	26/6/2021	unidad	
<b>Actividad 1</b>	25	min	18	min	32	min	28	min	29	min	<b>PROMEDIO TOTAL</b>
	22	min	22	min	20	min	30	min	27	min	
	23	min	29	min	33	min	30	min	21	min	
	27	min	30	min	29	min	33	min	32	min	
	31	min	29	min	31	min	29	min	31	min	
	21	min	28	min	25	min	24	min	30	min	
	19	min	26	min	29	min	35	min	36	min	
	24	min	30	min	28	min	25	min	38	min	
	28	min		min	24	min	29	min	27	min	
	20	min									
Promedio diario	24	min	27	min	28	min	29	min	30	min	28 min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

**Tabla 14 Toma de tiempos para actividad 1 en el mes de agosto**

	Fechas de toma de tiempos										
	6/8/2021	unidad	13/8/2021	unidad	21/8/2021	unidad	27/8/2021	unidad	28/8/2021	unidad	
Actividad 1	16	min	12	min	9	min	15	min	16	min	PROMEDIO TOTAL
	13	min	13	min	10	min	17	min	13	min	
	13	min	13	min	12	min	12	min	15	min	
	17	min	16	min	13	min	14	min	16	min	
	14	min	11	min	16	min	14	min	16	min	
	15	min	17	min	12	min	16	min	13	min	
	17	min	12	min	11	min	14	min	16	min	
	10	min	10	min	11	min	13	min	16	min	
	8	min	13	min	12	min	11	min	14	min	
	16	min	11	min	9	min	11	min	15	min	
	19	min	11	min	10	min	13	min	11	min	
Promedio diario	14	min	13	min	11	min	14	min	15	min	13 min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### Prueba de hipótesis para la diferencia de medias en Minitab

Esta herramienta nos ayudó a comparar la diferencia de las medias de los tiempos tomados tanto en el mes de junio como en el mes de agosto.

Utilizamos el valor P bajo las siguientes condiciones:

Si el valor  $P > 0,05$  entonces se acepta  $H_0$

Si el valor  $P < 0,05$  entonces se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$

Las hipótesis son las siguientes:

$H_0$ : Los valores promedio de los tiempos del mes de junio y el mes de agosto son iguales

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$H_1$ : Los valores promedio de los tiempos del mes de junio y el mes de agosto son diferentes

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

## Estadísticas descriptivas

### Método

$\mu_1$ : media de población de Junio - Act. 1  
 $\mu_2$ : media de población de Agosto - Act. 1  
 Diferencia:  $\mu_1 - \mu_2$

*Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.*

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Junio - Act. 1	45	27,49	4,58	0,68
Agosto - Act. 1	55	13,33	2,49	0,34

### Estimación de la diferencia

Diferencia agrupada	Desv.Est.	IC de 95% para la diferencia
14,162	3,585	(12,732; 15,592)

### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$   
 Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

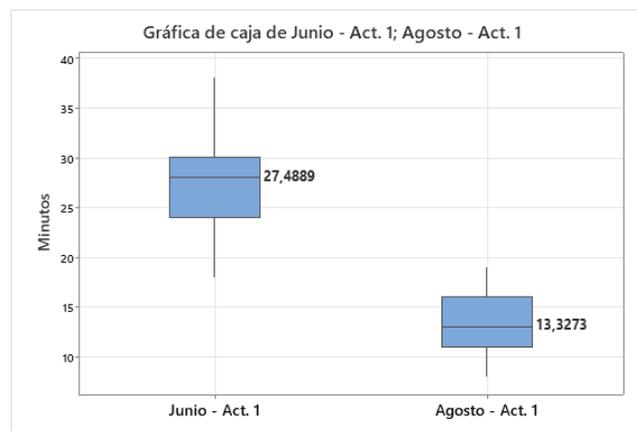
Valor T	GL	Valor p
19,65	98	0,000

**Figura 3.1 Resultado obtenido de Minitab - Prueba T e IC de dos muestras – Act. 1**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

Dado que el valor P es menor que 0,05 entonces se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$ . Se concluye que dada la implementación de las herramientas de manufactura esbelta para la actividad 1 los valores promedio de los tiempos del mes de junio y del mes de agosto son diferentes.

El diagrama de cajas de la figura 3.2 muestra que en el mes de agosto se obtuvo un tiempo promedio de 13 minutos con relación al tiempo del mes de junio que fue 28 minutos, se obtuvo una disminución de 15 minutos en esta actividad.



**Figura 3.2 Diagrama de cajas comparativo para actividad 1**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### 3.2.2. Actividad 2 – Revisión y aprobación de reparaciones

Las tablas 17 y 18 muestran los tiempos tomados en diferentes días durante el mes de junio (antes de la implementación del proyecto) y durante el mes de agosto (después de la implementación del proyecto).

**Tabla 15 Toma de tiempos para actividad 2 en el mes de junio**

	Fechas de toma de tiempos											
	11/6/2021	unidad	12/6/2021	unidad	18/6/2021	unidad	19/6/2021	unidad	26/6/2021	unidad		
Actividad 2	59	min	42	min	47	min	45	min	51	min	PROMEDIO TOTAL	
	63	min	45	min	40	min	47	min	58	min		
	80	min	56	min	41	min	52	min	69	min		
	63	min	62	min	65	min	85	min	72	min		
	93	min	68	min	68	min	65	min	78	min		
	49	min	63	min	74	min	67	min	85	min		
	57	min	69	min	83	min	90	min	88	min		
	73	min	85	min	94	min	98	min	84	min		
Promedio diario	67	min	61	min	64	min	69	min	73	min	67	min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

**Tabla 16 Toma de tiempos para actividad 2 en el mes de agosto**

	Fechas de toma de tiempos											
	6/8/2021	unidad	13/8/2021	unidad	21/8/2021	unidad	27/8/2021	unidad	28/8/2021	unidad		
Actividad 2	20	min	19	min	26	min	24	min	18	min	PROMEDIO TOTAL	
	22	min	19	min	26	min	23	min	18	min		
	15	min	19	min	25	min	20	min	19	min		
	18	min	21	min	24	min	23	min	20	min		
	25	min	23	min	23	min	20	min	21	min		
	20	min	24	min	23	min	19	min	21	min		
	21	min	24	min	22	min	18	min	24	min		
	19	min	21	min	19	min	21	min	24	min		
	19	min	21	min	21	min	22	min	27	min		
Promedio diario	20	min	21	min	23	min	21	min	21	min	21	min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

#### Prueba de hipótesis para la diferencia de medias en Minitab

Esta herramienta nos ayudó a comparar la diferencia de las medias de los tiempos tomados tanto en el mes de junio como en el mes de agosto.

