



**MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL EJE DE COLA EN LA
EMPRESA SERVITEC LTDA BAJO UN ENFOQUE LEAN MANUFACTURING**

**PRESENTADO POR:
LEIDY CAROLINA JASSIR SÁNCHEZ
MARÍA FERNANDA QUINTERO PUENTES**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELIAS BECHARA ZAINUM – SECCIONAL
CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA – BOLÍVAR
2021**



**MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL EJE DE COLA EN LA
EMPRESA SERVITEC LTDA BAJO UN ENFOQUE LEAN MANUFACTURING**

**PRESENTADO POR:
LEIDY CAROLINA JASSIR SÁNCHEZ
MARÍA FERNANDA QUINTERO PUENTES**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO(A)
INDUSTRIAL**

**GERMAN HERRERA VIDAL
ASESOR DISCIPLINAR**

**MARÍA MERCEDES SUÁREZ
ASESORA METODOLÓGICA**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELÍAS BECHARA ZAINUM – SECCIONAL
CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA – BOLÍVAR
2021**

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias, 30 de enero de 2021

Dedicamos esta tesis:

A Dios por darnos la oportunidad de lograr este arduo trabajo y a nosotras mismas por la constancia, traspasos, fracasos y triunfos a lo largo de estos 5 años de carrera, amistad y hermandad.

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos difíciles, por permitir que nos encontráramos en el camino y de esta forma formar y construir un excelente equipo, brindándonos la oportunidad de vivir estos 5 años llenos de aprendizajes, experiencias y sobre todo de momentos llenos de felicidad.

A la empresa Servitec Ltda., por abrirnos las puertas y darnos la oportunidad de aprender de la mano de ellos, llevando de esta forma a cabo nuestra investigación en sus instalaciones; pero más específicamente agradecemos al Sr. Limyim Cárdenas que siempre estuvo allí, atento a apoyarnos, brindarnos la información, el tiempo y los ingresos a las áreas de producción.

Así mismo agradecemos a nuestro asesor disciplinar el docente German Herrera Vidal por apoyarnos e instruirnos en el desarrollo de nuestra investigación, aún antes de que este fuese elegido como nuestro proyecto de grado; motivándonos así mismo a participar en el evento RedCOLSI donde fuimos reconocidas a nivel regional, nacional e internacional. También a nuestra asesora metodológica la docente María Mercedes Suárez quien nos cuestionó en muchas ocasiones nuestros planteamientos, ayudándonos a desarrollar y estructurar más firmemente nuestra investigación; siendo ella también impulsadora y promotora de presentar nuestra investigación ante Redinlog donde nuestro proyecto fue reconocido como el segundo mejor en curso. Por otro lado, agradecemos así mismo, al docente Jairo Blanco quien fue el profesor que motivó esta investigación desde cuarto semestre al dictarnos la materia métodos y tiempos, permitiéndonos dar inicio a esta investigación.

Finalmente agradecemos a nuestras familias por el apoyo incondicional, la motivación, la fortaleza que nos brindaron a lo largo de esta etapa, ayudándonos a vencer todas y cada una de las dificultades que se nos presentaban; pero que al mismo tiempo se alegraban de nuestros triunfos. Por último, a nuestros demás docentes y compañeros por hacer de esta etapa universitaria un trayecto de vivencias que jamás olvidaremos.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	13
Introducción.....	14
Capítulo 1.....	15
Generalidades del Proyecto	15
1.1. Problema	15
1.1.1. Descripción de la situación actual del sector	15
1.1.2. Descripción del problema.....	17
1.1.3. Formulación del problema.....	22
1.2. Objetivos	23
1.2.1. Objetivo General	23
1.2.2. Objetivos Específicos.....	23
1.3. Justificación	23
1.4. Metodología.....	24
1.4.1. Tipo de investigación	27
1.4.2. Población y muestra	27
1.4.3. Fuentes de información.....	27
Capítulo 2.....	28
Marco Referencial	28
2.1. Antecedentes	28
2.2. Marco Teórico	30
2.3. Marco Conceptual	42
2.3.1. Estudio de métodos	42
2.3.2. Proceso.....	42
2.3.3. Tiempo improductivo.....	42
2.3.4. Tiempo estándar	42
2.3.5. Cuñero	42
2.3.6. Hélice.....	43
2.3.7. Inspecciones de actividad.....	43
Capítulo 3.....	44
Generalidades del caso de estudio	44
3.1. Reseña histórica.....	44

3.2. Ubicación de la empresa:	44
3.3. Filosofía Organizacional.	45
3.3.1. Misión.....	45
3.3.2. Visión	45
3.3.3. Empleados con los que cuenta la empresa:	45
3.4. Productos y servicios que ofrece la empresa:	46
3.5. Clientes actuales.	50
3.6. Proceso productivo del Eje de Cola.....	51
3.6.1. Planeación	51
3.6.2. Personal asignado	51
3.6.3. Descripción de los equipos prioritarios	51
Capítulo 4.....	55
Diagnóstico de la situación actual	55
4.1. Estudio de métodos.....	55
4.1.1. Diagrama de Recorrido.....	55
4.1.2. Cursograma Analítico	57
4.2. Estudio de tiempos	62
4.2.1. Tiempos de observación	63
4.2.2. División de las operaciones en elementos.....	63
4.2.3. Cálculo del número de observaciones	65
4.2.4. Tiempo estándar	66
Capítulo 5.....	71
Aplicación metodología de las 5s	71
5.1. Diagnóstico de la situación actual en área de producción del proceso del eje de cola. 71	
5.2. Implementación de las 5s.....	74
5.2.1. Primera etapa 1“S”: 整理, Seiri – Clasificación	74
5.2.2. En la segunda etapa 2“S”: 整頓, Seiton - Organización	78
5.2.3. En la tercera etapa 3“S”: 清掃, Seiso - Limpieza	80
5.2.4. Desarrollo de la cuarta y quinta S: 清潔, Seiketsu - Estandarizar y 躰, Shitsuke – Disciplina.....	84
5.3. Resultados puntuales de la implementación de las 5s	84
Capítulo 6.....	88

Desarrollo de la metodología SMED	88
6.1. Fundamentación teórica	88
6.2. Paso 1: Información de diagnóstico de entrada	89
6.3. Paso 2: Separación de las actividades internas y externas.....	91
6.4. Paso 3: Conversión actividades internas a externas	93
6.5. Paso 4: Análisis de los resultados.....	94
Capítulo 7.....	96
Plan de mejora.	96
7.1. Aplicación de las 5w2h.....	96
Para el desarrollo del presente plan, se dividió en tres pasos como se presenta a continuación:	96
7.2. Paso 1: Acciones de mejora con 5s y SMED (¿Qué y cómo hacerlo?).....	96
7.3. Paso 2: ¿Quién, dónde y cuándo hacerlo?	98
7.4. Paso 3: ¿Cuánto y por qué hacerlo?	99
7. Conclusiones	101
8. Bibliografía.....	103
9. Anexos.....	107

TABLA DE GÁFICAS

Gráfica 1. Distribución por actividad económica.....	15
Gráfica 2. Porcentaje de empleadores que reportan dificultades para encontrar talento humano adecuado para sus empresas. Colombia y países de referencia, 2018.	16
Gráfica 3. Radial Global	17
Gráfica 4. Radial producción y Cadena de Suministro	18
Gráfica 5. Diagrama de Pareto.....	20
Gráfica 6. Diagrama de barras de las 3 actividades por zona de producción	61
Gráfica 7. Radial 5s: Porcentaje de cumplimiento por categoría.....	74
Gráfica 8. Grafica de barras de las acciones realizadas.	77
Gráfica 9. Resultado de la encuesta de satisfacción.....	111

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama Causa – efecto Análisis del problema.....	19
Ilustración 2. Fotografías del ingreso del Eje de Cola – Áreas del proceso productivo ..	22
Ilustración 3. Metodología General.....	24
Ilustración 4. Metodología de la aplicación de herramientas de ingeniería	25
Ilustración 5. Fachada de la empresa Servitec Ltda.....	44
Ilustración 6. Ubicación geográfica de la empresa caso de estudio.	45
Ilustración 7. Organigrama de la empresa	46
Ilustración 8. Acoples	47
Ilustración 9. Roldanas o poleas	47
Ilustración 10. Piñones	48
Ilustración 11. Espárragos Metálicos.....	48
Ilustración 12. Eje de cola	48
Ilustración 13. Estructura y otros elementos soldados	49
Ilustración 14. Logo corporativo empresa Naviera Central.....	50
Ilustración 15. Logo corporativo empresa Cotecmar	50
Ilustración 16. Logo corporativo empresa Astivik	51
Ilustración 17. Logo corporativo empresa Serport.....	51
Ilustración 18. Máquina de soldadura Empresa Servitec Ltda.....	52
Ilustración 19. Máquina del torno	52
Ilustración 20. Máquina de la fresadora	53
Ilustración 21. Roscas del eje de cola	53
Ilustración 22. Simbología del diagrama de Recorrido	56
Ilustración 23. Diagrama de recorrido del proceso productivo del eje de cola	56
Ilustración 24. Implementación 整理, Seiri – Clasificación	75
Ilustración 25. Tarjetas Rojas	75
Ilustración 26. Evidencias de las fotografías donde se clasificaron los objetos innecesarios	76
Ilustración 27. Implementación de las 5S. Organizar	79
Ilustración 28. Marcación ubicación de máquinas y áreas de trabajo	80
Ilustración 29. Implementación de las 5S. Limpieza.....	81
Ilustración 30. Antes y después en el área de soldadura	85
Ilustración 31. Antes y después depósito de desechos y área cerca al torno	86

TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Codificación de causas.....	19
Tabla 2. Codificación de causas.....	20
Tabla 3. Fases para el desarrollo del proyecto de grado	26
Tabla 4. Casos de aplicación de Lean Manufacturing.....	28
Tabla 5. Herramientas del Lean Manufacturing.....	31
Tabla 6. Elementos de la herramienta 5W 2H.....	32
Tabla 7. Pasos para desarrollar las 5W2H.....	33
Tabla 8. Plan de acción almacén Agro–Construcción basado en las 5W2H.....	34
Tabla 9. Estructura de las 5 “s”	36
Tabla 10. Pasos realizados para la aplicación de la metodología 5s	36
Tabla 11. Aplicación de la técnica SMED observación y medición	37
Tabla 12. Aplicación de la técnica SMED operaciones internas y externas.	38
Tabla 13. Lista de actividades del método actual y del método propuesto de preparación	38
Tabla 14. Definiciones de la metodología SMED	40
Tabla 15. Lista de CHECK-LIST.....	40
Tabla 16. Aplicación de la técnica SMED en 7 pasos	40
Tabla 17. Línea productiva de los productos metalmecánicos de la empresa Servitec Ltda.	55
Tabla 18. Cursograma analítico del proceso productivo del eje de cola	57
Tabla 19. Descomposición de las operaciones en elementos.....	63
Tabla 20. Toma de tiempos.....	64
Tabla 21. Toma de tiempos respecto al método estadístico.	66
Tabla 22. Toma de tiempos.....	67
Tabla 23. Escala de valoración de acuerdo al ritmo del trabajo.	67
Tabla 24. Valoración del ritmo del trabajo en el proceso de centrado de la piza.....	68
Tabla 25. Cálculo del tiempo normal o básico.....	68
Tabla 26. Identificación suplementos por elemento.	69
Tabla 27. Cálculo suplementos durante el centrado de la pieza.	70
Tabla 28. Evaluación inicial metodología 5s en el área de producción	71
Tabla 29. Tabulación inicial de 5s	73
Tabla 30. Listado de acciones realizadas por proceso.....	76
Tabla 31. Formato de implementación de orden	79
Tabla 32. Manual de Limpieza	81
Tabla 33. Formato de inspección de orden y limpieza	83
Tabla 34. Análisis sobre las observaciones.	89
Tabla 35. Clasificación según el tipo de actividad.	91
Tabla 36. Propuesta de mejora de las actividades internas.	93
Tabla 37. Primera parte de la construcción de la 5W2H (Qué y Cómo).....	96
Tabla 38. Segunda parte de la construcción de la 5W2H (Quién, dónde y Cuándo).	98
Tabla 39. Tercera parte de la construcción de la 5W2H (Por qué y Cuánto).	99
Tabla 40. Escala de repuestas.....	110
Tabla 41. Formato encuesta de satisfacción frente a las metodologías Lean Manufacturing implementadas.	110

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta realizada a la empresa.....	107
Anexo 3. Sistema de suplementos por descanso.	109
Anexo 4. Modelo de la encuesta de satisfacción y su resumen.	110

RESUMEN

Este proyecto pretende mostrar una propuesta de un Plan de Mejora en la empresa Servitec Ltda., más precisamente en el proceso de fabricación del eje de cola para satisfacer a sus clientes, de acuerdo con los tiempos de entrega y las especificaciones dadas en el producto. Para ello, se realizaron visitas a la planta de producción con el fin de recopilar datos e identificar las etapas de producción como también los problemas que se presentan en la organización a través de encuestas, entrevistas y listas de chequeo.

Gracias a esto se observó que en el proceso productivo existen reprocesos, tiempos muertos, movimientos y desplazamientos innecesarios, inadecuado alistamiento de las máquinas al momento de fabricar el producto, desorden con las herramientas y objetos en los puesto de trabajo, además de la falta de capacitación de algunos operadores que no tienen la experiencia necesaria para llevar a cabo los procesos, lo que incrementa el tiempo de fabricación del eje de cola, ocasionando que la empresa deba contratar horas extras al personal para lograr satisfacer la demanda y cumplir las entregas. También se detectó que no están delimitadas las áreas, falta limpieza en la zona de producción, control y motivación del parte del jefe de producción y la alta gerencia para que los trabajadores cambien su cultura en cuanto a orden y limpieza de sus lugares de trabajo, llevando a que en ocasiones sucedan incidentes.

Con la información obtenida, se aplicó la filosofía Lean Manufacturing, más exactamente la herramienta 5S para minimizar reprocesos, costos y tiempos de fabricación de la pieza y así cumplir con los tiempos de entrega; además del desarrollo de la herramienta SMED en el proceso más crítico del eje de cola, siendo el centrado de la pieza; permitiendo con ello, reducir los tiempos de alistamiento y eliminar los reprocesos, aumentando así, la productividad.

Palabras Claves: Plan de Mejora, Eje de Cola, Servitec Ltda., y Lean Manufacturing, 5s, SMED, reprocesos y productividad.

INTRODUCCIÓN

Figueredo afirma que cualquier empresa debe luchar por mantenerse siempre a la vanguardia, incorporando nuevas tecnologías para mejorar continuamente su proceso, satisfaciendo así las necesidades del cliente. (Figueredo F. 2015); pues a medida que la evolución en todos los campos de la vida humana avanza a causa del fenómeno de la globalización, las personas deben asumir o crear estrategias adecuadas para mantenerse a la vanguardia y poder sobrevivir en este mundo tan cambiante y competitivo; donde no solo son las personas las implicadas y afectadas, sino que también esto mismo les sucede a las industrias, más específicamente a las empresas metalmeccánicas, que con el pasar del tiempo se someten a mercados cada vez más complejos y exigentes, donde se busca satisfacer las necesidades de los clientes al ser este el motor de las empresas, consiguiendo así, que las compañías puedan tener resultados medidos en términos de productividad, rentabilidad e ingresos.

Por tal razón, una de las áreas fundamentales de las empresas manufactureras es el área de la producción, pues en ella se concentra gran parte de la satisfacción del cliente en lo referente al producto (especificaciones, dimensiones y características), el cumplimiento del tiempo de entrega y la disponibilidad cuando es solicitado. Por esto es necesario que las organizaciones manejen un modelo o ideología que permita cumplir las metas u objetivos que se proponen a alcanzar, utilizando “un método que hace más y más con menos y menos –menos esfuerzo humano, menos equipamiento, menos tiempo y menos espacio–, al tiempo que se acerca más y más a ofrecer a los clientes aquello que quieren exactamente.” (James P. Womack Daniel T. Jones. 2003).

Más específicamente se habla del lean manufacturing este modelo o método adjunta distintas herramientas para eliminar todos los desperdicios en la producción de la empresa, con el fin de mejorar la productividad, lograr menores costos de fabricación y de inventario, tener mayor aprovechamiento del espacio y de los trabajadores u operarios del proceso acompañado de una satisfacción al cliente. Por ende, en este proyecto se busca aplicar conceptos y herramientas lean manufacturing en el proceso productivo del eje de cola en la Empresa Servitec Ltda., con el objetivo de agregar valor a la empresa a través del aumento de la eficiencia productiva. Por consiguiente, disminución en tiempos de producción, lo que brindará competitividad y satisfacción del cliente.

Capítulo 1.

Generalidades del Proyecto

1.1. PROBLEMA

1.1.1. Descripción de la situación actual del sector

En lo corrido del año 2019 se logra apreciar el crecimiento de la industria metalmecánica en Colombia de un porcentaje de 12,3% lográndose apreciar la eficiencia de esta industria caracterizada por generar escalonamientos productivos con otros sectores de la economía como la construcción, la industria automotriz y manufacturera, además es gran generador de fuentes de empleo al vincularse de manera directa con otros campos del conocimiento y la tecnología.

Gráfica 1. Distribución por actividad económica.



Fuente: DANE

Sin embargo, el sector metalmecánico colombiano está afrontando una gran escasez de materias primas iniciales como uno de sus grandes problemas; Colombia produce muy poco arrabio, genera muy poca chatarra, importa la totalidad del cobre, del aluminio, las ferroaleaciones y otros metales básicos que consume.

Por otro lado, que en Colombia el sector fabricante de maquinaria y equipo es pequeño, débil y las condicionantes de orden socioeconómico conspiran permanentemente con el desarrollo de esta industria.

Según Arturo Gutiérrez en su investigación de la productividad en la industria metalmecánica colombiana, afirma que el grado de atraso en este sector se debe a “los conflictos internos de estructura, reduciéndose a la modesta capacidad de acelerar el

proceso de modernización, dentro de la dinámica expansiva, lo que conspira a favor del mantenimiento de raquíticos niveles de productividad; por tanto, baja la eficiencia, calidad del producto/servicio e incrementa relativamente los costos”. (Gutiérrez, J. 2015)

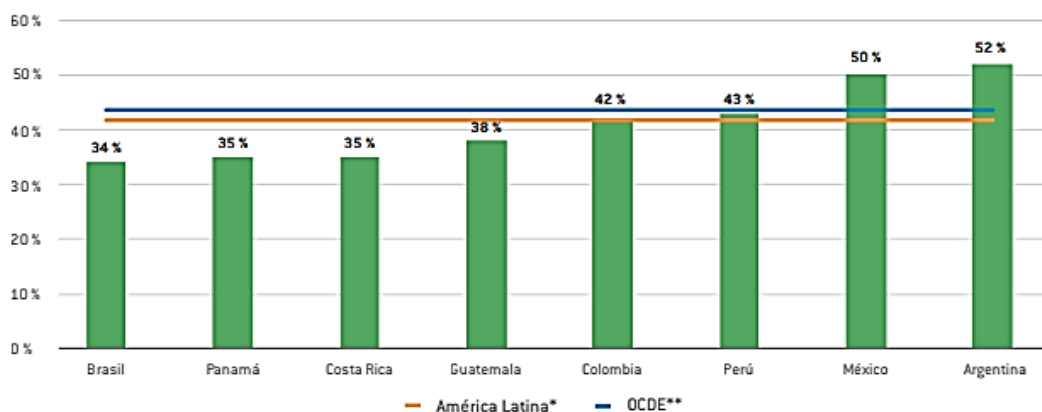
Además, la ANDI en su estudio “Vías de la competitividad. Caso Bogotá-Cundinamarca”, muestra que, en los últimos años, la especialización de las actividades productivas ha empezado a exigir de las empresas, la contratación de mano de obra calificada en competencias cada vez más específicas. Por tal motivo, empresarios industriales de la región identifican, entre los principales problemas del entorno competitivo de la región, la limitada oferta de mano de obra calificada para tareas concretas que requieren perfiles laborales específicos.

Actualmente las empresas manufactureras atraviesan dificultades como:

- Costos elevados en el consumo de energía
- Falta de certificación de calidad
- Altos tiempos de producción (Cuellos de botella)

Las metalmecánicas y las condiciones de las mismas generan posibilidad de golpes, cortes, caídas, proyección de partículas junto a la presencia de humos, gases de soldadura y otras situaciones de peligro que constituyen en la actualidad una problemática que provoca consecuencias en la salud de los trabajadores, enfermedades laborales y accidentes de trabajo con resultados negativos para el ser humano. Elías Alberto Bedoya Marrugo. (2019).

Gráfica 2. Porcentaje de empleadores que reportan dificultades para encontrar talento humano adecuado para sus empresas. Colombia y países de referencia, 2018.



Fuente: Hays Global Index (2018) y ManpowerGroup (2018).

Fuente: Informe de competitividad 2019 - 2020.

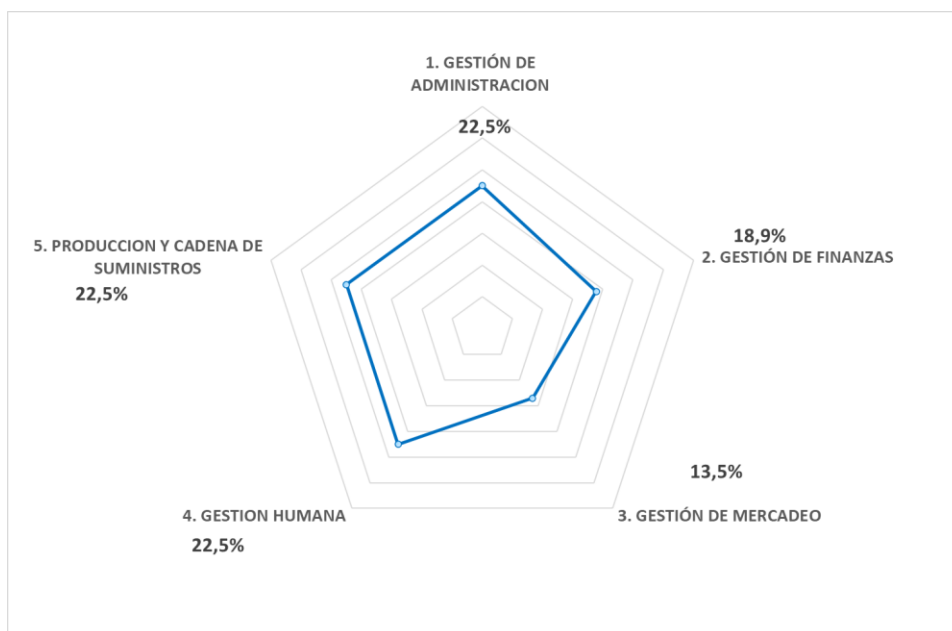
OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

1.1.2. Descripción del problema

La empresa Servitec Ltda del sector metalmecánico, está ubicada en la ciudad de Cartagena y cuenta con 40 años de experiencia en la fabricación de componentes mecanizados, estructuras y otros elementos soldados para la industria naval y petroquímica; esta se dedicada a la reparación y mantenimiento de partes y/o elementos de maquinaria en general. Desde el año 2005 se certificaron en la norma ISO 9001 y en el año 2014 en la norma OHSAS 18001. Sin embargo, la compañía tiene algunas falencias en muchos puntos referentes al tema del proceso productivo, especialmente los relacionados con el tiempo de entrega a los clientes.

Primeramente, se aplicó una lista de chequeo para conocer el estado general en el que se encontraba la empresa y así poder descubrir cuáles eran las grandes falencias que presentaba; entre ellas, se descubrió que el área de mercadeo estaba en proceso de construcción, por ello, muchas actividades de ventas, pronósticos, estudio del mercado, entre otras, apenas se estaban empezando a estudiar y concretar, obteniendo así un cumplimiento de tan solo el 13,5% frente al 22,5% por categoría; por otro lado, en la gestión de finanzas respecto a la utilización de herramientas para tener de forma precisa y confiable la información, se observó que están en proceso de conseguirla y por esa razón su porcentaje de cumplimiento fue solo del 18,9%; dado que la forma en la que siempre han manejado esta área ha sido poco sistematizada; por tal razón, se encuentran también en proceso de poder realizar un análisis de rentabilidad general por cada unidad de su negocio.

Gráfica 3. Radial Global

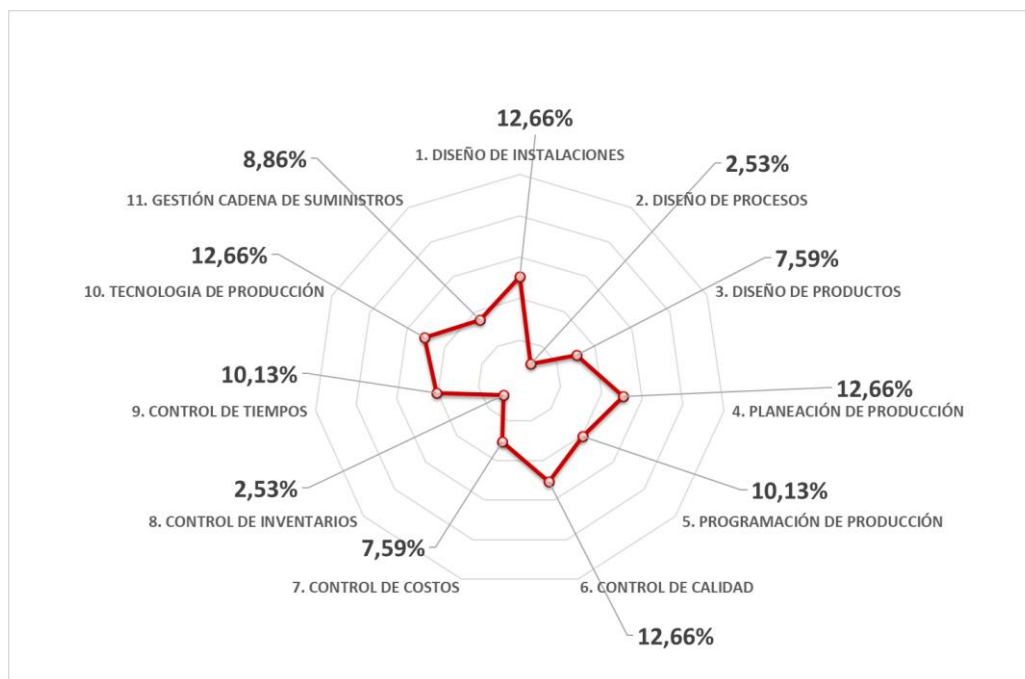


Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, estas dos áreas en las Pymes es muy común que presenten este tipo de carencias y falencias o que se encuentren en proceso de construcción y actualización.

Por tal razón, se decidió aplicar otra lista de chequeo, en esta oportunidad al Jefe de Producción para conocer a más detalle cómo estaba esta área y se obtuvieron los siguientes resultados:

Gráfica 4. Radial producción y Cadena de Suministro



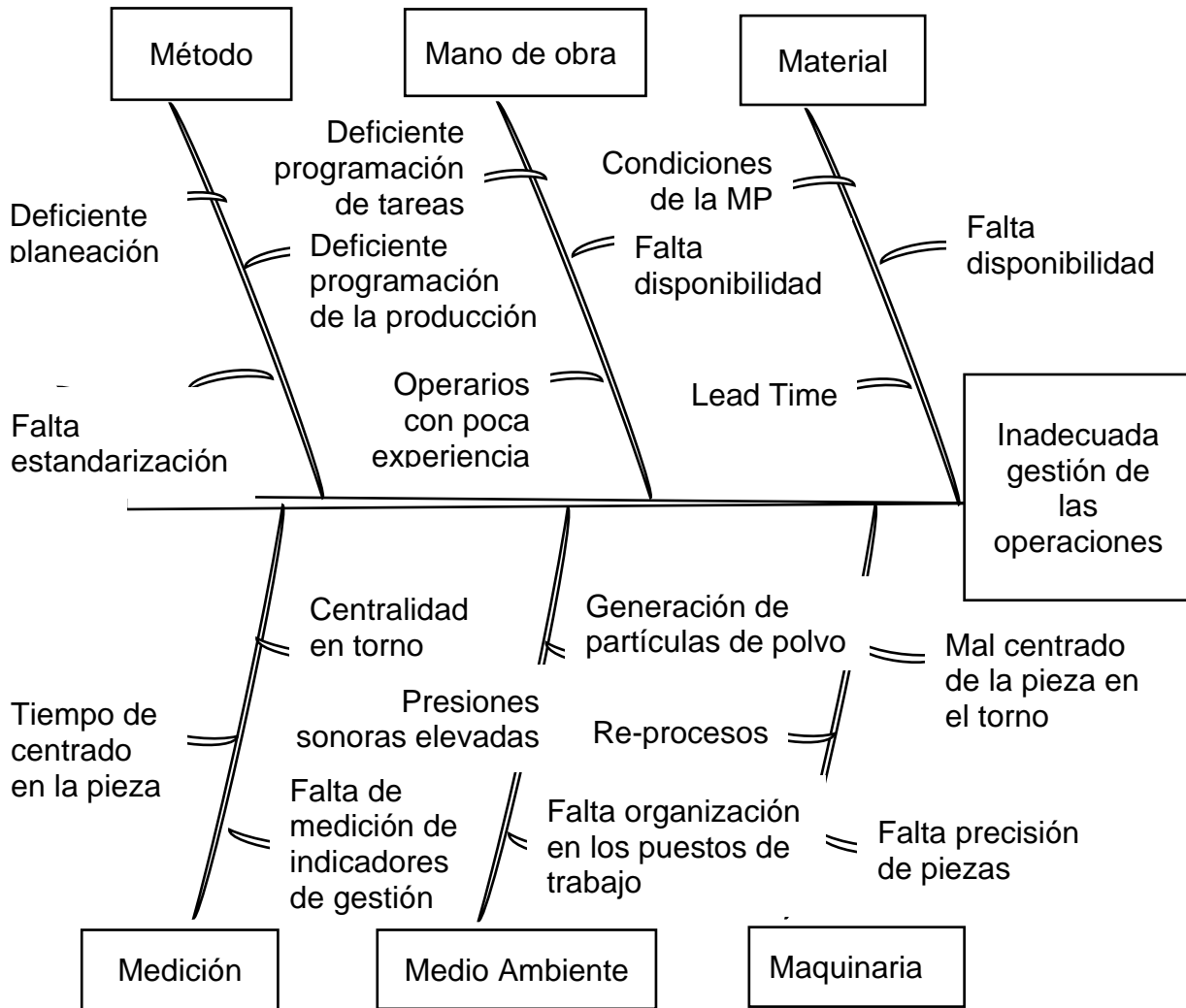
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar las categorías más críticas de esta área fueron El Control de Inventarios y El Diseño de procesos con un porcentaje de cumplimiento de tan solo el 2,53% de un total del 12,66% de cada uno. Estas categorías están críticas dado que no conocen el tiempo estándar del desarrollo productivo, no tienen establecidos con diagramas de procesos las entradas, las salidas y controles de cada etapa del proceso productivo, no existe un flujo uniforme de los productos durante el proceso, no manejan un control de inventarios, presentando pérdida de tiempos y esperas, no están establecidos con diagramas de microprocesos cada una de las estaciones de trabajo, no es eficiente la organización interna de los almacenes y les falta tener un buen orden interno; por otro lado, tampoco cuentan con un control de las pérdidas, deterioros, extravíos, mermas y obsolescencia de mercancías; pero sobre todo en lo referente al proceso productivo o de fabricación del eje de cola.

Varias de estas problemáticas están ocasionando una serie de consecuencias como, por ejemplo, incremento de los costos de fabricación debido a que en algunas ocasiones para poder cumplir con los pedidos de los clientes deben contratar al personal capacitado algunas horas extras. Después de la entrevista con el jefe de producción de la empresa

se especificó que el eje de cola es el producto que más dificultades presenta para la empresa y está ligado con calidad, costos y tiempos. A continuación, se especifica cual es la formulación del problema:

Ilustración 1. Diagrama Causa – efecto Análisis del problema



Fuente: Elaboración Propia

Para identificar la causa o causas que más están afectando el proceso productivo del eje de cola y provocan que haya una inadecuada gestión de las operaciones, se decidió realizar una matriz de priorización de causas, donde primeramente se codificaron cada una de ellas. (Ver tabla 1)

Tabla 1. Codificación de causas

Causas	
Método	Medición

Causas			
A	Deficiente planeación	D	Centralidad en torno
	Deficiente programación de la producción		Tiempo de centrado en la pieza
	Falta estandarización		Falta de medición de indicadores de gestión
Mano de Obra		Medio Ambiente	
B	Deficiente programación de tareas	E	Generación de partículas de polvo
	Falta disponibilidad		Presiones sonoras elevadas
	Operarios con poca experiencia		Falta organización en los puestos de trabajo
Material		Maquinaria	
C	Condiciones de la MP	F	Mal centrado de la pieza en el torno
	Falta disponibilidad		Re-procesos
	Lead Time		Falta precisión de piezas

Fuente: *Elaboración Propia*

Una vez codificadas o clasificadas, se construyó la Matriz de priorización de causas, proporcionando la siguiente información:

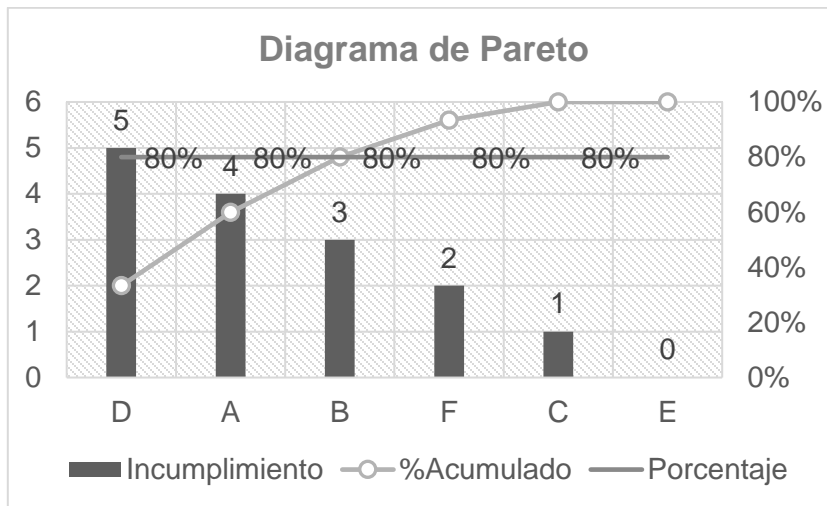
Tabla 2. *Codificación de causas*

Causas	A	B	C	D	E	F	Total	Ponderación
A	1	1	0	1	1	0	4	27%
B	0	1	1	0	1	1	3	20%
C	0	0	1	0	1	0	1	7%
D	1	1	1	1	1	1	5	33%
E	0	0	0	0	1	0	0	0%
F	0	0	1	0	1	1	2	13%
							15	100%

Fuente: *Elaboración Propia*

Para realizar un análisis de la situación, se elaboró un Diagrama de Pareto (Ver gráfica 5) donde se tomaron los datos de incumplimiento obtenidos en la matriz de priorización de causas (Ver tabla 2), observándose que las mediciones, métodos y mano de obra son las causas que se encuentran entre los pocos vitales con porcentajes de incumplimiento de 33%, 27% y 20% respectivamente.

Gráfica 5. *Diagrama de Pareto*



Fuente: *Elaboración Propia*

De esta forma, se aprecia que la M que más está contribuyendo con la inadecuada gestión de las operaciones es la de medición con un 33%, causa que con las visitas realizadas en la empresa se identificó que en ciertas áreas existen espacios reducidos, hay demoras y pérdidas de tiempo por los altos tiempos de alistamiento del Eje de Cola en la máquina del torno, más específicamente en el centrado del eje, actividad que demanda que el operador tenga gran experiencia y practicidad para conseguir el centrado adecuado, siendo esta una actividad crítica de la cual dependerán la eficiencia de los demás procesos; así mismo se encontró desorden en el área de soldadura y acumulación de material de producción como laminas y entre otros metales, que ocupan demasiado espacio de desplazamiento y manipulación del operario, ocasionando dificultad para maniobrar a la hora de soldar el eje de cola y aumentado el tiempo del proceso productivo.