Utilizamos el valor P bajo las siguientes condiciones:

Si el valor  $P > 0,05$  entonces se acepta  $H_0$

Si el valor  $P < 0,05$  entonces se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$

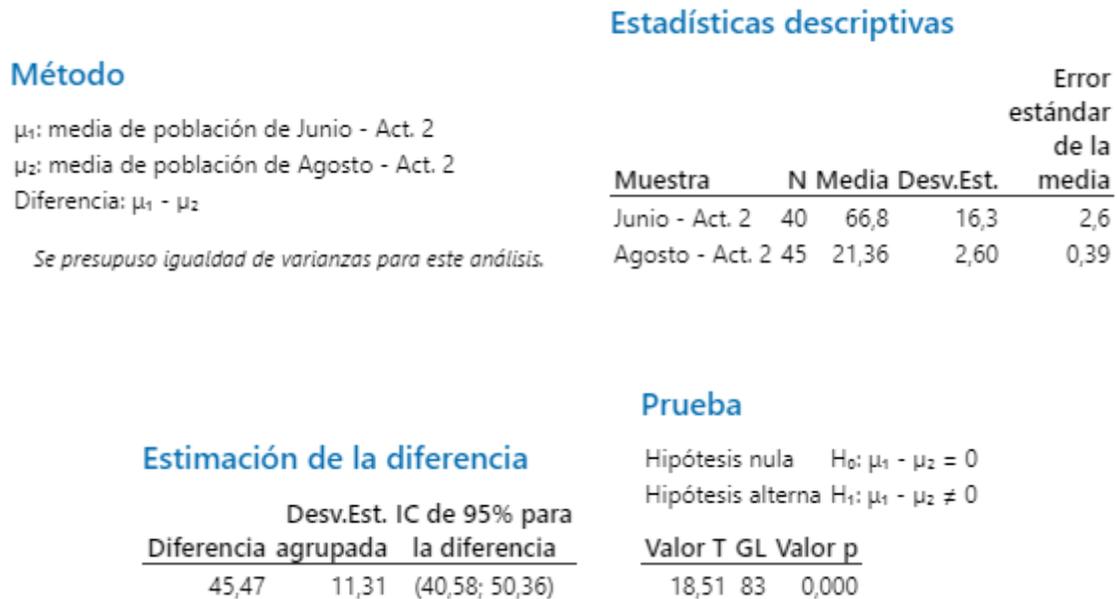
Las hipótesis son las siguientes:

$H_0$ : Los valores promedio de los tiempos del mes de junio y el mes de agosto son iguales

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$H_1$ : Los valores promedio de los tiempos del mes de junio y el mes de agosto son diferentes

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

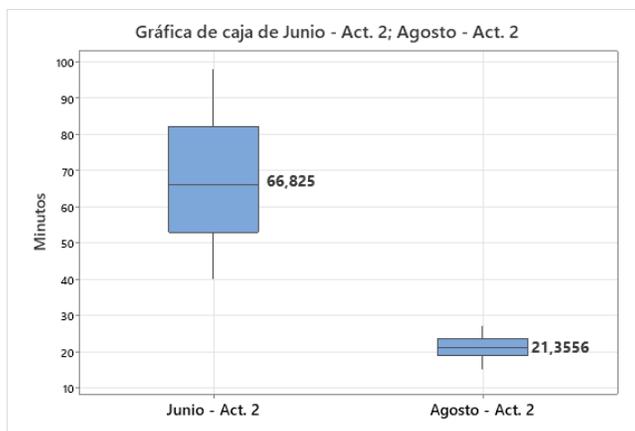


**Figura 3.3 Resultado obtenido de Minitab - Prueba T e IC de dos muestras – Act. 2**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

Dado que el valor P es menor que 0,05 entonces se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$ . Se concluye que dada la implementación de las herramientas de manufactura esbelta para la actividad 2 los valores promedio de los tiempos del mes de junio y del mes de agosto son diferentes.

El diagrama de cajas de la figura 3.4 muestra que en el mes de agosto se obtuvo un tiempo promedio de 21 minutos con relación al tiempo del mes de junio que fue 67 minutos, se obtuvo una disminución de 46 minutos en esta actividad.



**Figura 3.4 Diagrama de cajas comparativo para actividad 2**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

La gran diferencia de tiempos radica en que esta actividad se propuso eliminarla, sin embargo, todos los días llegan reparaciones nuevas, las cuales son registradas en la hoja de cronograma de actividades para ser reparadas lo antes posible, el tiempo tomado en el mes de agosto es referente a estas reparaciones.

### 3.2.3. Actividad 3 – Elaboración de procedimiento

Las tablas 19 y 20 muestran los tiempos tomados en diferentes días durante el mes de junio (antes de la implementación del proyecto) y durante el mes de agosto (después de la implementación del proyecto).

**Tabla 17 Toma de tiempos para actividad 3 en el mes de junio**

	Fechas de toma de tiempos										
	11/06/2021	unidad	12/06/2021	unidad	18/06/2021	unidad	19/06/2021	unidad	26/06/2021	unidad	
<b>Actividad 3</b>	31	min	37	min	41	min	29	min	42	min	<b>PROMEDIO TOTAL</b>
	32	min	32	min	37	min	39	min	43	min	
	36	min	35	min	39	min	45	min	39	min	
	27	min	39	min	37	min	48	min	35	min	
	42	min	42	min	48	min	42	min	41	min	
	45	min	45	min	49	min	43	min	42	min	
<b>Promedio diario</b>	36	min	38	min	42	min	41	min	40	min	<b>39</b> min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

**Tabla 18 Toma de tiempos para actividad 3 en el mes de agosto**

	Fechas de toma de tiempos										
	6/8/2021	unidad	13/8/2021	unidad	21/8/2021	unidad	27/8/2021	unidad	28/8/2021	unidad	
Actividad 3	27	min	30	min	26	min	30	min	28	min	PROMEDIO TOTAL
	27	min	29	min	25	min	32	min	28	min	
	25	min	29	min	28	min	27	min	30	min	
	28	min	27	min	26	min	29	min	32	min	
	32	min	29	min	27	min	32	min	31	min	
	31	min	31	min	27	min	32	min	29	min	
Promedio diario	28	min	29	min	27	min	30	min	30	min	29 min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### Prueba de hipótesis para la diferencia de medias en Minitab

Esta herramienta nos ayudó a comparar la diferencia de las medias de los tiempos tomados tanto en el mes de junio como en el mes de agosto.

Utilizamos el valor P bajo las siguientes condiciones:

Si el valor  $P > 0,05$  entonces se acepta  $H_0$

Si el valor  $P < 0,05$  entonces se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$

Las hipótesis son las siguientes:

$H_0$ : Los valores promedio de los tiempos del mes de junio y el mes de agosto son iguales

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$H_1$ : Los valores promedio de los tiempos del mes de junio y el mes de agosto son diferentes

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

## Método

$\mu_1$ : media de población de Junio - Act. 3  
 $\mu_2$ : media de población de Agosto - Act. 3  
 Diferencia:  $\mu_1 - \mu_2$

*Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.*

## Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Junio - Act. 3	30	39,40	5,60	1,0
Agosto - Act. 3	30	28,80	2,17	0,40

## Estimación de la diferencia

Diferencia agrupada	Desv.Est.	IC de 95% para la diferencia
10,60	4,25	(8,41; 12,79)

## Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$   
 Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

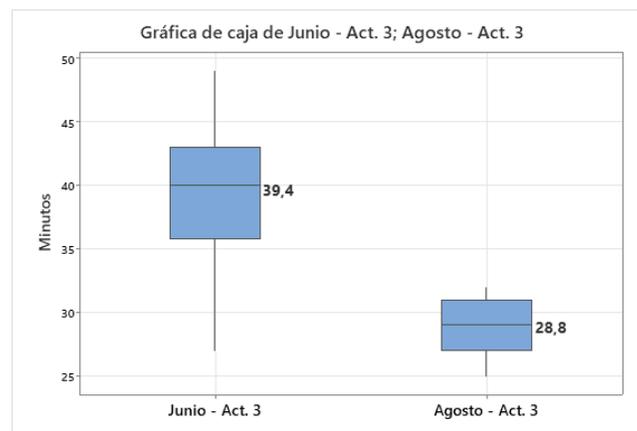
Valor T	GL	Valor p
9,67	58	0,000

**Figura 3.5 Resultado obtenido de Minitab - Prueba T e IC de dos muestras – Act. 3**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

Dado que el valor P es menor que 0,05 entonces se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$ . Se concluye que dada la implementación de las herramientas de manufactura esbelta para la actividad 3 los valores promedio de los tiempos del mes de junio y del mes de agosto son diferentes.