Otra M que provoca la inadecuada gestión de las operaciones es la de Método, donde se evidenciaba con las visitas realizadas en la empresa la falta de estandarización de los métodos, ya que todo está basado en la experiencia de un solo trabajador, falta de organización en los puestos de trabajo debido a que se encuentran diferentes residuos de virutas y metales en las áreas de trabajo como también herramientas o materiales que no son necesarios (Ver ilustración 1), falta medición de indicadores como el rendimiento de los recursos utilizados por cada proceso de fabricación y sobre todo en la medición del centrado del Eje de cola, razón que genera más re-procesos.

Además según comenta el jefe de producción en las entrevistas realizadas, que a veces no se alcanzan a realizar inspecciones del producto terminado, puesto que no planifican las actividades, ni hay una adecuada organización o distribución de las tareas quedando mal en algunas entregas con los pedidos de los clientes.

Siguiendo con los datos arrojados (Ver gráfica 5), se observa que otra M que influye en la causa raíz del problema es la de Mano de obra con un 20%, donde con las entrevistas y listas de chequeo aplicadas al jefe de producción se pudo descubrir que esto se debe a la falta de disponibilidad de mano de obra porque solo se encuentra un operador con experiencia para la realización del eje de cola y en varias ocasiones, según lo afirma el

jefe de producción han tenido que contratar por horas extras a este operador para poder cumplir las entregas de los clientes, evidenciándose que la falta de experiencia de algunos operarios provoca demoras en la producción del producto cuando deben ejercer la labor por incapacidad o ausencia de este único trabajador con experiencia.

Otro problema que se presenta en la organización es la pérdida de tiempo ocasionada por el desplazamiento del eje de cola teniendo como distancia inicial de 10 metros, el cual se realiza manualmente desde la entrada de la empresa hasta llegar a la zona de las máquinas como son torno, fresadora y soldadura donde debe ser procesado (Ver ilustración 1); adicional se presenta la dificultad del centrado de la pieza en el torno por su difícil manipulación debido a que es un producto grande y pesado.

Ilustración 2. Fotografías del ingreso del Eje de Cola – Áreas del proceso productivo



Fuente: Elaboración Propia

Muchas de las dificultades descritas anteriormente son escenarios habilitadores para poder llevar a cabo la práctica de lean manufacturing en esta empresa, de acuerdo con los siete desperdicios que describe Hernández J, Vizán A. (2013) como lo son:

Desperdicios por: exceso en almacenamiento, sobreproducción, tiempo de espera, transportes o movimientos innecesarios, defectos, rechazos y re-procesos y finalmente, exceso de inventarios.

1.1.3. Formulación del problema

¿Cómo mejorar el proceso de fabricación del eje de cola en la empresa Servitec Ltda., bajo un enfoque lean manufacturing, que permita disminuir los reprocesos, los costos, minimizar los tiempos de centrado de la pieza y cumplir con los tiempos de entregas, para lograr satisfacer a sus clientes?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Mejorar el proceso de fabricación del eje de cola en la empresa Servitec Ltda. bajo un enfoque lean manufacturing que permita la disminución de reprocesos, costos, minimizando los tiempos de centrado de la pieza y cumpliendo con los tiempos de entrega, logrando así, la satisfacción de sus clientes.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Descripción de la situación actual del proceso de fabricación de ejes de cola a través de un estudio de métodos y tiempos permitiendo la visualización del proceso productivo a través de diagramas macros, hojas de datos de proceso y caracterización del flujo de producción.
- Aplicar la metodología de las 5s desarrollando sus principios básicos en las áreas de producción y producto terminado, con el fin de generar espacios limpios y ordenados de manera permanente y aumentar los niveles de productividad.
- Desarrollar la metodología SMED en el proceso más crítico de la fabricación del eje de cola, con el fin de disminuir los tiempos de alistamiento y limpieza en las líneas de producción.
- Proponer un plan de mejoramiento el cual mantenga en el tiempo el mantenimiento y la disciplina de las metodologías aplicadas.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Las grandes empresas en la actualidad se hacen más competitivas dentro de su rama, si adoptan estrategias a fin de garantizar el éxito local y global. Este planteamiento está basado en nuevos enfoques gerenciales a fin de alcanzar el éxito a corto, mediano y largo plazo, con el propósito de establecer metas que permitan el alcance en su gestión humana y administrativa, y una evaluación de los procesos que llevan a cabo, para que se optimicen y se establezcan pasos a seguir. La propuesta busca, mediante la aplicación de la teoría y los conceptos básicos manejados en clase y de acuerdo con los objetivos planteados, encontrar soluciones concretas a los problemas y situaciones internas que inciden en los resultados del proceso productivo en la empresa y más relacionados con los concernientes a la entrega de los pedidos en el tiempo acordado con los clientes.

Si se desarrolla la mejora en el proceso de fabricación del eje de cola en la empresa Servitec Ltda., bajo algunas herramientas de lean manufacturing, se conseguirá cumplir con las metas y los objetivos de la empresa, pero también permitirá la disminución de reprocesos, costos, minimización de los tiempos de centrado de la pieza y cumplimiento con los tiempos de entrega, logrando así, la satisfacción de sus clientes y un buen

funcionamiento para la compañía, involucrando principalmente a la planeación de las actividades, el mejoramiento de los procesos productivos, el buen servicio o atención brindada a los clientes entre otras más.

Adicional, por medio de este proyecto se tratará de inculcar a los trabajadores una nueva mentalidad, que les ayude a cumplir metas, objetivos, que no solo beneficiarán a la empresa sino también a la vida privada de cada uno, trayendo como consecuencia una mayor integración del trabajador para con la empresa, consiguiendo la implementación de una nueva cultura de mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo, aumentando con ello, su productividad.

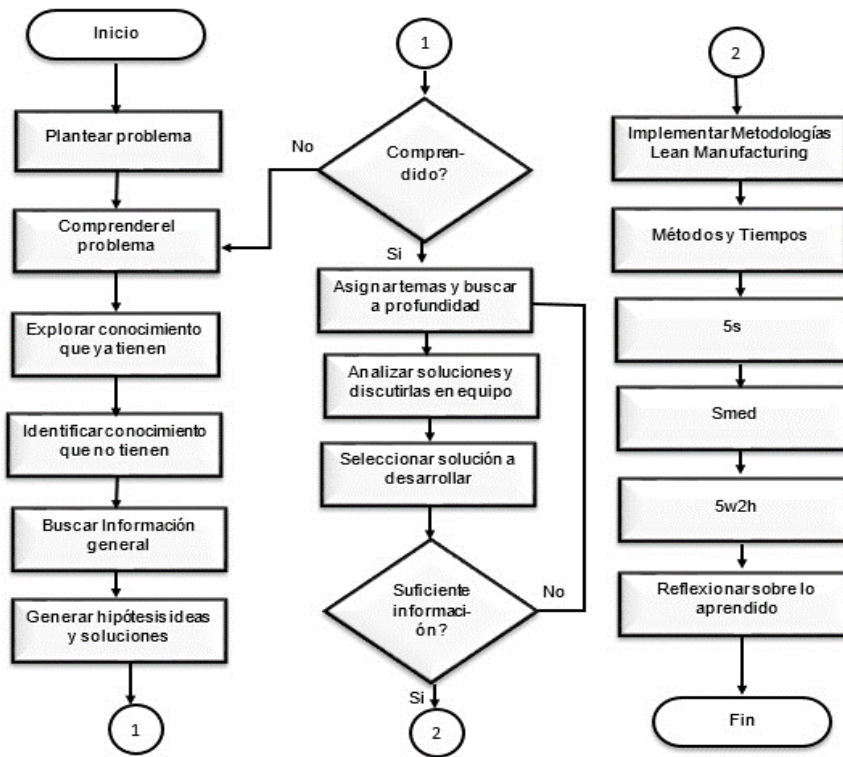
Para la Universidad del Sinú la presentación de este proyecto es de suma importancia porque ayudará a afianzar los conocimientos de los estudiantes de la institución, asimismo este proyecto puede tomarse como punto de partida para trabajos, enseñanzas y como ejemplo. Adicionalmente, el proyecto ayudará a tener en cuenta factores (como planeación, infraestructura, los costos, los controles, auditorias de calidad y planes de mejora que en la teoría no se presentan y son de suma importancia para que el alumno tenga una experiencia real y al mismo tiempo pueda ofrecer posibles formas de solución a estas adversidades; además de la posibilidad de desarrollar la habilidad de utilizar lo aprendido en la Institución.

Finalmente, este trabajo puede inculcar un espíritu de investigadores analíticos y mediante eso se puede medir el nivel aprendido y la manera analítica en que utiliza esos conocimientos para la toma de decisiones ante las amenazas encontradas en las diversas empresas; cómo se puede observar, este trabajo no solo se centra en la empresa, sino que trae consigo beneficios a la sociedad, la universidad y a los mismos estudiantes.

1.4. METODOLOGÍA

Se considera la metodología como un procedimiento general para lograr de una manera precisa los objetivos de la investigación. De lo anterior se deduce que la metodología de la investigación presenta los métodos y técnicas para realizar la investigación. A través de la metodología, se garantiza que los resultados obtenidos tengan el grado máximo de exactitud y confiabilidad. (Ver ilustración 3)

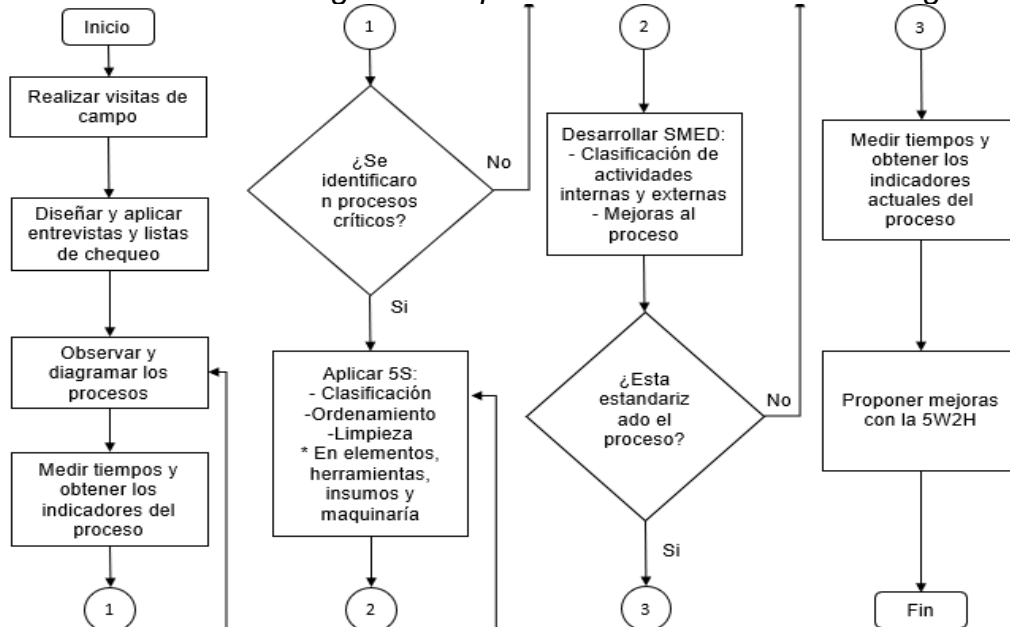
Ilustración 3. Metodología General



Fuente: Elaboración Propia

Y para proceder con el desarrollo de las herramientas descritas en los objetivos, se estableció la siguiente metodología (Ver ilustración4).

Ilustración 4. Metodología de la aplicación de herramientas de ingeniería



Fuente: *Elaboración Propia*

Para lograr el objetivo general que acarrea la presente investigación, se desarrollará una tabla donde se dividen en varias fases los objetivos específicos propuesto y se asignará un tiempo para su desarrollo (Ver tabla3):

Tabla 3. *Fases para el desarrollo del proyecto de grado*

Fases	Actividades	Tiempo
Primera Fase: Desarrollar una revisión de la literatura	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y clasificar la información necesaria que sirva de soporte para conceptualizar los términos. • Revisar en libros, tesis de maestría y doctorado, bases de datos, artículos científicos, etc. 	1 mes
Segunda fase: Elegir la empresa metalmecánica de Cartagena a estudiar	<ul style="list-style-type: none"> • Visita de campo de trabajo para identificación de las Pymes • Visita de campo de trabajo para estudio de cada empresa identificada 	2 semanas
Tercera fase: Describir un caso objeto estudio	<ul style="list-style-type: none"> • Visita de campo de trabajo para identificación de las características de la Empresas seleccionada. • Realizar un diagnóstico de la empresa 	2 semana
Cuarta Fase: Diagnosticar la situación actual del proceso de fabricación	<ul style="list-style-type: none"> • Visita de campo a la empresa para identificación de los problemas, sus causas y consecuencias 	2 meses y medio
Quinta Fase: Desarrollar metodología para la cauterización de la cadena y proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar modelo metodológico • Elaboración diagramas macros 	3 meses
Sexta Fase: Implementar metodologías de mejora fundamentadas en lean manufacturing	<ul style="list-style-type: none"> • Visita de campo de trabajo para identificación de las variables y parámetros • Construir y solucionar el modelo desarrollado 	4 meses
Séptima fase: Diseñar un plan de mejoramiento	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar un control de indicadores de gestión • Realizar socialización de resultados 	1 mes y medio

Fuente: *Elaboración Propia*

1.4.1. Tipo de investigación

Las investigaciones y estudios se desarrollan para impartir o adquirir conocimientos, motivo por el cual, la selección del método es de suma importancia para así conocer la realidad. En relación con esto el presente trabajo aplicara varios tipos de investigación.

- **Descriptiva:** por lo que se busca poner en conocimiento todo lo relacionado en cuanto a características y diagnóstico de la empresa en relación con gestión de inventarios.
- **Cuantitativa:** debido a los datos que serán procesados y analizados principalmente en la etapa de análisis de datos de entrada y de salida.
- **Propositiva:** dado que la investigación permitirá el desarrollo de la propuesta para la gestión de inventarios con visión de ser convertida en una herramienta de aplicación para la organización.

1.4.2. Población y muestra

Para el desarrollo de la presente investigación, se tiene en cuenta la población de pequeñas y medianas empresas del sector manufacturero de la ciudad de Cartagena, que de acuerdo con el Economista existen actualmente 410 empresas Metalmecánicas en la ciudad de Cartagena (elEconomista, 2020), de las cuales, se tomará como muestra la empresa Servitec Ltda., del sector de Ceballos para caracterizar el proceso de fabricación del eje de cola e implementar lean manufacturing en su producción.

En cuanto al caso de estudio Mejora en el proceso de fabricación del Eje de Cola en la empresa Servitec Ltda. bajo un enfoque Lean Manufacturing de un total de 22 empleados se tomará solamente para el estudio 3 de ellos, quienes son los que tienen directamente relación con el proceso productivo del Eje de Cola; determinando de esta manera la muestra como Determinística, no probabilística, porque las autoras y desarrolladoras de la investigación determinaron la muestra que se quiere tener.

Respecto al proceso de fabricación, la población corresponde a todos los ejes de cola que se fabrican en la empresa Servitec Ltda. Mientras que la muestra será el número de veces que se mida el proceso de centrado de la fabricación del eje de cola para el estudio de métodos y tiempos.

1.4.3. Fuentes de información

- **Fuentes Primarias:** se tendrá libre acceso a la información la cual será entregada por parte de los socios, parte administrativa y operativa de la empresa Servitec Ltda.
- **Fuentes Secundarias:** Tesis relacionadas con el tema y otras bibliografías, consultas en internet., Además consultas a profesionales expertos en el tema.

Capítulo 2.

Marco Referencial

2.1. Antecedentes

La filosofía Lean Manufacturing nació en Japón a finales del siglo XIX, basado en su totalidad en el Sistema de Fabricación de Toyota (TPS).

Según Juan Hernández y Antonio Vizán la filosofía Lean Manufacturing ha permitido a las organizaciones ofrecer una alta variedad de productos, con un bajo costo, altos niveles de productividad, velocidad de entrega, niveles bajos de stock y niveles óptimos de calidad, por medio de la generación de una nueva cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo (Hernández, J & Vizán, A; 2013).

Tabla 4. Casos de aplicación de Lean Manufacturing

Autor - Año	Título	Problema	Herramienta de solución
Mendoza, K. (2017)	Propuesta de mejora de procesos en una empresa fabricante de bebidas rehidratantes	Altos tiempos de espera y costos de producción, transportaciones innecesarias del proceso. Baja productividad, calidad y satisfacción del cliente.	5S Jidoka
Manco, M. (2017)	Aplicación del Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en el proceso de fabricación de formaletas en la Empresa Arquídeas S.R.L. Comas	Baja productividad en la fabricación de formaletas	Diagrama Causa – Efecto SMED. 5's. Estandarización de procesos. Optimización de recursos. VSM. Kaizen
Fasabi, I & La Rosa Toro, C. (2016)	Propuesta de implementación del modelo Lean Manufacturing para mejorar la gestión operativa de la empresa SIMILAN E.I.R.L. TRUJILLO	Alto inventario de producto terminado. Máquinas dañadas. Mala comunicación entre departamentos. Alto nivel de desperdicio en telas e insumos	Diagrama Causa-Efecto Value Stream Mapping. 5's. Daily accountability.