El diagrama de cajas de la figura 3.6 muestra que en el mes de agosto se obtuvo un tiempo promedio de 29 minutos con relación al tiempo del mes de junio que fue 39 minutos, se obtuvo una disminución de 10 minutos en esta actividad.



**Figura 3.6 Diagrama de cajas comparativo para actividad 3**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### 3.2.4. Actividad 4 - Preparación de equipos y herramientas

Las tablas 21 y 22 muestran los tiempos tomados en diferentes días durante el mes de junio (antes de la implementación del proyecto) y durante el mes de agosto (después de la implementación del proyecto).

**Tabla 19 Toma de tiempos para actividad 4 en el mes de junio**

	Fechas de toma de tiempos											
	11/06/2021	unidad	12/06/2021	unidad	18/06/2021	unidad	19/06/2021	unidad	26/06/2021	unidad		
Actividad 4	38	min	32	min	29	min	32	min	29	min	PROMEDIO TOTAL	
	42	min	26	min	41	min	30	min	62	min		
	45	min	62	min	35	min	44	min	38	min		
	50	min	51	min	46	min	49	min	40	min		
	42	min	49	min	40	min	47	min	45	min		
	41	min	41	min	47	min	62	min	59	min		
	30	min	38	min	38	min	47	min	41	min		
Promedio diario	41	min	43	min	39	min	44	min	45	min	43	min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

**Tabla 20 Toma de tiempos para actividad 4 en el mes de agosto**

	Fechas de toma de tiempos											
	6/8/2021	unidad	13/8/2021	unidad	21/8/2021	unidad	27/8/2021	unidad	28/8/2021	unidad		
Actividad 4	27	min	29	min	26	min	25	min	20	min	PROMEDIO TOTAL	
	24	min	27	min	31	min	30	min	24	min		
	31	min	22	min	23	min	21	min	26	min		
	28	min	33	min	23	min	29	min	24	min		
	25	min	34	min	21	min	27	min	25	min		
	29	min	33	min	21	min	29	min	27	min		
	35	min	31	min	34	min	35	min	31	min		
	31	min	37	min	33	min	32	min	29	min		
	27	min	30	min	23	min	31	min	35	min		
Promedio diario	29	min	31	min	26	min	29	min	27	min	28	min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### Prueba de hipótesis para la diferencia de medias en Minitab

Esta herramienta nos ayudó a comparar la diferencia de las medias de los tiempos tomados tanto en el mes de junio como en el mes de agosto.

Utilizamos el valor P bajo las siguientes condiciones:

Si el valor  $P > 0,05$  entonces se acepta  $H_0$

Si el valor  $P < 0,05$  entonces se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$

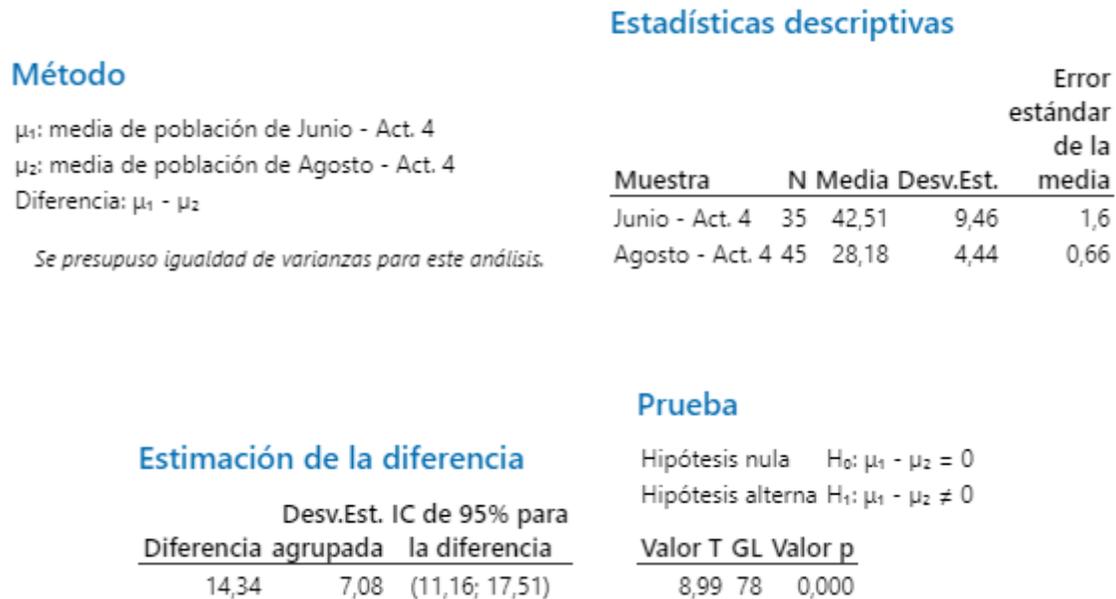
Las hipótesis son las siguientes:

$H_0$ : Los valores promedio de los tiempos del mes de junio y el mes de agosto son iguales

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$H_1$ : Los valores promedio de los tiempos del mes de junio y el mes de agosto son diferentes

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

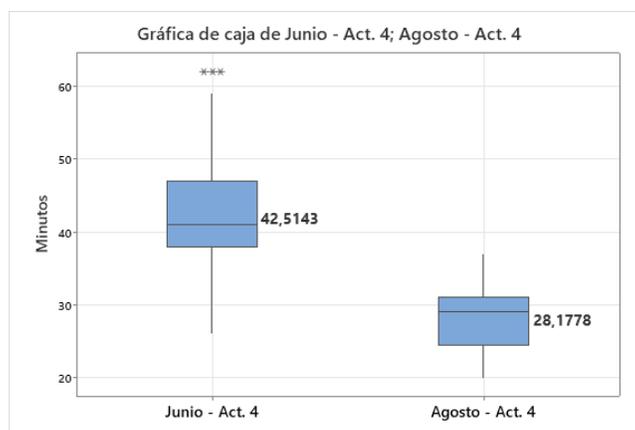


**Figura 3.7 Resultado obtenido de Minitab - Prueba T e IC de dos muestras – Act. 4**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

Dado que el valor P es menor que 0,05 entonces se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$ . Se concluye que dada la implementación de las herramientas de manufactura esbelta para la actividad 4 los valores promedio de los tiempos del mes de junio y del mes de agosto son diferentes.

El diagrama de cajas de la figura 3.8 muestra que en el mes de agosto se obtuvo un tiempo promedio de 28 minutos con relación al tiempo del mes de junio que fue 43 minutos, se obtuvo una disminución de 15 minutos en esta actividad.



**Figura 3.8 Diagrama de cajas comparativo para actividad 4**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### 3.2.5. Actividad 5 - Ejecución de tarea

Las tablas 23 y 24 muestran los tiempos tomados en diferentes días durante el mes de junio (antes de la implementación del proyecto) y durante el mes de agosto (después de la implementación del proyecto).

**Tabla 21 Toma de tiempos para actividad 5 en el mes de junio**

	Fechas de toma de tiempos										
	11/06/2021	unidad	12/06/2021	unidad	18/06/2021	unidad	19/06/2021	unidad	26/06/2021	unidad	
Actividad 5	159	min	94	min	128	min	165	min	146	min	PROMEDIO TOTAL
	115	min	145	min	135	min	149	min	164	min	
	154	min	98	min	128	min	124	min	92	min	
	135	min	84	min	147	min	82	min	138	min	
	148	min	162	min	122	min	157	min	127	min	
	186	min	125	min	135	min	141	min	156	min	
Promedio diario	150	min	118	min	133	min	136	min	137	min	135 min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

**Tabla 22 Toma de tiempos para actividad 5 en el mes de agosto**

	Fechas de toma de tiempos										
	6/8/2021	unidad	13/8/2021	unidad	21/8/2021	unidad	27/8/2021	unidad	28/8/2021	unidad	
Actividad 5	95	min	102	min	94	min	102	min	110	min	PROMEDIO TOTAL
	100	min	101	min	93	min	98	min	103	min	
	98	min	105	min	99	min	107	min	94	min	
	99	min	93	min	97	min	103	min	85	min	
	102	min	84	min	95	min	101	min	109	min	
	101	min	100	min	95	min	97	min	93	min	
	101	min	106	min	91	min	99	min	105	min	
Promedio diario	99	min	99	min	95	min	101	min	100	min	99 min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

## Prueba de hipótesis para la diferencia de medias en Minitab

Esta herramienta nos ayudó a comparar la diferencia de las medias de los tiempos tomados tanto en el mes de junio como en el mes de agosto.

Utilizamos el valor P bajo las siguientes condiciones:

Si el valor  $P > 0,05$  entonces se acepta  $H_0$

Si el valor  $P < 0,05$  entonces se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$

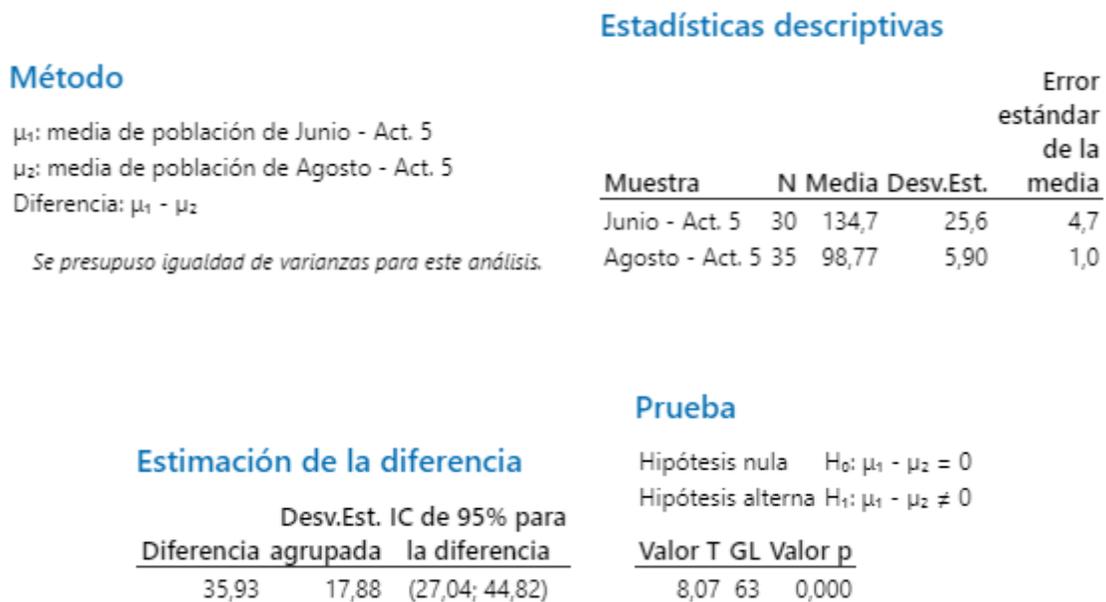
Las hipótesis son las siguientes:

$H_0$ : Los valores promedio de los tiempos del mes de junio y el mes de agosto son iguales

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$H_1$ : Los valores promedio de los tiempos del mes de junio y el mes de agosto son diferentes

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

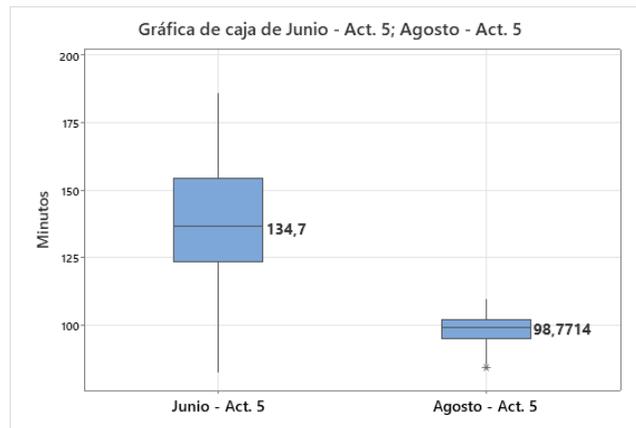


**Figura 3.9 Resultado obtenido de Minitab - Prueba T e IC de dos muestras – Act. 5**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

Dado que el valor P es menor que 0,05 entonces se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$ . Se concluye que dada la implementación de las herramientas de manufactura esbelta para la actividad 5 los valores promedio de los tiempos del mes de junio y del mes de agosto son diferentes.

El diagrama de cajas de la figura 3.10 muestra que en el mes de agosto se obtuvo un tiempo promedio de 99 minutos con relación al tiempo del mes de junio que fue 135 minutos, se obtuvo una disminución de 36 minutos en esta actividad.



**Figura 3.10 Diagrama de cajas comparativo para actividad 5**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### 3.2.6. Actividad 6 – Entrega de reparación

Las tablas 25 y 26 muestran los tiempos tomados en diferentes días durante el mes de junio (antes de la implementación del proyecto) y durante el mes de agosto (después de la implementación del proyecto).

**Tabla 23 Toma de tiempos para actividad 6 en el mes de junio**

	Fechas de toma de tiempos										
	11/06/2021	unidad	12/06/2021	unidad	18/06/2021	unidad	19/06/2021	unidad	26/06/2021	unidad	
Actividad 6	25	min	23	min	26	min	12	min	14	min	PROMEDIO TOTAL
	14	min	14	min	29	min	32	min	16	min	
	15	min	18	min	17	min	24	min	31	min	
	17	min	24	min	25	min	14	min	28	min	
	28	min	29	min	34	min	17	min	33	min	
	23	min	37	min	20	min	16	min	25	min	
Promedio diario	20	min	24	min	25	min	19	min	25	min	23 min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

**Tabla 24 Toma de tiempos para actividad 6 en el mes de agosto**

	Fechas de toma de tiempos										
	6/8/2021	unidad	13/8/2021	unidad	21/8/2021	unidad	27/8/2021	unidad	28/8/2021	unidad	
<b>Actividad 6</b>	13	min	17	min	14	min	9	min	10	min	<b>PROMEDIO TOTAL</b>
	17	min	17	min	14	min	15	min	11	min	
	16	min	19	min	17	min	12	min	15	min	
	11	min	18	min	13	min	11	min	11	min	
	10	min	21	min	11	min	11	min	18	min	
	18	min	20	min	9	min	10	min	13	min	
	14	min	19	min	15	min	14	min	12	min	
Promedio diario	14	min	19	min	13	min	12	min	13	min	<b>14</b> min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### Prueba de hipótesis para la diferencia de medias en Minitab

Esta herramienta nos ayudó a comparar la diferencia de las medias de los tiempos tomados tanto en el mes de junio como en el mes de agosto.