Autor - Año	Título	Problema	Herramienta de solución
			Celdas de manufactura
Ardiles, M & Ordinola, R. (2016)	Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para mejora de la productividad en línea de envasado de azúcar de la empresa Agro Industrial Paramonga (AIPSAA).	Paradas innecesarias en el proceso de envasado. Poco orden y limpieza en las áreas Bajo rendimiento en la línea de envase	5's Just in Time (JIT) Single-Minute Exchange of Die (SMED) OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos)
Huamanchumo, N; Enrique, V; Desposorio, Z & Anderson, R. (2016)	Aplicación de Lean Manufacturing para aumentar la productividad de la materia prima en el área de producción de una Empresa Esparraguera	Paradas innecesarias de las máquinas. Tiempos muertos en líneas de producción manual. Sobre stock de producto terminado	5s'. TAKT TIME. OEE. SMED.
Herrera, F & López, J. (2016)	Impacto de la implementación de la metodología lean manufacturing en la producción de la microempresa D'J. los Servicios Generales E.I.R.L.	Falta de orden y limpieza. Movimientos innecesarios Inexiste un flujo lineal en los procesos por la inadecuada distribución de planta. Elevado tiempo en la realización de algunos procesos, métodos y técnicas utilizados manual y artesanalmente.	Mapeo de cadena de valor. 5's. Rediseño de Layout Diagrama de Ishikawa Diagrama de Pareto
Figueredo, F. (2015)	Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto	Retrasos. Desabastecimiento. Ausencia de un orden en los turnos de carga de los camiones mezcladores. Tiempos del lavado de Mixers no estandarizados. Despachos dirigidos a destinos errados	OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos) VSM

Autor - Año	Título	Problema	Herramienta de solución
Córdova, F. (2013)	Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando la manufactura esbelta	Fallas en las máquinas implicadas directamente en el proceso de fabricación de los spools	Kanban Jidoka Poka yoke Andon 5's Justo a tiempo
Ramos, J. (2012)	Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta	Bajo nivel en el proceso productivo de elaboración de fideos	5's TPM (Mantenimiento Autónomo) Diagrama de Pareto Diagrama Causa – Efecto
Cruz, I & Burbano, J. (2012)	Rediseño de un sistema productivo utilizando herramientas de Lean Manufacturing. Caso de estudio sector de mezclas de ingredientes para Panadería industrias XYZ.	Costos de producción elevados (13 – 15%) en relación con los costos asociados a los competidores. Bajo Servicio al Cliente.	Diagrama de flujo. Distribución de equipos. Value Stream Map Actual. Trabajo Estandarizado. TPM. 5's

Fuente: *Elaboración Propia basada en diferentes fuentes.*

2.2. Marco Teórico

“Cualquier empresa debe luchar por mantenerse siempre a la vanguardia, incorporando nuevas tecnologías para mejorar continuamente su proceso, satisfaciendo así las necesidades del cliente.” Figueredo F. (2015).

De acuerdo con lo afirmado por Figueredo, las organizaciones necesitan manejar un modelo o ideología que permita cumplir las metas u objetivos que esta desee alcanzar, utilizando “un método que hace más y más con menos y menos –menos esfuerzo humano, menos equipamiento, menos tiempo y menos espacio–, al tiempo que se acerca más y más a ofrecer a los clientes aquello que quieren exactamente.” (James P. Womack Daniel T. Jones. 2003).

Más específicamente se habla del lean manufacturing, este modelo o método adjunta distintas herramientas para eliminar todos los desperdicios en la producción de la empresa, con el fin de mejorar la productividad, lograr menores costos de fabricación y de inventario, tener mayor aprovechamiento del espacio y de los trabajadores u operarios del proceso acompañado de una satisfacción al cliente.

En la actualidad las empresas manufactureras se encuentran ante la necesidad de replantear y rediseñar sus sistemas productivos con el objeto de alcanzar la competitividad necesaria para afrontar los retos de los mercados actuales (European Commission 2004).

Es por esto, que a continuación, se describen las herramientas Lean Manufacturing:

Tabla 5. Herramientas del Lean Manufacturing

Herramientas del Lean Manufacturing			
Metodología	Definición	Ventajas	Desventajas
5'S	Su objetivo es mejorar y mantener las condiciones de organización, el orden y limpieza en el lugar de trabajo, la seguridad, el clima laboral, la motivación del personal y la eficiencia y, en consecuencia, la calidad, la productividad y la competitividad de la organización.	<ul style="list-style-type: none"> •Mejora la calidad. •Mejora la productividad •Mejora la seguridad. •Permite el crecimiento •Mejora el ambiente de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> •Requiere un cambio en la organización •Hay que hacer inversiones y capacitar al personal
VALUE STREAM MAPPING	Es una herramienta utilizada para visualizar el flujo de producción. Muestra el estado actual del proceso de producción y define el proceso esperado (proceso futuro), obteniendo oportunidades de mejora. Exponen todos los desperdicios y operaciones que no añaden valor y proporciona una hoja de ruta para mejorar hacia el estado futuro	<ul style="list-style-type: none"> •Localización de los productos críticos del proceso o servicio •Identificación de los cuellos de botella •Cuantificación de los despilfarros y su origen etc. 	<ul style="list-style-type: none"> •El VSM es poco aplicable en empresas que fabrican bajos volumen. •Para lograr mapas VSM efectivos se debe observar el trabajo en su totalidad, lo cual incluye estudiar también lo que sucede cuando el trabajo no está siendo realizado
TAKT TIME	Takt time es el ritmo de producción al que se debe de producir de acuerdo con la demanda del cliente. Proporciona un método siempre intuitivo para	<ul style="list-style-type: none"> •Fácil identificación de los cuellos de botella debido a que la producción se hace bajo una línea de tiempo, de esta forma, el producto no 	<ul style="list-style-type: none"> •Cuando se tienen tiempos takt muy pequeños, se puede generar estrés en los trabajadores y las maquinas pueden sufrir deterioros.

Herramientas del Lean Manufacturing			
Metodología	Definición	Ventajas	Desventajas
	determinar si el ritmo de producción es el adecuado para cumplir con los plazos de entrega.	<p>se mueve en el tiempo.</p> <ul style="list-style-type: none"> •No hay exceso de producción, pues se produce solo lo necesario. •La producción es nivelada y a un ritmo estable. •Se tiene control sobre el stock de productos en proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> •En algunas ocasiones situaciones, una obsesión por el Takt time, flujo de una pieza y las células lineales conduce a diseños inadecuados. •Un cambio de tiempo Takt no es una tarea trivial e involucra rebalanceo de las líneas cambiando las tareas realizadas en cada estación

Fuente: *Elaboración Propia basada en diferentes fuentes.*

Este proyecto estará enmarcado en la metodología de mejoramiento continuo 5W2H dentro del cual se aplicarán diferentes herramientas de control, y mejora que se analizarán más adelante.

Para la aplicación de esta metodología es importante tener claro los elementos que la componen para su implementación tal y como se muestran a continuación:

Tabla 6. *Elementos de la herramienta 5W 2H*

Tipos	Cuestiones	Descripciones
Asunto	What – ¿Cuál? ¿Qué?	¿Cuál acción debe ser tomada? ¿Qué se debe hacer exactamente?
Objetivo	Why – ¿Por qué?	¿Por qué se definió esta acción? ¿Por qué ella es importante?
Local	Where – ¿Dónde?	¿Dónde se implementará esta acción?
Secuencia	When – ¿Cuándo?	¿Cuándo se empezará la implementación de esta acción? ¿Cuándo ella será concluida?
Responsable	Who – ¿Quién?	¿Quién será responsable por ejecutar esta acción?
Método	How – ¿Cómo?	¿Cómo se implementará esta acción?
Costo	How much – ¿Cuánto?	¿Cuánto cuesta implementar esta acción?

Fuente: *Elaboración Propia basada en (Hoyos F. 2014).*

Respecto a esta herramienta Diego hoyos plantea una serie de pasos para implementarla en una organización, tal y como se nombran a continuación:

Tabla 7. Pasos para desarrollar las 5W2H

5W2H	Nº	Pasos a desarrollar	Ejemplo
Qué	1	Se elabora una lista de problemas o actividades que se puedan realizar en el área de trabajo. Usualmente se utiliza la herramienta de Tormenta de Ideas para que, en equipo, se llegue a una lista completa y detallada de problemas o actividades.	¿Qué actividades voy a realizar para resolver el problema?
	2	Se identifican los problemas prioritarios que el equipo en consenso seleccione. Se enuncia el problema convertido en proyecto en términos de la diferencia entre el estado actual y el deseado	
	3	En función de los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles se establece una meta cuantificable, medible y verificable. Es importante que el valor de las metas a lograr sea realista, no ideal.	
Por qué	4	Se definen claramente las razones por las cuales se trabajará en ese proyecto en particular.	¿Por qué debo realizar cada una de las actividades seleccionadas anteriormente?
Quién	5	Se establecen los responsables de llevar a cabo cada una de las etapas del proyecto.	¿Quién será el responsable de realizar cada actividad?
Cuándo	6	Se establece la fecha límite de alcanzar la solución del problema, con el fin de obtener la culminación del proyecto. Un proyecto que no tiene un calendario bien definido será un proyecto con bajo nivel de prioridad.	¿Cuándo se terminará cada una de las actividades?
Dónde	7	Se determina la extensión y ubicación del proyecto.	¿Dónde se realizará cada actividad?

5W2H	Nº	Pasos a desarrollar	Ejemplo
Cómo	8	Se debe reunir toda la información disponible, cualitativa y cuantitativa, que permita: - Señalar la importancia del problema. - Mostrar el comportamiento histórico. - Definir el grado de mejora que se pretende lograr. -Determinar la fecha estimada de finalización del proyecto. - Definir las personas responsables del proyecto. -Establecer el beneficio esperado con la mejora.	¿Cómo se realizará cada actividad?
Cuánto	9	Se debe enunciar los costos del problema y como incide en la satisfacción del cliente y en la productividad de la organización.	¿Cuánto costará realizar cada actividad?, ¿Cuánto será el beneficio económico por solucionar este problema?, ¿Cuánto incrementará la satisfacción del cliente la solución al problema?

Fuente: *Elaboración Propia basada en (Hoyos F. 2014).*

A partir de lo anterior, él procede a establecer el plan de acción en la empresa que lo implementa, considerando cada uno de los elementos de la herramienta.

Tabla 8. *Plan de acción almacén Agro–Construcción basado en las 5W2H.*

Nº	Medida (What)	Responsable (Who)	Cuando (When)	Razón (Why)	Procedimiento (How)	Cuánto Cuesta (how much)
1	Posicionarse como líder en comercialización y distribución de productos de ferretería, construcción y agro en general en el mercado cordobés	Gerente General y Administrador	Marzo de 2014 - Marzo de 2019	Incrementar las utilidades de la organización de tal manera que se garantice la sostenibilidad y crecimiento financiero de la misma	Contratar los servicios un asesor en mercadeo y ventas	\$10.000.000

N°	Medida (What)	Responsable (Who)	Cuando (When)	Razón (Why)	Procedimiento (How)	Cuánto Cuesta (how much)
2	Superar las expectativas de calidad en los productos y servicios ofertados a nuestros clientes	General y administrador	Junio de 2014 - Junio de 2017	Incrementar los niveles de participación en el mercado con el objetivo que se generen mayores ingresos a la organización	Establecer un convenio con institución de educación superior con facultad de ingeniería industrial para desarrollo de prácticas estudiantiles	\$20.000.000
3	Contar con un equipo de trabajo altamente capacitado	General y administrador	Febrero de 2014 - Febrero de 2015	Promover la administración participativa y esto a su vez permita contribuir con el desarrollo tanto de la organización como de cada uno de los empleados de esta	Contratar los servicios de especialista en recursos humanos	\$8.000.000
4	Optimizar los costos de la organización	General y administrador	Septiembre de 2014 - Septiembre de 2016	Incrementar los ingresos de la organización de tal manera que se favorezca la reinversión en el mejoramiento continuo de la organización	Desarrollar la estrategia en conjunto con el contador de la organización	\$5.000.000
Total, aproximado plan de acción						\$43.000.000

Fuente: *Elaboración Propia basada en (Hoyos F. 2014).*

Por otro lado, otros proyectos de investigación han planteado la necesidad del uso de las 5s como herramienta fundamental para la planificación estratégica de cualquier tipo de organización, ya sea industrial o de servicios que desee iniciar el camino de la mejora continua, logrando así reducir productos defectuosos, averías, nivel de existencias o inventarios, accidentes, movimientos y traslados inútiles, tiempo para el cambio de herramientas entre otras; siendo tan importante esta metodología y al mismo tiempo teniendo tanta relación con las problemáticas descritas en este proyecto, se trae a colación tesis como la de Armando Pertuz y Liliana López, donde presentan la aplicación de esta herramienta con la siguiente metodología, considerando en un principio los elementos que la componen, tales como:

Tabla 9. Estructura de las 5 “s”

Nº	Palabra en japonés	Concepto en español	Frase en español	Objetivo
1	Seiri	* Clasificación * Selección * Preparación	Separar innecesarios	Eliminar del espacio o área de trabajo lo que no sea necesario
2	Seiton	* Orden * Organización	Situar necesarios	Organizar u ordenar el área de manera eficiente
3	Seiso	* Limpieza	Suprimir suciedad	Realizar la limpieza del lugar adecuadamente
4	Seiketsu	* Normalización * Estandarización * Sistematización * Control visual	Señalizar anomalías	Estandarizar los procesos que permitan prevenir el desorden y falta de limpieza
5	Shitsuke	* Unificación * Mantener la disciplina y compromiso	Seguir mejorando	Asegurarse de que se mantengan los cuatro pasos anteriores

Fuente: *Elaboración Propia basada en Armando P. 2018*

Y para su implementación se consideraron los siguientes pasos:

Tabla 10. Pasos realizados para la aplicación de la metodología 5s

Nº	Pasos realizados para la aplicación de la metodología 5s
Primera etapa	
1	Se estableció el comité de 5S conformado por miembros de la Jefatura de Enfermería, Jefatura de Limpieza y Oficina de Patrimonio.
2	Se programaron charlas de inducción al personal médico, técnicos y enfermería, donde se expusieron los conceptos generales, objetivos, metas y los beneficios obtenidos.

3	Se identificaron las áreas de trabajo del servicio por medio de un croquis
4	Se asignó a cada área de trabajo un responsable, se identificaron los materiales a ser desechados y se les asignó un rotulo previo a el día de la limpieza, donde se indicaba si se daba de baja.
5	Se conformaron equipos de 5S en cada área, y se recogieron registros fotográficos de las áreas antes de implementar la metodología.
6	Se realizó el día de la limpieza general involucrando a todo el personal
Segunda etapa	
7	Se aplicó cada S por semana y se evaluó con la hoja de chequeo.
8	Se Realizaron auditorias de 5S
9	Se dio reconocimiento a los grupos que mejor resultado presentaran en las evaluaciones
10	Se establecieron torneos de 3 meses de duración en el transcurso del año.

Fuente: *Elaboración Propia basada en (López, L. 2013)*

Obteniendo resultados favorables para eliminar el inventario obsoleto y reducir los costos de almacén; por consiguiente, también mejorar los procesos operacionales aumentando así la productividad.

Así mismo para el problema de investigación propuesto, luego de la aplicación de las 5s, se plantea aplicar la metodología SMED que consiste en agilizar el proceso de preparación de las máquinas basada en la observación, estudio y racionalización de aquellas operaciones necesarias para permitir que un determinado medio de producción, pasé de un tipo de producción a otro. Tesis como las de César Argüelles López, Fernando Ortiz y José Pertuz Rodríguez proponen dos metodologías diferentes; en la primera, dividieron en 2 actividades la aplicación de esta, tal y como se muestran a continuación:

Tabla 11. *Aplicación de la técnica SMED observación y medición*

Aplicación de la técnica SMED	
Observación y medición de las operaciones de preparación.	
1	Se obtuvo una lista de las operaciones de preparación, observando y registrando las actividades realizadas por el operador para la preparación de la máquina, desde que termina la última pieza del lote anterior hasta que termina la primera pieza del nuevo lote.
2	Se elaboró un diagrama de flujo de proceso de la preparación de la máquina con la finalidad de identificar gráficamente la secuencia y los tipos de operaciones realizadas.
3	Se realizó un estudio de tiempos, del método actual de trabajo, considerando siete ciclos para que el estudio de tiempos tuviera validez estadística. La cantidad de ciclos fue calculada mediante el método de Kanawaty (2005).
4	Se identificaron las operaciones internas y externas del método actual de trabajo.

Fuente: *Elaboración Propia basada en Argüelles C, Ortiz F, 2014*

Como segunda actividad es la Separación, en la cual, tienen el propósito de mantener separadas las operaciones internas de las externas y asegurar que cada una de las operaciones internas se realizara correctamente.

Tabla 12. *Aplicación de la técnica SMED operaciones internas y externas.*

Aplicación de la técnica SMED	
Separación de las operaciones internas y externas.	
1	Se separaron las operaciones internas de las externas. En esta actividad se realizó un análisis para identificar qué operaciones deberían de hacerse externamente y cuales internamente.
2	Se elaboró una lista de verificación preliminar para las operaciones internas y externas, con el propósito de asegurar que las operaciones externas se hagan externamente y las internas de forma interna.
3	Se elaboró una lista de verificación preliminar para las herramientas y utillajes con el motivo de mantener identificadas las herramientas que son necesarias para la preparación de la máquina y evitar olvidos y actividades extras al momento de realizar la preparación.

Fuente: *Elaboración Propia basada en Argüelles C, Ortiz F, 2014*

Cuyos resultados mostraron que, luego de la aplicación de la Herramienta SMED en la empresa metalmecánica, consiguieron una reducción de las operaciones internas de 33 tareas a 25 y un incremento de las operaciones que deberían ser externas de 4 tareas a 12. Además, con las listas de verificación se aseguró la rápida identificación de las herramientas, equipo y utillajes necesarios para llevar a cabo la preparación y que las operaciones internas y externas se realizaran siempre en la misma secuencia, como se puede observar en la siguiente imagen:

Tabla 13. *Lista de actividades del método actual y del método propuesto de preparación*

Método actual de preparación	Método propuesto de preparación
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desmonta la última pieza mecanizada del pedido anterior. 2. Traslada la pieza a la mesa de producto terminado. 3. Regresa al centro de maquinado. 4. Limpia el interior del centro de maquinado. 5. Analiza la pieza a mecanizar 6. Descarga las herramientas utilizadas del carrusel y las coloca en la mesa. 7. Busca calzas de soporte para la prensa del centro de maquinado. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza la pieza a mecanizar. 2. Busca accesorios para la preparación. 3. Armar el tope. 4. Llenar el tope al centro de maquinado. 5. Buscar las herramientas, boquillas y Holders. 6. Llevar las herramientas y las boquillas a la parte de atrás del centro del maquinado. 7. Montar las herramientas y las boquillas a los Holders. 8. Llevar los Holders con herramientas a la parte frontal del centro de maquinado.