Utilizamos el valor P bajo las siguientes condiciones:

Si el valor  $P > 0,05$  entonces se acepta  $H_0$

Si el valor  $P < 0,05$  entonces se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$

Las hipótesis son las siguientes:

$H_0$ : Los valores promedio de los tiempos del mes de junio y el mes de agosto son iguales

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$H_1$ : Los valores promedio de los tiempos del mes de junio y el mes de agosto son diferentes

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

## Método

$\mu_1$ : media de población de Junio - Act. 6  
 $\mu_2$ : media de población de Agosto - Act. 6  
 Diferencia:  $\mu_1 - \mu_2$

*Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.*

## Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Junio - Act. 6	30	22,67	7,08	1,3
Agosto - Act. 6	35	14,14	3,38	0,57

## Estimación de la diferencia

Desv.Est.	IC de 95% para Diferencia agrupada	la diferencia
8,52	5,41	(5,84; 11,21)

## Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$   
 Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

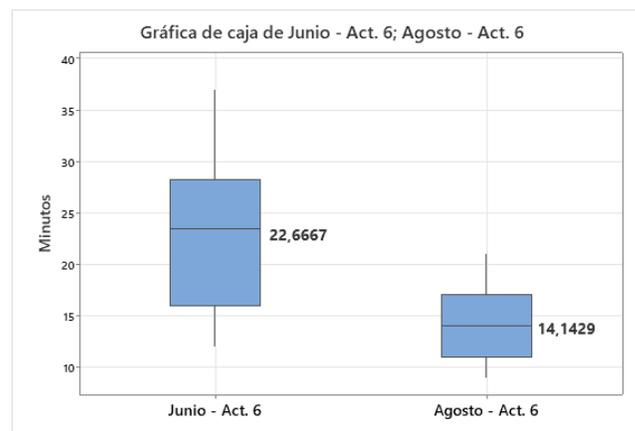
Valor T	GL	Valor p
6,34	63	0,000

**Figura 3.11 Resultado obtenido de Minitab - Prueba T e IC de dos muestras – Act. 5**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

Dado que el valor P es menor que 0,05 entonces se rechaza  $H_0$  a favor de  $H_1$ . Se concluye que dada la implementación de las herramientas de manufactura esbelta para la actividad 2 los valores promedio de los tiempos del mes de junio y del mes de agosto son diferentes.

El diagrama de cajas de la figura 3.12. muestra que en el mes de agosto se obtuvo un tiempo promedio de 14 minutos con relación al tiempo del mes de junio que fue 23 minutos, se obtuvo una disminución de 9 minutos en esta actividad.



**Figura 3.12 Diagrama de cajas comparativo para actividad 6**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### 3.3. Análisis comparativo del tiempo total que toma una reparación

En resumen, basado en una muestra de 5 días la figura 3.13. muestra el antes y después del tiempo promedio que se toma un técnico eléctrico en realizar una reparación. El tiempo se redujo en un 39% comparado entre el mes de junio y el mes de agosto.



**Figura 3.13 Comparativo del Tiempo promedio de realizar una reparación**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### 3.4. Análisis comparativo de las horas extras semanales

Como se mencionó en el capítulo 1 según planilla de pagos a los trabajadores, en los meses de abril, mayo y junio se ha realizado el pago de 16 horas extras semanales a cada técnico eléctrico. Esto es un equivalente a 2,66 horas diarias extras que ellos utilizan como tiempo extra a sus 8 horas laborales diarias.

A continuación, en la tabla 27 se muestra la evidencia de la toma de tiempos en el mes de junio donde se confirma que efectivamente cada técnico eléctrico utilizó el tiempo de 16,57 horas extra semanales, equivalente a 2,76 horas extra diarias.

Tabla 25 Toma de tiempos del mes de junio global

	Fechas de toma de tiempos									
	11/6/2021	unidad	12/6/2021	unidad	18/6/2021	unidad	19/6/2021	unidad	26/6/2021	unidad
<b>Actividad 1</b>	25	min	18	min	32	min	28	min	29	min
	22	min	22	min	20	min	30	min	27	min
	23	min	29	min	33	min	30	min	21	min
	27	min	30	min	29	min	33	min	32	min
	31	min	29	min	31	min	29	min	31	min
	21	min	28	min	25	min	24	min	30	min
	19	min	26	min	29	min	35	min	36	min
	24	min	30	min	28	min	25	min	38	min
	28	min		min	24	min	29	min	27	min
	20	min		min		min		min		min
<b>Actividad 2</b>	59	min	42	min	47	min	45	min	51	min
	63	min	45	min	40	min	47	min	58	min
	80	min	56	min	41	min	52	min	69	min
	63	min	62	min	65	min	85	min	72	min
	93	min	68	min	68	min	65	min	78	min
	49	min	63	min	74	min	67	min	85	min
	57	min	69	min	83	min	90	min	88	min
	73	min	85	min	94	min	98	min	84	min
<b>Actividad 3</b>	31	min	37	min	41	min	29	min	42	min
	32	min	32	min	37	min	39	min	43	min
	36	min	35	min	39	min	45	min	39	min
	27	min	39	min	37	min	48	min	35	min
	42	min	42	min	48	min	42	min	41	min
	45	min	45	min	49	min	43	min	42	min
<b>Actividad 4</b>	38	min	32	min	29	min	32	min	29	min
	42	min	26	min	41	min	30	min	62	min
	45	min	62	min	35	min	44	min	38	min
	50	min	51	min	46	min	49	min	40	min
	42	min	49	min	40	min	47	min	45	min
	41	min	41	min	47	min	62	min	59	min
	30	min	38	min	38	min	47	min	41	min
<b>Actividad 5</b>	159	min	94	min	128	min	165	min	146	min
	115	min	145	min	135	min	149	min	164	min
	154	min	98	min	128	min	124	min	92	min
	135	min	84	min	147	min	82	min	138	min
	148	min	162	min	122	min	157	min	127	min
	186	min	125	min	135	min	141	min	156	min
<b>Actividad 6</b>	25	min	23	min	26	min	12	min	14	min
	14	min	14	min	29	min	32	min	16	min
	15	min	18	min	17	min	24	min	31	min
	17	min	24	min	25	min	14	min	28	min
	28	min	29	min	34	min	17	min	33	min
	23	min	37	min	20	min	16	min	25	min
<b>TOTAL</b>	2297	min	2084	min	2236	min	2302	min	2382	min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

**Tabla 26 Cálculo de promedio de horas extras semanales en el mes de junio**

<b>Toma tiempo total del día 11/6/2021</b>	<b>2297</b>	<b>min</b>
<b>Toma tiempo total del día 12/6/2021</b>	2084	min
<b>Toma tiempo total del día 18/6/2021</b>	2236	min
<b>Toma tiempo total del día 19/6/2021</b>	2302	min
<b>Toma tiempo total del día 26/6/2021</b>	2382	min
<b>PROMEDIO</b>	2260	min
<b>NÚMERO DE TÉCNICOS ELÉCTRICOS + MEDIO TIEMPO DE JEFE</b>	3,50	personas
<b>TIEMPO PROMEDIO DIARIO POR TÉCNICO</b>	646	min
<b>TIEMPO PROMEDIO DIARIO POR TÉCNICO</b>	10,76	horas
<b>HORAS DIARIAS DE TRABAJO NORMALES</b>	8	horas
<b>HORAS DIARIAS EXTRAS</b>	2,76	horas
<b>NÚMERO DE DÍAS LABORABLES</b>	6	días
<b>HORAS EXTRAS SEMANALES DETECTADAS</b>	16,57	horas
<b>HORAS EXTRAS SEMANALES PAGADAS EN EL MES DE JUNIO</b>	17	horas

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

En la tabla 28 se agregó el medio tiempo del jefe dado que muchas actividades dependían mucho del jefe, por lo cual él se dividía la mitad del tiempo para estar en el taller y la otra mitad para realizar actividades administrativas.

A continuación, en la tabla 29 se muestra la evidencia de la toma de tiempos en el mes de agosto, luego de la implementación de herramientas de manufactura esbelta, se puede observar que cada técnico utilizó solamente 3,85 horas extras semanales, equivalente a 0,64 horas extras diarias.

Tabla 27 Toma de tiempos del mes de agosto global

	Fechas de toma de tiempos									
	6/8/2021	unidad	13/8/2021	unidad	21/8/2021	unidad	27/8/2021	unidad	28/8/2021	unidad
Actividad 1	16	min	12	min	9	min	15	min	16	min
	13	min	13	min	10	min	17	min	13	min
	13	min	13	min	12	min	12	min	15	min
	17	min	16	min	13	min	14	min	16	min
	14	min	11	min	16	min	14	min	16	min
	15	min	17	min	12	min	16	min	13	min
	17	min	12	min	11	min	14	min	16	min
	10	min	10	min	11	min	13	min	16	min
	8	min	13	min	12	min	11	min	14	min
	16	min	11	min	9	min	11	min	15	min
Actividad 2	19	min	11	min	10	min	13	min	11	min
	20	min	19	min	26	min	24	min	18	min
	22	min	19	min	26	min	23	min	18	min
	15	min	19	min	25	min	20	min	19	min
	18	min	21	min	24	min	23	min	20	min
	25	min	23	min	23	min	20	min	21	min
	20	min	24	min	23	min	19	min	21	min
	21	min	24	min	22	min	18	min	24	min
Actividad 3	19	min	21	min	19	min	21	min	24	min
	19	min	21	min	21	min	22	min	27	min
	27	min	30	min	26	min	30	min	28	min
	27	min	29	min	25	min	32	min	28	min
	25	min	29	min	28	min	27	min	30	min
	28	min	27	min	26	min	29	min	32	min
Actividad 4	32	min	29	min	27	min	32	min	31	min
	31	min	31	min	27	min	32	min	29	min
	27	min	29	min	26	min	25	min	20	min
	24	min	27	min	31	min	30	min	24	min
	31	min	22	min	23	min	21	min	26	min
	28	min	33	min	23	min	29	min	24	min
	25	min	34	min	21	min	27	min	25	min
	29	min	33	min	21	min	29	min	27	min
Actividad 5	35	min	31	min	34	min	35	min	31	min
	31	min	37	min	33	min	32	min	29	min
	27	min	30	min	23	min	31	min	35	min
	95	min	102	min	94	min	102	min	110	min
	100	min	101	min	93	min	98	min	103	min
	98	min	105	min	99	min	107	min	94	min
	99	min	93	min	97	min	103	min	85	min
Actividad 6	102	min	84	min	95	min	101	min	109	min
	101	min	100	min	95	min	97	min	93	min
	101	min	106	min	91	min	99	min	105	min
	13	min	17	min	14	min	9	min	10	min
	17	min	17	min	14	min	15	min	11	min
	16	min	19	min	17	min	12	min	15	min
	11	min	18	min	13	min	11	min	11	min
TOTAL	10	min	21	min	11	min	11	min	18	min
	18	min	20	min	9	min	10	min	13	min
	14	min	19	min	15	min	14	min	12	min
TOTAL	1559	min	1603	min	1485	min	1570	min	1561	min

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

**Tabla 28 Cálculo de promedio de horas extras semanales en el mes de agosto**

<b>Toma tiempo total del día 6/8/2021</b>	<b>1559</b>	<b>min</b>
<b>Toma tiempo total del día 13/8/2021</b>	1603	min
<b>Toma tiempo total del día 21/8/2021</b>	1485	min
<b>Toma tiempo total del día 27/8/2021</b>	1570	min
<b>Toma tiempo total del día 28/8/2021</b>	1561	min
<b>PROMEDIO</b>	1556	min
<b>NÚMERO DE TÉCNICOS ELÉCTRICOS</b>	3	personas
<b>TIEMPO PROMEDIO DIARIO POR TÉCNICO</b>	518,53	min
<b>TIEMPO PROMEDIO DIARIO POR TÉCNICO</b>	8,64	horas
<b>HORAS DIARIAS DE TRABAJO NORMALES</b>	8	horas
<b>HORAS DIARIAS EXTRAS</b>	0,64	horas
<b>NÚMERO DE DÍAS LABORABLES</b>	6	días
<b>HORAS EXTRAS SEMANALES</b>	3,85	horas
<b>HORAS EXTRAS SEMANALES PAGADAS EN EL MES DE AGOSTO</b>	4	horas

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

En el mes de junio se cargó 16,57 horas extras semanales, esto es que cada técnico utilizó 2,76 horas diarias extras adicionales a una jornada laboral de 8 horas.

En el mes de agosto se cargó a 3,85 horas extras semanales, esto es cada técnico utilizó 0,64 horas diarias extras adicionales a una jornada laboral de 8 horas.

La evidencia del ahorro significativo en horas extras que para la empresa es satisfactorio, para los trabajadores no es algo positivo ya que su sueldo a disminuyó. En principio tenían poca aceptación de la implementación del proyecto y lo veían como un trabajo que les iba a afectar, sin embargo, ellos con el pasar del tiempo y los resultados obtenidos se fueron familiarizando y entendiendo que el objetivo de la metodología es realizar un trabajo eficiente en un tiempo menor sin desperdiciarlo en actividades que no agregan valor. Las horas extra que antes tenían que permanecer en el taller ahora son horas libres para que ellos puedan ocuparlas en actividades personales, además se les incentivó con los bonos de cumplimiento y esta idea de saber que ganarían un bono de 100 dólares sin tener que fatigarse trabajando más horas de lo normal les agradó y por eso continuarán con el cumplimiento de la metodología. El taller eléctrico ahora es ejemplo para otros departamentos que ven atractiva la idea de la implementación de herramientas de manufactura esbelta.