Método actual de preparación	Método propuesto de preparación
<p>8. Coloca las calzas en la prensa del centro de maquinado.</p> <p>9. Se traslada a la mesa de trabajo y toma la pieza a mecanizar.</p> <p>10. Regresa al centro de maquinado con la pieza a mecanizar.</p> <p>11. Coloca la pieza en la prensa del centro de maquinado y la sujeta.</p> <p>12. Busca los accesorios de tope para referenciar el (0,0) de la pieza.</p> <p>13. Arma el tope.</p> <p>14. Lleva el tope al centro de maquinado.</p> <p>15. Coloca el tope en la mesa del centro del maquinado.</p> <p>16. Ajusta la pieza de trabajo a la prensa del centro de maquinado.</p> <p>17. Busca las herramientas en el estante de herramientas y equipo.</p> <p>18. Lleva las herramientas y las boquillas a la parte de atrás del centro de maquinado.</p> <p>19. Monta las herramientas y las boquillas a los Holders.</p> <p>20. Lleva los Holders con herramientas a la parte frontal del centro de maquinado.</p> <p>21. Monta los Holders con herramienta en el carrusel del centro de maquinado.</p> <p>22. Va al escritorio.</p> <p>23. Copia programa de control numérico (CN) a memoria USB.</p> <p>24. Regresa al centro de maquinado.</p> <p>25. Carga programa de CN en la memoria del centro de maquinado.</p> <p>26. Verifica programa de CN en pantalla del centro de maquinado.</p> <p>27. Determina el (0,0) de la pieza.</p> <p>28. Palpa herramientas en Z.</p> <p>29. Verifica la centralidad del mecanizado en la pieza de trabajo.</p> <p>30. Mecaniza la pieza a baja velocidad.</p> <p>31. Verifica la primera operación de mecanizado.</p> <p>32. Verifica el programa y sigue mecanizando la pieza.</p> <p>33. Para centro de maquinado.</p> <p>34. Verifica la pieza mecanizada.</p> <p>35. Desmonta la pieza mecanizada.</p> <p>36. Transporta la pieza a la mesa.</p> <p>37. Almacena la pieza.</p>	<p>9. Copiar el programa de control numérico (CN) a memoria USB.</p> <p>10. Parar el centro de maquinado y desmonta la última pieza del pedido anterior.</p> <p>11. Trasladar la pieza a la mesa de producto terminado.</p> <p>12. Limpiar el centro de maquinado.</p> <p>13. Descargar las herramientas utilizadas del carrusel y las coloca en la mesa.</p> <p>14. Montar los Holders con herramientas en el carrusel del centro de maquinado.</p> <p>15. Colocar las calzas en la prensa del centro de maquinado.</p> <p>16. Colocar la pieza en la prensa del centro de maquinado y la sujeta.</p> <p>17. Colocar el tope en la mesa del centro de maquinado.</p> <p>18. Cargar el programa de CN en la memoria del centro de maquinado.</p> <p>19. Determinar el (0,0) de la pieza.</p> <p>20. Palpar herramientas en Z.</p> <p>21. Verificar el programa de CN en pantalla del centro de maquinado.</p> <p>22. Verificar la centralidad del mecanizado en la pieza de trabajo.</p> <p>23. Mecanizar la pieza a baja velocidad.</p> <p>24. Verificar la primera operación de mecanizado.</p> <p>25. Verificar el programa y seguir mecanizando la pieza.</p> <p>26. Parar el centro de maquinado.</p> <p>27. Verificar la pieza mecanizada.</p> <p>28. Desmontar la pieza mecanizada.</p> <p>29. Transportar la pieza a la mesa.</p>

Método actual de preparación	Método propuesto de preparación
a)	b)

Fuente: Argüelles C, Ortiz F, 2014

Y como segunda metodología utilizada para la implementación SMED, primeramente, partieron en determinar las definiciones y luego elaboraron una pequeña lista de chequeo con el fin de identificar el estado en que se encontraban los procesos de producción, tal y como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 14. Definiciones de la metodología SMED

Definiciones de la metodología SMED
Tiempo de cambio o Alistamiento: Es el tiempo que se invierte desde el momento que se fabrica la última pieza del producto actual hasta que se produce la primera pieza del siguiente producto o lote de producción
Preparación: Son todas las actividades necesarias que se realizan en el alistamiento de la máquina, este tiempo de preparación es un desperdicio, ya que no aporta ningún valor para el cliente
Preparación interna: Actividades del tiempo de alistamiento que solo pueden realizarse cuando la maquina se encuentre detenida.
Preparación externa: Actividades del tiempo de alistamiento que solo pueden realizarse cuando la maquina se encuentre en marcha.

Fuente: Elaboración Propia basada en Armando P. 2018

Tabla 15. Lista de CHECK-LIST

Nº	LISTA DE CHEQUEO	SI	NO
1	¿Qué preparaciones necesitan ser hechas de antemano?;		
2	¿Qué herramientas y piezas necesitan estar a mano de los operarios que hacen el cambio?;		
3	¿Dónde deben colocarse las herramientas y piezas?;		
4	¿Están las herramientas y piezas en buenas condiciones?;		
5	¿Dónde deben colocarse el elemento (útil, matriz, etc) después de desmontarse?; ¿Cómo serán transportadas las herramientas y piezas?		

Fuente: Elaboración Propia basada en Armando P. 2018

En esta ocasión, para el desarrollo de la metodología expusieron siete pasos; que a diferencia de la anterior solo aplicaron 2.

Tabla 16. Aplicación de la técnica SMED en 7 pasos

Aplicación de la técnica SMED	
1	Preparación Previa: Esta etapa consta de dos partes de acuerdo Progressa Lean (2017) dice:
	<p>a). Investigar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conocer de manera completa el proceso, esto implica el conocer la operación, la máquina y sus partes y el método de alistamiento. - Conocer los resultados históricos obtenidos en los tiempos de alistamientos del equipo (estos datos serán sólo útiles si la situación en la que se tomaron es comparable a la de partida). - Observar el alistamiento de la máquina.
	<p>b) Crear un equipo:</p> <p>Para medir un cambio e implementar la herramienta SMED, se debe constituir un equipo, y capacitar a los integrantes en los fundamentos del SMED, a parte proporcionar las herramientas necesarias para realizar esta labor.</p>
2	Analizar la actividad sobre la que va a centrar el taller SMED:
	<p>Se trata de filmar en detalle todas y cada una de las actividades que se realizan durante el proceso de cambio de referencia.</p> <p>Ellos realizan un diagrama de espaguetti para trazar todos los transportes que realiza el operario durante el alistamiento.</p>
3	Separar lo interno de lo externo: ellos lo realizaron través de la aplicación de la espina de pescado
	<p>En esta fase todos los miembros del equipo van repasando todas y cada una de las anteriores actividades para identificar aquellas que pueden ser externas.</p>
4	Organizar las actividades externas:
	<p>Ya que las actividades externas se pueden realizar con la máquina en marcha, se debe planificar todas las acciones a realizar.</p>
5	Convertir lo interno en externo:
	<p>El equipo SMED, debe realizar un plan de acción que permita tener éxito en la conversión de las actividades internas en externas.</p> <p>De esta forma para cada actividad se debe indicar que se va a hacer, quien lo va a hacer y cuando debe tenerlo terminado.</p>
6	Reducir los tiempos de las actividades internas
	<p>En esta fase el equipo debe de plantear ideas de mejora para reducir los tiempos de ejecución de las actividades internas.</p> <p>Una vez que se ha definido una idea de mejora y esta ha sido aceptada por todos, el equipo debe definir el Plan de acción a seguir para implementar esa idea de mejora.</p>
7	Realizar el Seguimiento
	<p>Una vez terminado el taller SMED por primera vez es vital realizar el seguimiento para ver si el nuevo estándar definido sufre desviaciones y en caso de que así sea, poder tomar acciones correctivas.</p>

Fuente: *Elaboración Propia basada en Armando P. 2018*

En este caso, los resultados obtenidos fueron, la disminución de los tiempos de alistamiento en un 40%, haciendo que la disponibilidad de la maquina aumentará y por ende la productividad de la misma; también lograron estandarizar el proceso de alistamiento aplicando un plan de acción y desarrollando un nuevo proceso de

alistamiento con las mejoras realizadas para conseguir la disminución de los tiempos. Finalmente, con la aplicación de esta herramienta consiguieron disminuir el alistamiento de las máquinas de 240 minutos (4 horas) a 150 minutos (2.5 horas).

2.3. Marco Conceptual

- 2.3.1.** Estudio de métodos: Es una técnica de medición del trabajo que se emplea para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, para analizar los datos, con el fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea bajo normas establecidas. (Estudio del trabajo, 2013)
- 2.3.2.** Proceso: Un proceso es un conjunto de actividades planificadas que implican la participación de un número de personas y de recursos materiales coordinados para conseguir un objetivo previamente identificado. Se estudia la forma en que el Servicio diseña, gestiona y mejora sus procesos (acciones) para apoyar su política y estrategia y para satisfacer plenamente a sus clientes y otros grupos de interés. (Criterios 5: procesos. 2015)
- 2.3.3.** Tiempo improductivo: según la escuela de administración de negocios de la Universidad de Costa Rica, en el 2016 definieron que “los tiempos improductivos corresponden a retrasos ocasionados por circunstancias operativas no previstas entre las que se pueden citar”:
- Falta de planificación
 - Cambios improvisados en el proceso productivo
 - Malas condiciones de trabajo

Por deficiencia de los trabajadores: tiempos improductivos causados por el personal involucrado directamente en los procesos de manufactura, por ejemplo:

- Llegadas tardías o pérdida de tiempo
 - Ausencias
 - Repeticiones por descuido del trabajador
 - Accidentes por negligencia
- 2.3.4.** Tiempo estándar: Según la Norma ANSI STANDARD Z94.0-1982, se define el tiempo estándar como: El valor de una unidad de tiempo para la realización de una tarea, como lo determina la aplicación apropiada de las técnicas de medición de trabajo efectuada por personal calificado. Por lo general se establece aplicando las tolerancias apropiadas al tiempo normal."
- 2.3.5.** Cuñero: “Son piezas de acero que reposan parcialmente sobre una encajadura del eje llamada caja de cuña o cuñero, y que penetran el resto de su longitud dentro de un alojamiento del cubo del elemento a fijar llamada cuñero. Se utilizan

para fijar al eje partes de máquinas, tales como engranes, poleas, manubrios o brazos de cigüeñal, etc. De tal forma que el movimiento de la pieza se transmita al eje o viceversa. Otro de sus usos es el de seguridad, debido a que su tamaño se calcula de tal manera que, si se presenta una sobrecarga, la cuña se deformará o romperá, de tal manera que esto no le suceda al eje”. (Díaz F. 2018)

- 2.3.6.** Hélice: “Elemento formado por una serie de dispositivos que se denominan palas o álabes, dispuestos de forma concéntrica sobre un eje y que giran alrededor de este en un mismo plano. Gracias a sus álabes pueden transmitir su energía cinética, creada al girar los álabes, a un fluido de manera que se crea una fuerza de tracción.” (Zurita R. 2013)

- 2.3.7.** Inspecciones de actividad: “son inspecciones programadas de acuerdo con los resultados de la evaluación de riesgo Seguimiento específico de empresas con menor grado de cumplimiento, afecciones al entorno o mayor riesgo potencial” (Lujan P. 2015).

Capítulo 3.

Generalidades del caso de estudio

En la presente sección se describen aspectos generales sobre la empresa objeto de estudio como: reseña histórica, la ubicación, filosofía organizacional, productos y clientes.

3.1. Reseña histórica

Servitec Ltda. es hoy una empresa metalmecánica con 40 años de experiencia, reconocida en el sector por su calidad y responsabilidad en la fabricación y/o reparación de componentes mecanizados y/o soldados para la industria en general.

En la constante búsqueda de la mejora de sus procesos y la satisfacción de sus clientes desde el año 2005 cuentan con un sistema de gestión de la Calidad certificados bajo la norma ISO 9001. Como forma de reafirmar ese compromiso con sus trabajadores, desde el año 2014 certificaron su sistema de Gestión de Seguridad y salud en el trabajo bajo la norma OHSAS 18001.

Ilustración 5. Fachada de la empresa Servitec Ltda.

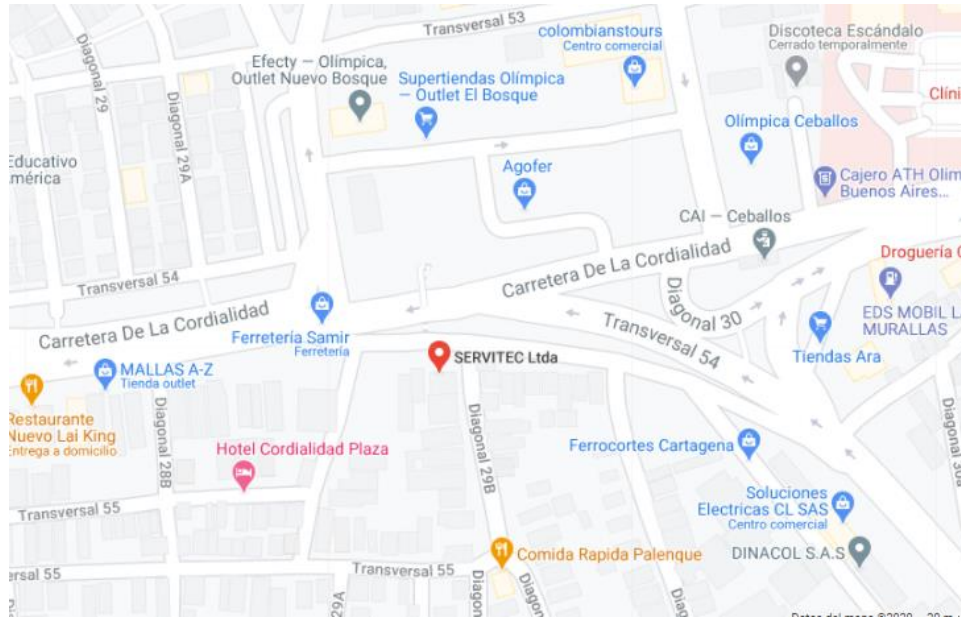


Fuente: Tomada de la página web de Servitec Ltda.

3.2. Ubicación de la empresa:

La empresa Servitec Ltda. cuenta con oficinas y talleres propios ubicados en el departamento de Bolívar, en la ciudad de Cartagena de Indias, específicamente en el barrio Ceballos Transversal 54 # 29 B – 38.

Ilustración 6. Ubicación geográfica de la empresa caso de estudio.



Fuente: Tomada de Google Maps

3.3. Filosofía Organizacional.

3.3.1. Misión

Somos una organización comprometida con el desarrollo de la industria por medio de la fabricación y reparación de componentes mecanizados y/o soldados de calidad, apoyados en nuestro sistema de gestión integral, con un talento humano competente, utilizando tecnologías apropiadas generamos beneficios para nuestros Colaboradores, Clientes, Proveedores, comunidad y accionistas.

3.3.2. Visión

En el 2022 ser reconocidos como el proveedor de confianza de servicios metalmecánicos de nuestros clientes, por la excelente atención, calidad, cumplimiento e innovación en el servicio, garantizando un crecimiento rentable y sostenible.

3.3.3. Empleados con los que cuenta la empresa:

La empresa cuenta con un total de 28 personas (Ver ilustración 6) de los cuales 20 se encuentran en la parte operativa, distribuidos de la siguiente forma:

- 5 Operadores de máquinas y herramientas convencionales
- 2 SNC (Control Numérico Computarizado)
- 2 Soldadores
- 1 Operador con especialidad en fresadora

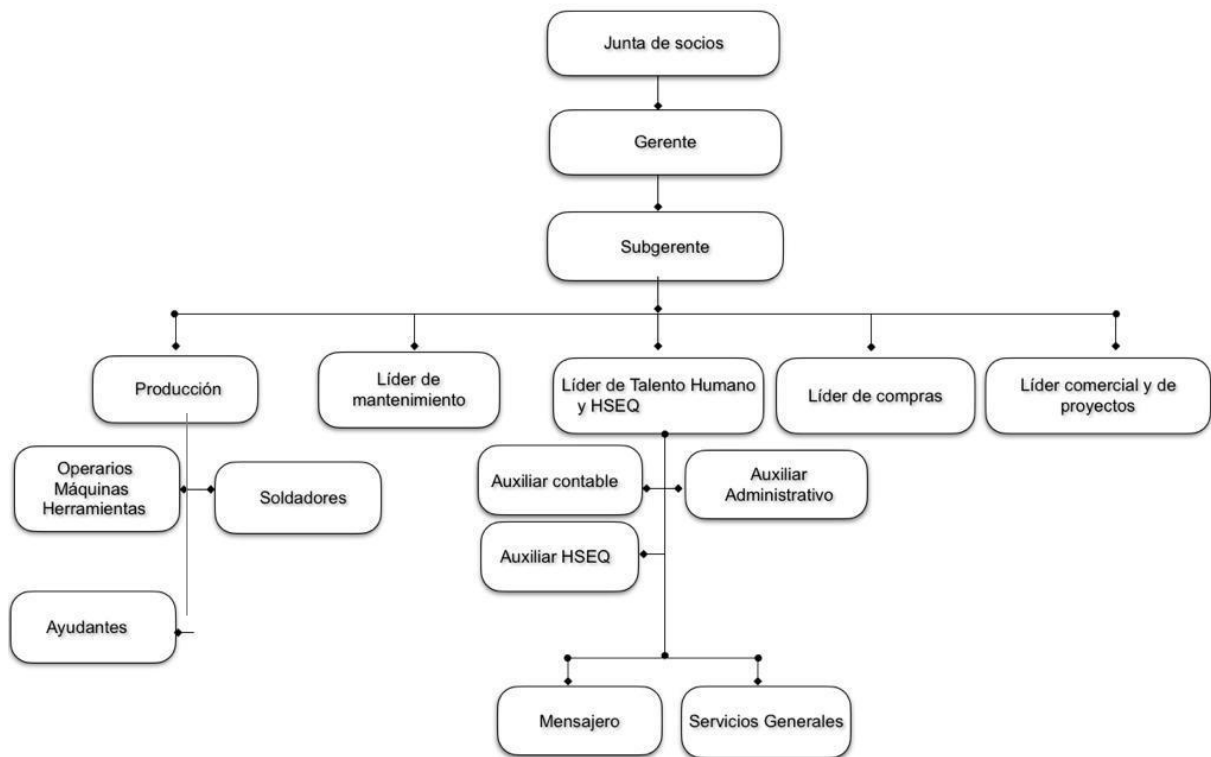
- 2 Ayudantes

Y por otro lado en el área administrativa con 8 personas distribuidas de la siguiente forma:

- Líder de compra, producción, mantenimiento, recursos humanos, etc.
- Mensajero

A continuación, se evidencia la estructura organizacional de la empresa Servitec Ltda.

Ilustración 7. Organigrama de la empresa



Fuente: Propia basada en la información suministrada por la empresa

3.4. Productos y servicios que ofrece la empresa:

Servitec Ltda. es una sociedad comercial legalmente constituida, que ofrece los siguientes productos a las diferentes empresas del sector industrial, comercial y naval de la ciudad de Cartagena.

- **Acoples:** Los acoples o acoplamientos tienen por función prolongar líneas de transmisión de ejes o conectar tramos de diferentes ejes, estén o no alineados entre sí. Es un hecho real que siempre habrá alguna desalineación entre un eje impulsor y un eje impulsado, por lo cual deben ocuparse “acoplamientos”; debido a que el propósito fundamental de los acoplamientos flexibles es transmitir el par de torción requerido desde el eje impulsor al impulsado y compensar el

desalineamiento angular, paralelo o una combinación de ambos, con numerosas funciones complementarias como proporcionar desplazamiento axial y así mismo restringirlo.

Ilustración 8. Acoples



Fuente: Fotografía tomada en la empresa

- **Roldanas o poleas:** las roldanas o poleas son dos piezas circulares dentadas muy similares a los piñones. Consiste en una rueda con un canal en su periferia, por el cual pasa una cuerda que gira sobre un eje central. sirve para reducir la fuerza necesaria para mover un peso.

Ilustración 9. Roldanas o poleas



Fuente: Fotografía tomada en la empresa

- **Piñones:** los piñones son ruedas dentadas que sirven para formar un engranaje las cuales se unen dos al mismo tiempo de diferentes tamaños para mover una maquina o parte que necesite rotación.

Ilustración 10. Piñones



Fuente: Fotografía tomada en la empresa

- **Espárragos:** son tornillos sin cabeza que van roscados en sus dos extremos con diferente longitud roscada, entre los cuales, hay una porción de vástago sin roscar. El extremo roscado corto permanece atornillado en la pieza que se considera fija, mientras que en el otro extremo se atornilla la tuerca que proporciona la unión, se emplean principalmente para asegurar piezas acopladas, que no deban desplazarse ni girar, en situaciones donde no se cuenta con el espacio suficiente para disponer de una cabeza de tornillo.

Ilustración 11. Espárragos Metálicos



Fuente: Fotografía tomada en la empresa

- **Ejes de cola:** el eje de cola es el último trozo de la línea de ejes sobre el cual se monta la hélice de un barco. El tipo más corriente de eje de cola es de construcción maciza de acero forjado.

Ilustración 12. Eje de cola



Fuente: Fotografía tomada en la empresa

Por otro lado, la empresa ofrece los siguientes servicios tales como:

- **Mecanizado:** Servicio de torno CNC, torno convencional, taladro, cepillo, fresadora, prensa hidráulica. Además, ofrecen el servicio de reparación y construcción de partes y/o elementos de maquinaria en general tales como piezas navales, ejes de cola en acero al carbón e inoxidable, chumaceras, bujes, acoples, tuercas, timones, prenses, mecanizado de piezas en fundición nodular, gris, bronce y aluminio. Realizan el mantenimiento y reparación de intercambiadores de calor.
- **Estructuras y otros elementos soldados:** prestan el servicio de soldadura eléctrica, TIC y autógena, corte con plasma, oxicorte, fabricación y montaje de estructuras livianas como: pasarelas, plataformas, barandas y soportes en general. Tienen experiencia en la prefabricación y reparación de ductos, tolvas, tanques y transiciones en lámina acero al carbón e inoxidable. Prefabricación, reubicación y montaje de redes de tuberías de acero al carbón e inoxidable para baja y alta presión en la industria y/o embarcaciones marítimas y fluviales.

Ilustración 13. Estructura y otros elementos soldados



Fuente: Tomada de la página web de Servitec Ltda.

3.5. Clientes actuales.

A lo largo de estos 40 años de trayectoria de la empresa Servitec Ltda., ha logrado obtener como clientes algunas empresas de Mamonal, la industria naval y petroquímica; entre sus clientes, se destacan los siguientes:

- **Naviera central:** Naviera Central ofrece a sus clientes un portafolio coherente de soluciones de transporte fluvial de carga líquida en barcazas y también tienen la capacidad de transportar carga pesada y extradimensionada, así como carga seca incluyendo contenedores, granos, acero, químicos y agregados.

Ilustración 14. Logo corporativo empresa Naviera Central



Fuente: Tomada de la página web de Naviera Central

- **Cotecmar:** El terminal de Contenedores de Cartagena, Contecar, una compañía del Grupo Puerto de Cartagena, La compañía opera como centro de conexiones para compañías navieras y como centro de distribución internacional para corporaciones multinacionales. El terminal tiene capacidad de:
 - ✓ **Construcciones:** desarrollar proyectos para la construcción de plataformas, buques y artefactos navales con un amplio rango de posibilidades de trabajos, defensa y tecnologías de uso dual.
 - ✓ **Reparación y mantenimiento:** se encuentran comprometidos reparar y hacer mantenimiento en los buques para que salgan en óptimas condiciones entre otros servicios que ofrece la organización.

Ilustración 15. Logo corporativo empresa Cotecmar



Fuente: Tomada de la página web de Cotecmar

- **Astivik:** Es una de las empresas más importantes del país. Fue fundado en 1972, en Cartagena. Construye, repara y les hace mantenimiento a embarcaciones de

varias naciones y ofrece algunos servicios como: Reparación, nuevas construcciones, modernización, mantenimiento, diseño e ingeniería.

Ilustración 16. Logo corporativo empresa Astivik



Fuente: Tomada de la página web de Astivik

- **Serport S.A:** esta empresa está ubicada en la ciudad de Cartagena, presta servicios especializados de buceo industrial y actividades subacuáticas, como también cuenta con servicios de embarcaciones de apoyo y barcazas entre otros.

Ilustración 17. Logo corporativo empresa Serport



Fuente: Tomada de la página web de Serport

3.6. Proceso productivo del Eje de Cola

- 3.6.1. Planeación:** es responsabilidad del jefe fabricación y/o reparación, aplicar y/o modificar los procedimientos de los trabajos correspondientes a la fabricación de un eje de cola. Entregar al personal de producción la herramienta, material y equipo necesario para el desempeño de sus labores, así como manuales, planos, dibujos y documentación relacionada, además supervisar el desarrollo del trabajo y documentarlo.

Verificar el material a utilizar si cumple con las especificaciones requeridas.

- 3.6.2. Personal asignado:** el personal asignado del área producción deberá verificar en la OPI todos los datos correspondientes al trabajo a realizar, materiales y herramientas necesarias.
- 3.6.3. Descripción de los equipos prioritarios:** en el área operativa un elemento importante son las máquinas y equipos, los cuales son recursos que sirven de apoyo para el desarrollo de las actividades. A continuación, se hace una

descripción de las características y especificaciones de las maquinas prioritarias, entre los cuales se encuentran, Maquinas de Fresadora, Torno y Soldadura.

- **Máquina de soldadura:** el eje de cola pasa por esta máquina ya que se presentan diferentes tipos de desgaste y daños encontrados en los muñones como también formación de cumbreras, raspaduras, marcas de arrastre, desgaste, raspaduras, corrosión; grietas; ejes doblados y rotos.

En los ejes de cola, además de las clases de daños enumeradas arriba, pueden sufrir debilitamiento y daño en las roscas en la parte estrecha del eje de cola; roturas, que principalmente ocurren en la transición de la parte estrecha hacia la parte cilíndrica lo cual debe ser soldado para poder cubrir todas las imperfecciones y luego ranurar y pulir el exceso de material.

Ilustración 18. Máquina de soldadura Empresa Servitec Ltda.



Fuente: Fotos propias, tomadas en las instalaciones de la empresa.

- **Máquina del Torno:** el torno permite mecanizar las piezas del eje de cola el cual es de grande dimensión, Este dispositivo se encargan de hacer girar la pieza mientras las herramientas de corte son empujadas contra su superficie, cortando las partes de soldadura o metal sobrantes en forma de viruta dándole un acabado perfecto al eje de cola.

Ilustración 19. Máquina del torno



Fuente: Fotos propias, tomadas en las instalaciones de la empresa.

- **Máquina de fresadora:** la fresadora es una herramienta de corte rotativo de alta velocidad, en el proceso del eje de cola Se utiliza sobre todo para cortar ranuras, practicar cortes a lo largo de los bordes de las piezas o para vaciar áreas rellenas de soldadura.

Ilustración 20. Máquina de la fresadora



Fuente: Fotos propias, tomadas en las instalaciones de la empresa.

A continuación, se observan algunas ranuras que se mejoran en la fresadora, ya que en el eje de cola vienen desgastadas. (Ver ilustración 21)

Ilustración 21. Roscas del eje de cola



Fuente: Fotos propias, tomadas en las instalaciones de la empresa.

Cabe resaltar que los procesos mencionados anteriormente no solo se utilizan para la reparación de ejes de colas, sino también para la elaboración de ejes de colas nuevos.

Capítulo 4.

Diagnóstico de la situación actual

4.1. Estudio de métodos

En la empresa Servitec Ltda., se realizó un análisis y se examinó de modo crítico el proceso productivo del eje de cola para poder implantar un método práctico, económico y eficaz; por lo cual, se implementaron herramientas como listas de chequeo, entrevistas y observación directa para conocer el estado del área de producción más específicamente el proceso productivo del eje de cola, luego de haber evaluado cuál era el producto que intervenía en todas las zonas de producción de la empresa (Ver tabla 17) y así poder conocer el estado del área productiva de la empresa Servitec Ltda como primera etapa.

Tabla 17. Línea productiva de los productos metalmecánicos de la empresa Servitec Ltda.

Producto	Fresadora	Torno	Soldadura
Acoples	X		
Espárragos	X		
Roldanas o poleas	X	X	
Piñones	X	X	
Eje de cola	X	X	X

Fuente: Propia con base en las entrevistas

Además, de tener como criterio que el producto seleccionado pasará por todas las zonas de producción, se tuvo presente la información dada por el jefe de producción en las entrevistas aplicadas, donde hizo hincapié de las dificultades que se les presentaban con el eje de cola, tal y como se narró en el problema del trabajo anteriormente. Para conocer el recorrido dentro de la empresa del proceso productivo del eje de cola se realizó el diagrama de recorrido.

4.1.1. Diagrama de Recorrido

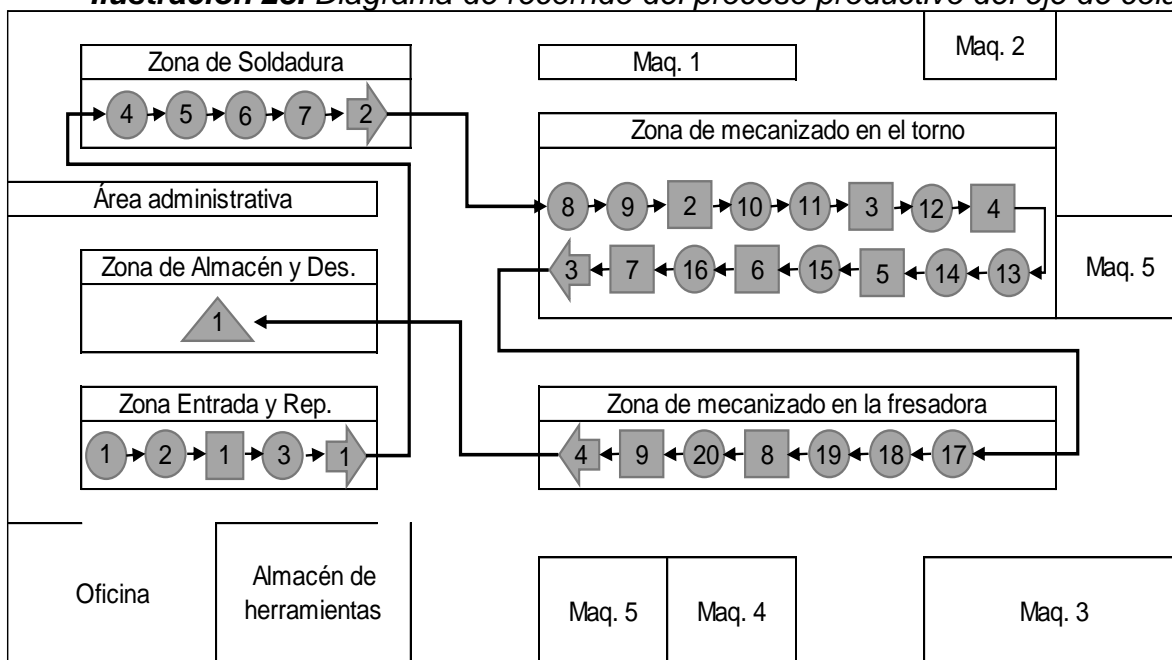
Este diagrama de recorrido es un esquema en la distribución de planta en un plano que muestra dónde se realizan todas las actividades de la elaboración del eje de cola en la empresa Servitec Ltda. La ruta de los movimientos de cada símbolo se señala por medio de flechas, cada actividad es identificada y localizada en el diagrama por el símbolo correspondiente y numerada de acuerdo con el procedimiento (Ver ilustración 22).

Ilustración 22. Simbología del diagrama de Recorrido

Símbolos del Diagrama de Recorrido	
Zona de entrada y preparación	5. Verificar centricidad de la pieza
● 1. Diseño del eje	● 15. Calibrado del cilindro lado hélice
● 2. Compra de materia prima	■ 6. Verificar diámetro, longitud y peso
■ 1. Inspección de materia prima	● 16. Realizar como lado acople
● 3. Enderezar eje	■ 7. Verificar ángulo y longitud del cono según la OPI
➔ 1. Transporte de la pieza al área de soldadura	➔ 3. Transporte a la Fresadora
Zona de Soldadura	Zona de mecanizado en la fresadora
● 4. Alistamiento de la maquina	● 17. Alistamiento de la máquina
● 5. Montaje de la pieza	● 18. Montaje de la pieza
● 6. Instalación de las camisas lado coupling	● 19. Realizar cuñero lado hélice
● 7. Instalación de las camisas lado hélice	■ 8. Verificar diámetro (Ancho, profundoy longitud) según la OPI
➔ 2. Transporte de la pieza al torno	● 20. Realizar acúne lado acople
Zona de mecanizado del torno	■ 9. Verificar diámetro (Ancho, profundoy longitud) según la OPI
● 8. Alistamiento de la maquina	➔ 4. Transportar a la zona de almacenamiento
● 9. Montaje de la pieza	Zona de almacenamiento y despacho
■ 2. Verificar centricidad de la pieza	➔ 1. Almacenamiento hasta entrega del producto terminado
● 10. Calibrado del cilindro lado hélice	
● 11. Realizar rosca lado hélice	
■ 3. Verificar diámetro, longitud y peso	
● 12. Realizar cono lado hélice	
■ 4. Verificar ángulo y longitud del cono según la OPI	
● 13. Desmontaje de la pieza	
● 14. Montaje de la pieza	

Fuente: Propia basada en la información suministrada por la empresa

Ilustración 23. Diagrama de recorrido del proceso productivo del eje de cola



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el diagrama y las visitas de campo, se pudo observar que el eje de cola tiene un recorrido total por toda el área productiva de 20 metros, desde el momento en que ingresan los materiales, hasta que es entregado al cliente; la caracterización que se muestra en el diagrama permite observar que en cuanto al proceso productivo del eje de cola la empresa cuenta con una distribución de planta óptima de acuerdo con el espacio analizado.

Sin embargo, se observó que en la planta no existe una adecuada señalización que permita identificar claramente el área para cada zona de producción o delimitación de las áreas donde están ubicadas las máquinas; además de la existencia de un área de chatarra dentro de la planta que provoca la disminución del espacio.


4.1.2. Cursograma Analítico

Para poder representar de forma gráfica el proceso de fabricación del eje de cola, el cual, se obtuvo por observación directa, se utilizó el cursograma analítico; ya que aborda el proceso de modo más detallado, pues en él se encuentran incluidas e ilustradas las cinco actividades fundamentales (Ver tabla 18), tales como: las operaciones, las inspecciones, los transportes, las demoras y los almacenamientos, representando gráficamente el orden en que suceden cada una de ellas; además del tiempo necesario y la distancia recorrida.