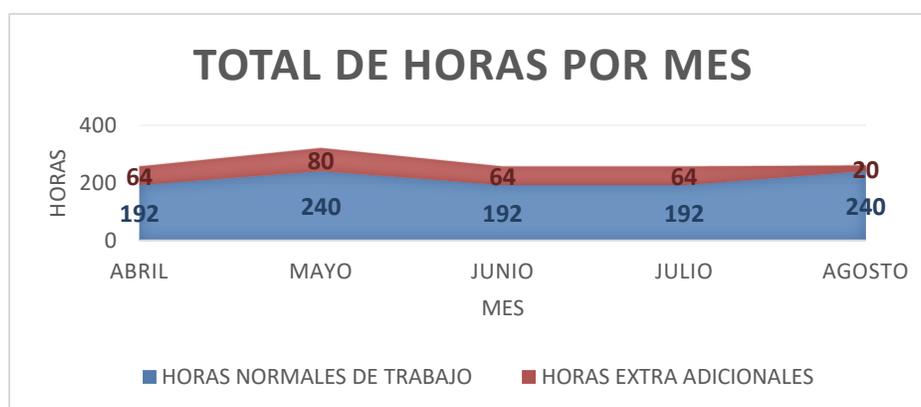
Tomando los datos exactos para la comparación entre el mes de junio y el mes de agosto, se evidencia una reducción de 12,72 horas extras semanales, lo cual si se divide para los 6 días laborales equivale a 2,12 horas diarias para cada técnico eléctrico. Esto es equivalente al 77% de reducción de tiempos innecesarios lo cual supera el resultado esperado que era del 75%.

Haciendo un análisis mensual, la tabla 31 muestra la caída del porcentaje del tiempo utilizado en horas extras por cada técnico eléctrico, donde existe una disminución del 25% si comparamos el mes de junio con el mes de agosto. Adicional la figura 3.14 muestra cómo se redujo el tiempo de utilización de horas extras en el mes de agosto comparado con los meses anteriores.

**Tabla 29 Total de horas mensuales por cada técnico eléctrico**

TOTAL DE HORAS MENSUALES – POR CADA TÉCNICO ELÉCTRICO			
MES	HORAS NORMALES DE TRABAJO	HORAS EXTRA ADICIONALES	PORCENTAJE DE HORAS EXTRA ADICIONALES
ABRIL	192	64	33,33%
MAYO	240	80	33,33%
JUNIO	192	64	33,33%
JULIO	192	64	33,33%
AGOSTO	240	20	8,33%

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021



**Figura 3.14 Representación de horas trabajadas en abril, mayo, junio, julio y agosto**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### 3.5. Comparativa del cumplimiento del plan de mantenimiento y reparaciones

Al final de la jornada semanal se verificaron que reparaciones fueron o no cumplidas, el área civil y mecánica reportaron que se cumplió el 96% el plan de mantenimiento y reparaciones que se entregaron en el mes de agosto. La tabla 33 muestra señalado con color amarillo el porcentaje de cumplimiento de cada semana durante el mes de agosto.

**Tabla 30 Porcentaje de cumplimiento del plan de mantenimiento y reparaciones**

MES	SEMANA	PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO
<b>ABRIL</b>	Semana 1	65%
	Semana 2	68%
	Semana 3	80%
	Semana 4	76%
<b>MAYO</b>	Semana 1	95%
	Semana 2	62%
	Semana 3	50%
	Semana 4	74%
<b>JUNIO</b>	Semana 1	78%
	Semana 2	87%
	Semana 3	63%
	Semana 4	59%
<b>JULIO</b>	Semana 1	67%
	Semana 2	79%
	Semana 3	82%
	Semana 4	78%
<b>AGOSTO</b>	Semana 1	95%
	Semana 2	98%
	Semana 3	93%
	Semana 4	97%

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

A continuación, se muestran las evidencias de las reparaciones entregadas al área civil y mecánica, utilizando los formatos de entrega como respaldo del trabajo de cada técnico eléctrico.



HeH CONSTRUCTORES		WABAG		CONSORCIO PTAR LAS ESCLUSAS GUAYAQUIL HIDALGO e HIDALGO S.A. - VA TECH WABAG LIMITED	
<b>Formato de entrega de equipo reparado</b>					
Técnico eléctrico:	Wilson Cochudo				
Area que recibe:	Civil	<input checked="" type="checkbox"/>	Mecánica	<input type="checkbox"/>	
Encierre con un círculo si la reparación cumple con lo especificado a continuación:					
El equipo se entrega limpio		<input checked="" type="radio"/>	SI	NO	
Se realiza prueba de funcionamiento		<input checked="" type="radio"/>	SI	NO	
La prueba de funcionamiento fue exitosa		<input checked="" type="radio"/>	SI	NO	
Observaciones:	Amoladora Arreglada				
Entrega:	Nombre: Wilson Cochudo		Recibe:	Nombre: Diego Simbana	

**Figura 3.15 Entrega de amoladora al área civil**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021



HeH CONSTRUCTORES		WABAG		CONSORCIO PTAR LAS ESCLUSAS GUAYAQUIL HIDALGO e HIDALGO S.A. - VA TECH WABAG LIMITED	
<b>Formato de entrega de equipo reparado</b>					
Técnico eléctrico:	Romero Cabrera				
Area que recibe:	Civil	<input type="checkbox"/>	Mecánica	<input checked="" type="checkbox"/>	
Encierre con un círculo si la reparación cumple con lo especificado a continuación:					
El equipo se entrega limpio		<input checked="" type="radio"/>	SI	NO	
Se realiza prueba de funcionamiento		<input checked="" type="radio"/>	SI	NO	
La prueba de funcionamiento fue exitosa		<input checked="" type="radio"/>	SI	NO	
Observaciones:	Todo OK, sin novedad				
Entrega:	Nombre: Romero Cabrera		Recibe:	Nombre: Ailton Mayon	

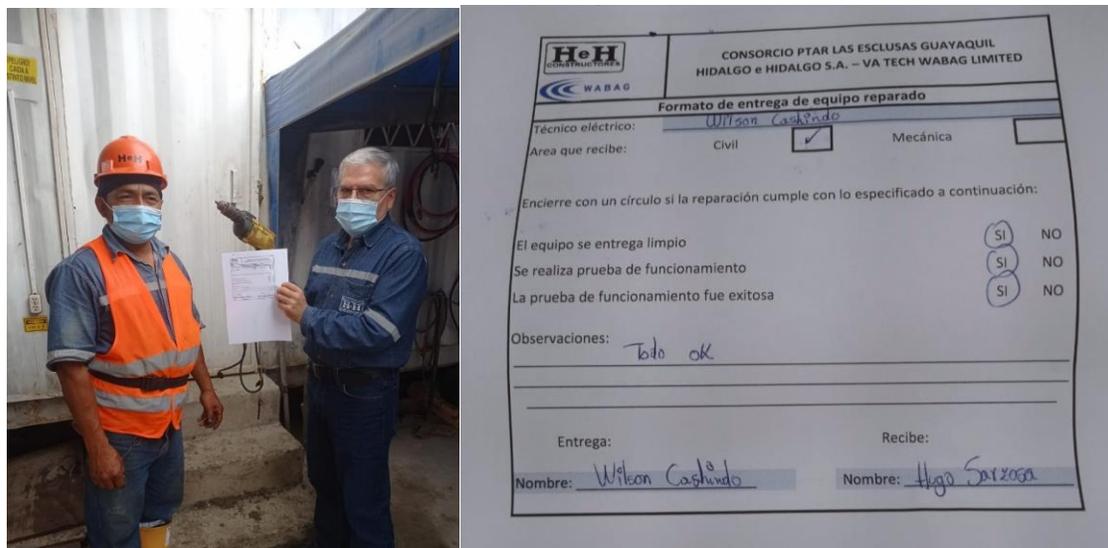
**Figura 3.16 Entrega de cargador de baterías al área mecánica**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021



**Figura 3.17 Entrega de generador al área mecánica**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021



**Figura 3.18 Entrega de taladro al área civil**

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

### 3.6. Resultados obtenidos de la auditoría 5s después de su implementación

Como resultado esperado también se planteó dejar implementada la metodología 5s en el taller eléctrico, lo cual luego de la ejecución en el mes de julio, se hizo un seguimiento para que se siga cumpliendo en el mes de agosto y al finalizar dicho mes se realizó la auditoría 5s con una lista de chequeo acorde al formato presentado en el capítulo anterior, las figuras 3.18, 3.19, y 3.20 muestran la evaluación de cada una de las personas invitadas a la auditoría de evaluación de resultados.

CONDICION PIM LAS ESCUELAS GUAYAQUIL  
 HIDALGO e HIDALGO S.A. - VA TECH WABAG LIMITED

Auditoría 55 - LISTA DE CHEQUEO

Nombre del evaluado: Ing. Paola Carrión - Recursos Humanos

Se puntúa con un círculo verde 0 no bueno, 1 regular, 2 aceptable y 3 excelente el nivel de puntuación referente a las observaciones descritas a continuación:

Observaciones	Puntaje	Notas:
Existen elementos innecesarios dentro del taller	0 1 2 3	* Todo lo innecesario se eliminó
Los planos de almacenamiento están ordenados	0 1 2 3	* OK
Los datos de inventarios de los materiales están ordenados	0 1 2 3	* OK
El área del taller está limpia	0 1 2 3	* OK
El nivel de reparaciones está disponible y limpia	0 1 2 3	* OK
Se cuenta con programas de reparaciones	0 1 2 3	* OK
Se cuenta con procedimientos de reparación definidos	0 1 2 3	* OK
Se cuenta con formato de entrega de equipos reparado	0 1 2 3	* OK

PUNTAJE OBTENIDO: 29

Figura 3.19 Evaluación de Ing. Paola Carrión representante de Recursos Humanos

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

CONDICION PIM LAS ESCUELAS GUAYAQUIL  
 HIDALGO e HIDALGO S.A. - VA TECH WABAG LIMITED

Auditoría 55 - LISTA DE CHEQUEO

Nombre del evaluado: Wilson Cashindo - Técnico Eléctrico

Se puntúa con un círculo verde 0 no bueno, 1 regular, 2 aceptable y 3 excelente el nivel de puntuación referente a las observaciones descritas a continuación:

Observaciones	Puntaje	Notas:
Existen elementos innecesarios dentro del taller	0 1 2 3	
Los planos de almacenamiento están ordenados	0 1 2 3	
Los datos de inventarios de los materiales están ordenados	0 1 2 3	
El área del taller está limpia	0 1 2 3	
El nivel de reparaciones está disponible y limpia	0 1 2 3	
Se cuenta con programas de reparaciones	0 1 2 3	
Se cuenta con procedimientos de reparación definidos	0 1 2 3	
Se cuenta con formato de entrega de equipos reparado	0 1 2 3	

PUNTAJE OBTENIDO: 29

Figura 3.20 Evaluación de Técnico. Wilson Cashindo representante del taller eléctrico

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

CONDICION PIM LAS ESCUELAS GUAYAQUIL  
 HIDALGO e HIDALGO S.A. - VA TECH WABAG LIMITED

Auditoría 55 - LISTA DE CHEQUEO

Nombre del evaluado: Ing. Tatiana Sánchez P. - Mentora Proyecto

Se puntúa con un círculo verde 0 no bueno, 1 regular, 2 aceptable y 3 excelente el nivel de puntuación referente a las observaciones descritas a continuación:

Observaciones	Puntaje	Notas:
Existen elementos innecesarios dentro del taller	0 1 2 3	OK
Los planos de almacenamiento están ordenados	0 1 2 3	Continúa el orden
Los datos de inventarios de los materiales están ordenados	0 1 2 3	OK
El área del taller está limpia	0 1 2 3	OK
El nivel de reparaciones está disponible y limpia	0 1 2 3	OK
Se cuenta con programas de reparaciones	0 1 2 3	OK
Se cuenta con procedimientos de reparación definidos	0 1 2 3	OK
Se cuenta con formato de entrega de equipos reparado	0 1 2 3	OK

PUNTAJE OBTENIDO: 29

Figura 3.21 Evaluación de Ing. Tatiana Sánchez mentora del proyecto

Fuente: Tatiana Sánchez Paredes, 2021

La figura 3.21 muestra a los participantes de la auditoría realizada el día 3 de septiembre de 2021.



**Figura 3.22 Fotografía tomada el 3 de septiembre al finalizar la auditoría**

El puntaje obtenido de la auditoría realizada fue de 22,33 puntos, lo cual basado en los premios acordados, los 3 técnicos eléctricos recibirían en el mes de agosto un bono de \$ 100 dólares por cumplimiento a la implementación de herramientas de manufactura esbelta.

Este bono será pagado en efectivo hasta el 15 de septiembre de 2021.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

1. Se redujo el tiempo invertido en movimientos innecesarios en el taller eléctrico a través de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta. El promedio de duración de una reparación se redujo en un 39% en el mes de agosto comparado con el tiempo tomado inicialmente en el mes de junio.
2. Con la aplicación de las herramientas VSM, análisis A3 y 5S se logró eliminar el tiempo invertido en actividades que no agregan valor, disminuyendo el pago de horas extras diario en un 77% superando al resultado deseado que era el 75%. A nivel del mes y comparando el mes de junio con el mes de agosto se redujo en un 25% las horas extras pagadas a cada técnico eléctrico.
3. Se recibió el comunicado de parte de las áreas civil y mecánica donde indican que el plan de mantenimiento y reparaciones se cumplió en un 96% durante el mes de agosto, el cual tuvo un aumento del 25% comparado con los meses de abril, mayo y junio donde solo se cumplió con el 71%.

### 4.2. RECOMENDACIONES

1. Continuar realizando las auditorías mensuales para evaluar el cumplimiento de la metodología 5s instaurada en el taller eléctrico.
2. Exponer las mejoras a otros departamentos para que todas las áreas se involucren y poco a poco toda la compañía se pueda alinear a la metodología.
3. Plantear para futuros proyectos la implementación de herramientas de manufactura esbelta al inicio de la obra, así se podrá tomar en cuenta el diseño y los espacios que requiere cada departamento.

## BIBLIOGRAFIA

- Arrieta, J. G. (2012). Las 5S, Pilares de la Fábrica Visual. *Las 5S, Pilares de la Fábrica Visual*, pág. 3.
- Dorbessan, J. R. (2016). *Las 5S, herramientas de cambio*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Universitaria de la Universidad Tecnológica Nacional .
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Neto, F. M. (2013). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Madrid, España: Bubok Publishing.
- Pombal, T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., & Silva, F. J. (2019). Implementation of Lean Methodologies in the Management of Consumable Materials in the Maintenance Workshops of an Industrial Company. *29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*. Limerick.