Tabla 18. Cursograma analítico del proceso productivo del eje de cola

Cursograma analítico					Material
					x
Diagrama Núm. 1	Hoja Núm. 1		Resumen		
Objeto:	de 1		Actividad	Actual	
Proceso productivo del eje de cola			Operación	●	20
Actividades			Transporte	➡	4
			Inspección	■	9
			Almacenamiento	▼	1
Método:	Actual / Propuesto		Distancia (Metros)		20
Lugar: Servitec Ltda.			Mano de obra		7
Operario (s):			Tiempo (Horas)		21,98
Compuesto por: Investigadoras			Fecha:	1/03/2019	Aprobado por: Limyim Cárdenas
Descripción	M.O	Distancia (Mts)	Tiempo (Hrs)	SIMBOLOS	
Descargar materiales	3	5		Observaciones	
Preparación				● ➡ ■ ▼ D	

Diseño del eje de cola (en planos o catálogos según la OPI)		1,5					
Compra de materia prima		1					1. Líder de compra.
Inspeccionar la materia prima a utilizar	3	0,5					1 líder de producción: Hernando Botett 1 Sugerente: Luis Alberto Cárdenas
Enderezar el eje de cola en los puntos críticos		2					
Transportar pieza al área de soldadura	2	0,17					2 ayudantes: Ángel Gasbondon y Emilio Jaraba.
Soldadura del eje de cola							
Alistamiento de la máquina de soldadura.		0,17					
Montaje de la pieza en la mesa		0,17					
Instalación de las camisas lado Coupling	2	0,67					
Instalación de las camisas lado hélice		0,67					
Transportar la pieza al torno	3	0,20					1 tornero: Vicente pallares y 2 ayudantes: Ángel Gasbondon y Emilio Jaraba.
Mecanizado de la pieza en el torno							
Alistamiento de la máquina del torno con sus respectivas herramientas utilizar		0,33					1 Tornero: Vicente pallares, junto con sus ayudantes
Montaje de la pieza a la máquina	1	0,17					
Verificar centricidad de la pieza para iniciar el proceso del roscado		3					El tornero

Calibrar el cilindro del lado hélice		0,67					
Realizar el roscado del lado hélice		1					
Mecanizado de la pieza en torno							
Verificar diámetros, longitud, y paso según la OPI para la fabricación de la rosca del eje de cola		0,33					
Realizar mecanizado para fabricar como lado hélice del eje de cola		1					
Verificar ángulo y longitud del cono según la OPI		0,33					
Desmontaje de la pieza del torno		0,17					El tornero y sus ayudantes
Montaje de la pieza del lado acople en el torno		0,17					El tornero y sus ayudantes
Verificar centricidad de la pieza para iniciar el proceso de fabricación de conos del lado coupling	1	3					
Calibrar cilindro del lado coupling		0,67					
Verificar ángulo, diámetro, longitud y paso según la OPI		0,33					
Realizar el mecanizado para fabricación de los conos		1					
Verificar las medidas finales de acuerdo con la solicitud del cliente		0,33					

Transportar la pieza a la fresadora		3	0,2						El tornero y sus ayudantes	
Mecanizado de la pieza en la fresa										
Alistamiento de la máquina con sus respectivas herramientas a utilizar			0,17						1 fresador: Martín Cárdenas	
Mecanizado de la pieza en la fresa										
Montaje del eje de cola a la máquina	1		0,17							El Fresero y sus ayudantes
Realizar cuñero al eje de cola del lado hélice			0,58							
Verificar dimensiones (ancho, profundidad, longitud) según la OPI			0,25							
Realizar cuñero del eje lado coupling			0,58							
Verificar dimensiones (ancho, profundidad, longitud) según la OPI			0,25							
Transportar al almacén para la entrega al cliente del producto terminado		7	0,25							
Almacenamiento de algunas piezas por especificación del cliente			-							
Total		7	20							22

Fuentes: Elaboración propia

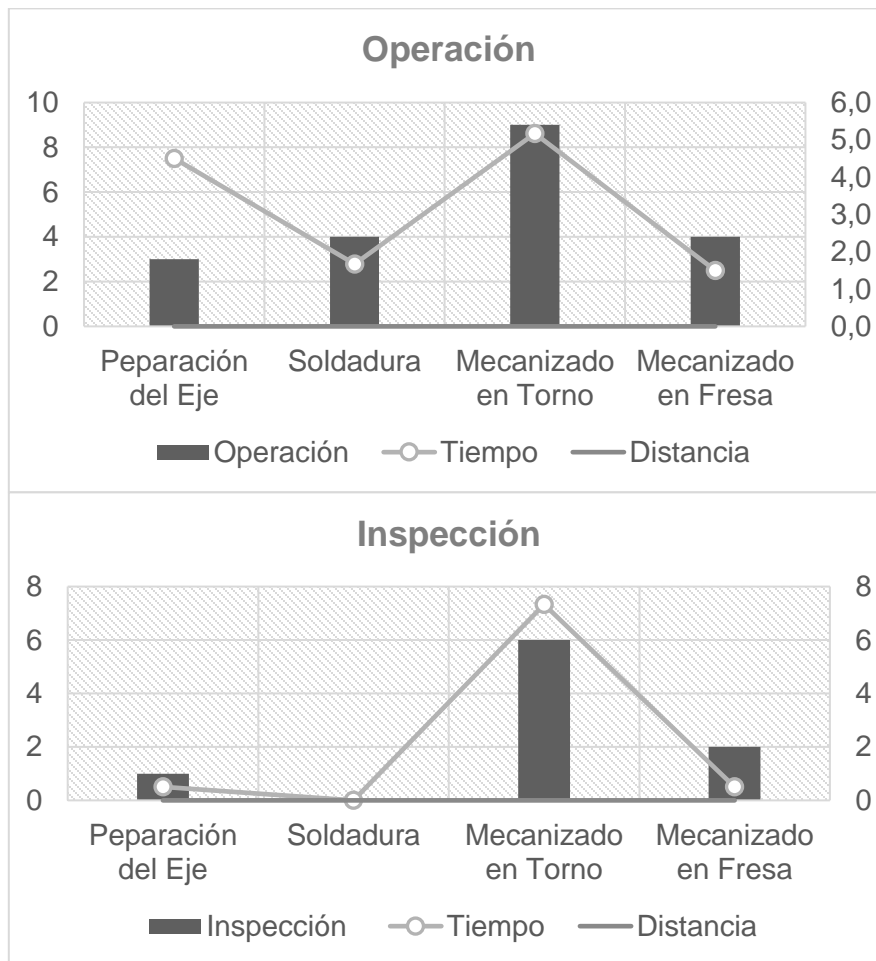
La aplicación del cursograma analítico muestra la trayectoria del eje de cola por cada zona de producción, arrojando los siguientes datos:

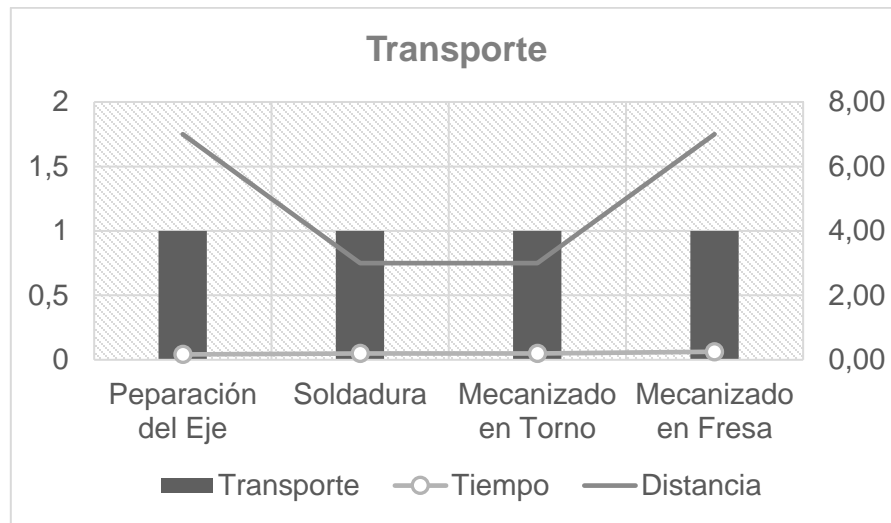
- N° de personas que intervienen en el proceso productivo: 7 Personas
- Recorrido: 20 Metros

- Tiempo total de fabricación: 22 Horas
- N° de operaciones en el proceso: 20
- N° de inspecciones en el proceso: 9
- N° de transportes en el proceso: 4
- N° de almacenamientos en el proceso: 1
- N° de esperas en el proceso: 0

De las 5 actividades existentes, se aprecia que tres de ellas son las que mayor número de veces se requieren en el proceso productivo del eje de cola; por tal razón, se procedió a realizar un diagrama de barras (Ver gráfica 6) por cada una de las operaciones, transportes e inspecciones respecto a cada zona de producción, con el fin de identificar cual es el proceso más crítico respecto al tiempo; pues en algunas ocasiones para poder cumplir con los pedidos de los clientes deben contratar al personal capacitado algunas horas extras, incrementando los costos de fabricación.

Gráfica 6. Diagrama de barras de las 3 actividades por zona de producción





Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el diagrama de operación se observa que de todo el proceso productivo del eje de cola, la zona donde más operaciones se llevan a cabo es en el mecanizado en torno con una duración de 5,17 horas equivalentes a 5 horas con 10 minutos, siendo de esta forma, el proceso donde mayor número de operaciones hay y más tiempo implica en la fabricación del eje frente a los otros procesos; continuando con el diagrama de Inspección se observa que el proceso de mecanizado en torno reincide en presentar el índice más alto frente al número de inspecciones y tiempo que este influye en el proceso productivo con 7,33 horas equivalentes a 7 horas con 20 minutos representando el 90% del total del tiempo (8,33 horas equivalente a 8 horas con 20 minutos) frente a los otros procesos productivos.

Por otro lado, en el diagrama de transporte se aprecia que para todos los procesos se requiere solamente un transporte por cada uno, pero en temas de distancias, se identifica que, desde la entrada hasta el área de soldadura, el eje de cola recorre 7 metros y del área de mecanizado en fresa hasta el almacén otros 7 metros, obteniendo como resultado que estas dos áreas presentan los índices más altos en el traslado del eje de cola por la planta de producción.

Concluyendo de esta forma, que el proceso a evaluar y analizar es el mecanizado en torno de acuerdo con los datos obtenidos, pero además tomando en cuenta los comentarios dichos por el jefe de producción en las entrevistas hechas en la empresa, donde manifestaba que hay demoras y pérdidas de tiempo por los altos tiempos de alistamiento del Eje de Cola, más específicamente en el centrado del eje de cola, actividad que demanda que el operador tenga gran experiencia y practicidad para conseguir el centrado adecuado, siendo esta una actividad crítica de la cual dependerán la eficiencia de los demás procesos.

4.2. Estudio de tiempos

Como segunda etapa de la investigación se procedió a realizar la toma de tiempos y el cálculo del tiempo estándar en el proceso de mecanizado de torno, más específicamente en el centrado de la pieza, fase crucial del proyecto, debido a que, en esta, se organiza y se toma la información necesaria para estandarizar los procesos de producción, que es en primera instancia lo que se necesita para conocer el tiempo real del estudio; el cual, es desarrollado con las visitas de campo realizadas a la empresa Servitec Ltda.

4.2.1. Tiempos de observación

Con el fin de conocer los tiempos necesarios, para la realización de las operaciones en el proceso de centrado de la pieza en torno, se procede a registrar tiempos, haciendo uso del equipo necesario como: cronometro, tabla de apoyo, hoja de registro de tiempos, lapicero y calculadora.

El estudio es realizado en las áreas de trabajo; a través de observaciones directas a una distancia considerable, de donde se está realizando el proceso, con el fin de visualizar todos los movimientos y procedimientos empleados en el método actual de trabajo.

4.2.2. División de las operaciones en elementos

El proceso de centrado de la pieza en torno, lleva una secuencia de operaciones, y es necesario identificar; tanto el inicio, como el final de las mismas. Para lograrlo es necesario, observar algunos ciclos y se trata, que los elementos sean lo más breve posibles. A continuación, se presenta la división de operaciones en elementos y a su vez la delimitación en tareas (Ver tabla 19):

Tabla 19. Descomposición de las operaciones en elementos

Descomposición de las operaciones en elementos					
Operación: Centrado de la pieza (Eje de Cola) en torno				Estudio N°:	1
Material: Acero inox				Hoja N°:	de
Estudio de Métodos N°:	1	Instalación / Máquina:	Torno Horizontal	Término:	
Herramientas y Calibradores: Mandril, Eslingas y el Reloj comparador				Comenzó:	23/04/2018
				Observaciones:	
Método utilizado:	OIT	Pieza / Unidad	1		
Producto / Pieza:	Eje de Cola	Número:	1		
Plano N°:	56	Material:	Acero inox		
Operario del torno y los ayudantes					
N°	Listado de Actividades			Delimitación	Definición
1	Poner las eslingas alrededor del Eje de Cola			De 1 a 5	A

2	Ajustar las eslingas		
3	Jalar las eslingas para subir el Eje		
4	Llevar el Eje hasta el torno		
5	Descender el Eje hasta la altura del cabezal		
El tornero			
6	Toma las medidas al Eje de Cola	De 6 a 10	B
7	Ajusta la primer mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje		
8	Ajusta la segunda mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje		
9	Ajusta la tercera mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje		
10	Ajusta la cuarta mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje		
11	Lleva el Eje de Cola hasta la cabeza del torno ajustada	De 11 a 15	C
12	Reajusta la primera mordaza con el mandril estando el Eje puesto		
13	Reajusta la segunda mordaza con el mandril estando el Eje puesto		
14	Reajusta la tercera mordaza con el mandril estando el Eje puesto		
15	Reajusta la cuarta mordaza con el mandril estando el Eje puesto		
16	Lleva el punto móvil hacia el Eje	De 16 a 19	D
17	Enciende el Torno		
18	Coloca el reloj comparador entre el torno y el Eje		
19	Verifica que la pieza este centrada		

Fuente: *Elaboración propia*

Después de delimitar la operación, se procedió a tomar los tiempos con un cronometro acumulativo, observando y anotando cada uno de ellos en la hoja de datos; tomando por cada elemento 5 tiempos (Tiempo en horas). (Ver tabla 20).

Tabla 20. *Toma de tiempos.*

Elementos / N° de tiempos	1	2	3	4	5
A	0,58	0,57	0,50	0,65	0,62
B	0,75	0,68	0,77	0,82	0,67
C	1,08	1,07	1,00	1,15	1,08
D	0,58	0,50	0,50	0,47	0,55

Fuente: *Elaboración propia*

4.2.3. Cálculo del número de observaciones

Para ello, se utilizó el método estadístico, el cual, requiere que se efectúen cierto número de observaciones preliminares (n'), teniendo en cuenta, que para el presente estudio del centrado del eje de cola en el torno se tomaron 5 preliminares como se observó anteriormente (Ver tabla 20), para luego poder aplicar la siguiente fórmula:

Ecuación 1. *Formula del método estadístico*

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - \Sigma(x)^2}}{\Sigma x} \right) \wedge 2$$

Fuente: Salazar, B. en *Ingeniería Industrial Online.com* (2019)

La cual, proporciona un nivel de confianza del 95,45% y un margen de error de $\pm 5\%$.

Donde:

- ✓ n = Tamaño de la muestra que se desea calcular (número de observaciones)
- ✓ n' = Número de observaciones del estudio preliminar
- ✓ Σ = Suma de los valores
- ✓ x = Valor de las observaciones.
- ✓ 40 = Constante para un nivel de confianza de 94,45%

Permitiendo de esta forma determinar que la cantidad de observaciones sean suficientes. Tal y como se observa a continuación:

Aplicación del método estadístico para el elemento A

$$n = \left(\frac{40\sqrt{5(1,71) - (8,51)}}{2,92} \right) \wedge 2 = 12,02 \approx 12$$

Respecto al elemento A, según el método estadístico, el número de observaciones a tomar deben ser 12 para proporcionar un nivel de confianza del 95,45%, aumentando un total de 17 tomas junto con las preliminares.

Aplicación del método estadístico para el elemento B

$$n = \left(\frac{40\sqrt{5(2,73) - (13,57)}}{3,68} \right) \wedge 2 = 8,98 \approx 9$$

Respecto al elemento B, según el método estadístico, el número de observaciones a tomar deben ser 9 para proporcionar un nivel de confianza del 95,45%, aumentando un total de 14 tomas junto con las preliminares.

Aplicación del método estadístico para el elemento C

$$n = \left(\frac{40\sqrt{5 (5,81) - (28,98)}}{5,38} \right) \wedge 2 = 3,16 \approx 3$$

Respecto al elemento C, según el método estadístico, el número de observaciones a tomar deben ser 3 para proporcionar un nivel de confianza del 95,45%, aumentando un total de 8 tomas junto con las preliminares.

Aplicación del método estadístico para el elemento D

$$n = \left(\frac{40\sqrt{5 (1,36) - (6,76)}}{2,60} \right) \wedge 2 = 10,12 \approx 10$$

Y finalmente respecto al elemento D, según el método estadístico, el número de observaciones a tomar deben ser 10 para proporcionar un nivel de confianza del 95,45%, aumentando un total de 15 tomas junto con las preliminares.

Durante las tomas se tuvo presente diferentes horarios laborales; en la mañana, en la tarde, en diferentes días e incluso en diferentes meses para poder tener una muestra de tiempos aleatoria, que permita abarcar una situación real para el estudio. Después de tener calculado el número de observaciones requeridas para conseguir la confianza del estudio, se procedió a tomar los tiempos faltantes, tal y como se muestra continuación. (Ver tabla 21)

Tabla 21. Toma de tiempos respecto al método estadístico.

Elementos / N° de tiempos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A	0,58	0,57	0,50	0,65	0,62	0,60	0,59	0,58	0,63	0,61	0,60	0,59	0,56	0,56	0,66	0,62	0,53
B	0,75	0,68	0,77	0,82	0,67	0,70	0,75	0,75	0,72	0,73	0,68	0,80	0,7	0,71	-	-	-
C	1,08	1,07	1,00	1,15	1,08	1,00	1,06	1,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	0,58	0,50	0,50	0,47	0,55	0,52	0,52	0,51	0,49	0,49	0,54	0,53	0,48	0,5	0,55	-	-

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Tiempo estándar

Una vez cronometrados todos los datos y recogidos en las hojas de tiempo, se procede a calcular el tiempo observado por cada uno de los elementos, que no es más que el promedio de todas las tomas. (Ver tabla 22)

Tabla 22. Toma de tiempos.

Elementos	Tiempo observado
A	0,59
B	0,73
C	1,06
D	0,51

Fuente: *Elaboración propia*

Para este estudio, la frecuencia siempre será de una unidad, pues en todo el proceso y por cada elemento, el producto obtenido es el Eje de Cola.

Simultáneamente al cronometraje del trabajo, se debe abordar una de las etapas más críticas del estudio de tiempos, como lo son la valoración del ritmo de trabajo y la determinación de los suplementos siendo estos los dos temas más discutidos del estudio, más aún la valoración, dado que esta se determina por correlación con el juicio del investigador.

Para determinar la valoración del estudio se utilizó la tabla de la norma británica, la cual se muestra a continuación (Ver tabla 23):

Tabla 23. Escala de valoración de acuerdo al ritmo del trabajo.

Escala de valoración	Descripción del desempeño
0	Actividad nula
50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operador parece medio dormido y sin interés en el trabajo.
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan.
100 (Ritmo tipo)	Activo, capaz, como obrero calificado medio pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
125	Muy rápido; el operador actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio.
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso, sin probabilidad de durar por largos períodos; actuación de «virtuosos», solo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.

Fuente: *Salazar, B. en Ingeniería Industrial Online.com (2019)*

Determinando de esta forma, por cada elemento y de acuerdo al desempeño del trabajador durante las tomas, la siguiente valoración (Ver tabla 24):

Tabla 24. Valoración del ritmo del trabajo en el proceso de centrado de la piza.

Elementos	Valoración
A	1
B	0,9
C	0,85
D	1,05

Fuente: Elaboración propia

Es importante rescatar que el estudio se realiza a un operario calificado, ya que ha estado dentro del proceso productivo desde que se inició la actividad, estando al tanto de todos los procesos, y las pruebas realizadas desde el comienzo; tomando en cuenta aspectos como la excelente habilidad para realizar las operaciones, en cuanto al esfuerzo que al estar de pie en todo momento se aprecia en una buena calificación, las condiciones de trabajo son buenas, a pesar de percibir que en algunos momentos debía ir a buscar las herramientas al cuarto designado para ello y en otras ocasiones buscar al jefe de producción para confirmar las medidas y especificaciones del cliente respecto al eje de cola; por otro lado, aunque cuenta con un espacio amplio en el mecanizado del torno, se observaron residuos y objetos en el piso que dificultaban o retrasaban su buen desplazamiento; sin embargo el área se encontraba bien ventilada, creando una consistencia buena de trabajo.

Obteniendo la valoración por elemento se procede a calcular el tiempo básico haciendo uso de la siguiente formula (Ver ecuación 6):

Ecuación 2. Formula tiempo normal o básico

$$\text{Tiempo normal o básico} = \text{Tiempo Observado} * \left(\frac{\text{Valoración determinada}}{\text{Valoración estándar}} \right)$$

Fuente: Salazar, B. en Ingeniería Industrial Online.com (2019)

Que de acuerdo al proceso de centrado del eje de cola se obtuvo por cada elemento, el tiempo estándar, como observa a continuación (Ver Tabla 25):

Tabla 25. Cálculo del tiempo normal o básico.

Elemento	Tiempo Observado	Valoración	Tiempo Básico
A	0,59	1	0,59
B	0,73	0,9	0,66
C	1,06	0,85	0,9

D	0,51	1,05	0,54
---	------	------	------

Fuente: Elaboración propia

Incluso cuando se haya efectuado el más preciso proceso de cronometraje y valoración de la cadencia, no se puede olvidar que la tarea seguirá exigiendo un esfuerzo humano, por lo que hay que prever ciertos suplementos para compensar la fatiga y descansar. Por eso, para el presente estudio, se tomaron los porcentajes de la tabla de suplementos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) mencionada en el Anexo 2.

Teniendo en cuenta los suplementos constantes y variables, respecto de los comportamientos y acciones del trabajador percibidas durante la toma de tiempos (Ver tabla 26).

Tabla 26. Identificación suplementos por elemento.

Elemento	Suplementos	%
A	Suplemento personal	5
	Suplemento por fatiga básica	4
	Suplemento por estar de pie	2
	Uso de fuerza o energía muscular	3
	Ruido	2
B	Suplemento personal	5
	Suplemento por fatiga básica	4
	Suplemento por estar de pie	2
	Ruido	2
	Tensión visual	5
C	Tensión mental	4
	Suplemento personal	5
	Suplemento por fatiga básica	4
	Suplemento por estar de pie	2
	Ruido	2
D	Tensión visual	5
	Tensión mental	8
	Suplemento personal	5
	Suplemento por fatiga básica	4
	Suplemento por estar de pie	2
	Ruido	2

Fuente: Elaboración propia

Y finalmente, para obtener el tiempo estándar por elemento se aplica la siguiente fórmula (Ver ecuación 7):

Ecuación 3. Fórmula tiempo estándar.

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo básico} * (1 + \sum \text{Suplemento})$$

Fuente: Salazar, B. en *Ingeniería Industrial Online.com* (2019)

En este caso, ya se ha aplicado en la tabla la sumatoria de los suplementos anteriores (Ver tabla 26), adicionando por cada porcentaje el 100% de acuerdo a la fórmula (Ver Ecuación 7), arrojando de esta forma, el tiempo estándar por elemento. (Ver tabla 27).

Tabla 27. Cálculo suplementos durante el centrado de la pieza.

Elemento	Tiempo Observado	Valoración	Tiempo Básico	Suplementos	Tiempo Estándar
A	0,59	1	0,59	1,16	0,68
B	0,73	0,9	0,66	1,22	0,81
C	1,06	0,85	0,9	1,26	1,13
D	0,51	1,05	0,54	1,13	0,61

Fuente: Elaboración propia

De lo anterior, se puede observar que para el elemento A el tiempo estándar requerido es de 0,68 horas (equivalente a 41 minutos), para el elemento B el tiempo estándar requerido es de 0,81 horas (equivalente a 48 minutos), para el elemento C el tiempo estándar requerido es de 1,13 horas (equivalente a 1 hora con 8 minutos) y para el elemento "D" el tiempo estándar requerido es de 0,61 horas (equivalente a 37 minutos); arrojando un tiempo estándar del proceso de centrado del eje de cola en total de 3,23 horas (equivalente a 3 horas con 14 minutos).

Es importante, tener presente que, durante el mecanizado del eje de cola en la máquina del torno, este proceso de centrado se realiza en dos ocasiones: la primera cuando se mecaniza el lado hélice de la pieza y la segunda cuando se mecaniza el lado coupling, trayendo en total un tiempo estándar en el proceso de mecanizado del eje en el torno de 6 horas con 28 minutos. Tiempo que le está incrementando el costo de fabricación del eje de cola a la empresa Servitec Ltda. al verse obligada a contratar al personal horas extras para lograr satisfacer su demanda y cumplir las entregas de sus clientes.

Capítulo 5.

Aplicación metodología de las 5s

5.1. Diagnóstico de la situación actual en área de producción del proceso del eje de cola.

Para la aplicación de la metodología 5S en el área de producción en la empresa Servitec Ltda., se desarrolló un cuestionario en donde se evaluaron unos ítems, cuyo contenido y resultados se mencionan a continuación:

Cada una de las etapas de las 5S se midieron por medio de 5 preguntas sencillas, las cuales serán evaluadas y representadas de la siguiente manera; 1 Muy mal, 2 Mal, 3 Regular, 4 Bien y 5 Muy Bien.

A continuación, se presenta la tabulación de la encuesta (Ver tabla 28) aplicada al área de producción, mediante observación directa y en acompañamiento del jefe de producción.

Tabla 28. Evaluación inicial metodología 5s en el área de producción

Inspección inicial de 5s en el área de producción de la empresa metalmecánica								
Hoja de auditoria para 5s - 2019			Evaluadores:	1	2	3	4	5
			Leidy Jassir y María F. Quintero	Muy mal	Mal	Regular	Bueno	Muy bueno
5s	#	Artículo chequeado	Descripción					
Clasificación	1	Materiales o Partes	Material/partes en exceso de inventario o en proceso					5
	2	Maquinaria u otro equipo	¿Están ubicadas innecesariamente alrededor?				4	
	3	Herramientas	¿Están ubicadas innecesariamente alrededor?			3		
	4	Control visual	¿Existe o no control visual?			3		
	5	Estándares escritos	¿Tienen establecidos estándares de limpieza? (5s)				4	

Inspección inicial de 5s en el área de producción de la empresa metalmecánica								
Hoja de auditoria para 5s - 2019			Evaluadores:	1	2	3	4	5
			Leidy Jassir y María F. Quintero	Muy mal	Mal	Regular	Bueno	Muy bueno
Orden	6	Indicador de Lugar	¿Existen áreas de almacenaje marcadas?		2			
	7	Indicadores de artículos	¿Están demarcados los artículos y los lugares?			3		
	8	Indicadores de cantidad	¿Están definidos máximos y mínimos de productos?			3		
	9	Vías de acceso y almacenamiento	¿Están identificados líneas de acceso y del almacén?		2			
	10	Herramientas	¿Poseen lugar claramente identificados?					5
Limpieza	11	Pisos	¿Están los pisos libres de basura, aceite, grasa?		3			
	12	Máquinas	¿Están las maquinas libres de objetos y aceite?		3			
	13	Limpieza e inspección	Se realiza inspección de equipos junto con mantenimiento			4		
	14	Responsable de limpieza	¿Existe personal responsable de verificar la limpieza?			4		
	15	Habito de limpieza	¿El operador hace limpieza de pisos y maquina regularmente?		3			
Estandarización	16	Notas de Mejoramiento	¿Se generan regularmente?				4	
	17	Ideas de mejoramiento	¿Se han implementado ideas de mejora?				4	
	18	Procedimientos claves	¿Usan procedimientos escritos, claros y actuales?				4	

Inspección inicial de 5s en el área de producción de la empresa metalmecánica								
Hoja de auditoria para 5s - 2019		Evaluadores:		1	2	3	4	5
		Leidy Jassir y María F. Quintero		Muy mal	Mal	Regular	Bueno	Muy bueno
19	Plan de mejoramiento	¿Tiene un plan futuro de mejoramiento para el área?					4	
20	Las primeras 3 S	¿Están las primeras S mantenidas?				3		
Disciplina	21	Entrenamiento	¿Son conocidos los procedimientos estándares?					5
	22	Herramientas y partes	¿Las herramientas son almacenadas correctamente?				4	
	23	Control de inventario	¿Ha iniciado control de inventario?				4	
	24	Procedimiento de inventario	¿Están al día y son revisados regularmente?				4	
	25	Descripción del cargo	¿Están al día y son revisados regularmente?				4	

Fuente: Propia

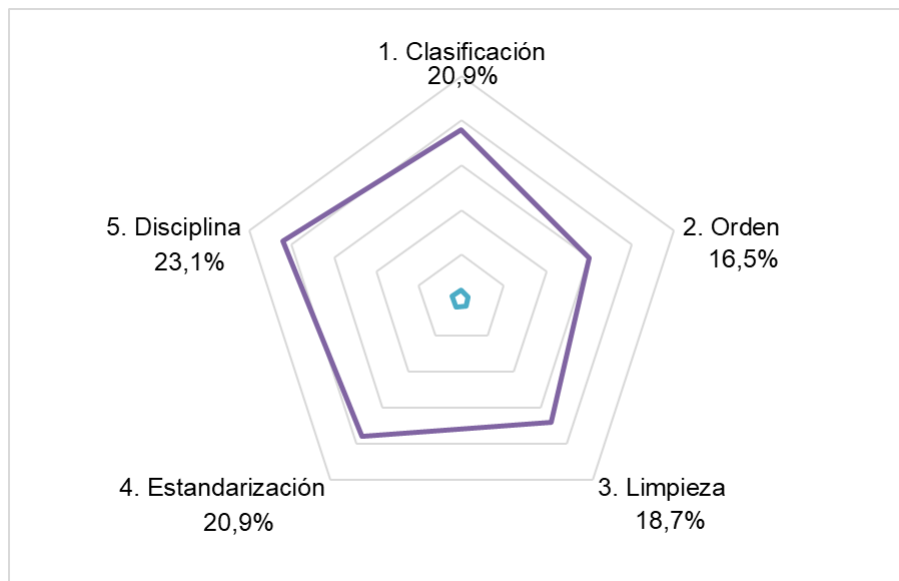
Los resultados de la tabulación anterior se presentarán en porcentajes (Ver tabla 29), teniendo en cuenta que la calificación máxima (5) de la encuesta anterior pasaría a ser representando en un 25%, por cada una de las etapas de aplicación de las 5s, con un total de 125 de todas las etapas que equivaldría al 100%.

Tabla 29. Tabulación inicial de 5s

	% de cumplimiento por categoría	
1. Clasificación	3,8	20,9%
2. Orden	3,0	16,5%
3. Limpieza	3,4	18,7%
4. Estandarización	3,8	20,9%
5. Disciplina	4,2	23,1%
Total	18,2	100,00%
Puntaje obtenido	14,56%	

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 7. Radial 5s: Porcentaje de cumplimiento por categoría



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo anterior, (Ver tabla 29) se puede observar que el nivel de 5S en el área de producción de la empresa Servitec Ltda., es de un 14,56%. También es evidente que la etapa de la “S” que más nivel posee es la de Disciplina con un 23,1%, debido a que los líderes de la empresa periódicamente revisan los procesos que se ejecutan y existe un control con los elementos que se necesitan al momento de realizar las actividades. Así mismo, es de resaltar que la “S” que menos nivel tiene es la de Orden con un cumplimiento del 16,5%, debido a que no se poseen lugares definidos o bodegas para los productos terminados y además se visualizan todos los desechos de materiales de los productos que se elaboran en las áreas de producción.

5.2. Implementación de las 5s

En las visitas realizadas al área de producción de la empresa Servitec Ltda., se observó la falta de limpieza y orden en el puesto de trabajo, en donde los desechos de trabajo se encontraban debajo de las mesas, las herramientas estaban mal ubicadas, había residuos e implementos innecesarios, creando de esta forma la necesidad de aplicar la metodología de las 5’s para mejorar los puestos de trabajo y del mismo modo contribuir con la seguridad de los trabajadores. Para la ejecución de la metodología, se llevaron a cabo las siguientes etapas:

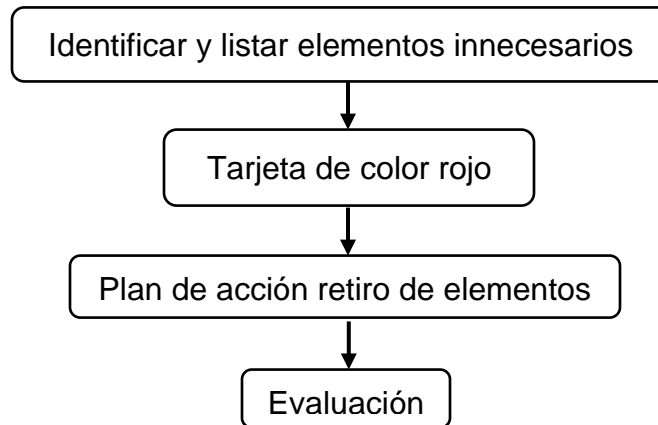
5.2.1. Primera etapa 1“S”: 整理, Seiri – Clasificación

En esta etapa se realizó una lista con los desechos de materiales u objetos innecesarios tales como herramientas, maquinaria, productos con defecto, utensilios, repuestos, entre otros, que no se requieren inmediatamente para realizar la labor, los cuales se podían eliminar, organizar, reubicar etc. Para llevar a cabo lo anterior, se utilizó la técnica de

identificación y clasificación de los objetos a través de tarjetas rojas, las cuales se colocaron sobre todos los elementos previamente identificados como obsoletos, de poco uso o innecesarios, para luego ser retirados del área de producción.

Durante la implementación de esta primera Etapa se siguieron los pasos mostrados a continuación (Ver Ilustración 24).

Ilustración 24. Implementación 整理, Seiri – Clasificación



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 25. Tarjetas Rojas

No. _____

TARJETA ROJA

Fecha ____ / ____ / ____

Area _____

Item _____

Cantidad _____

ACCION SUGERIDA

Agrupar en espacio separado

Eliminar

Reubicar

Reparar

Reciclar

Comentario _____

Fecha p/concluir acción ____ / ____ / ____

No. _____

TARJETA ROJA 5'S

Información Gen-

Propuesta por _____ Responsable de área _____

Area / Depto. _____

Descripción de artículo _____

CATEGORIA

<input type="checkbox"/> Máquina/Equipo	<input type="checkbox"/> Material gastable
<input type="checkbox"/> Herramienta	<input type="checkbox"/> Materia prima
<input type="checkbox"/> Instrumento	<input type="checkbox"/> Trabajo en proceso
<input type="checkbox"/> Partes eléctricas	<input type="checkbox"/> Producto terminado
<input type="checkbox"/> Partes mecánicas	<input type="checkbox"/> Otros

OTROS/COMENTARIO _____

RAZON DE TARJETA

<input type="checkbox"/> Innecesario	<input type="checkbox"/> Defectuoso
<input type="checkbox"/> Fuera de especificaciones	<input type="checkbox"/> Otros

Otros _____

ACCION REQUERIDA

Eliminar

Agrupar en espacio separado

Retornar

Otros: _____

Fecha inicio ____ / ____ / ____ Final de la acción ____ / ____ / ____

Fuente: Fernando Ariño (2015).

Ilustración 26. Evidencias de las fotografías donde se clasificaron los objetos innecesarios



Fuente: Fotografías propias tomadas en la empresa.

- **Plan de acción retiro de elementos.**

Una vez colocadas las tarjetas rojas se llevó a cabo el método de eliminación o acción a tomar para cada uno de los elementos sobre los cuales se colocó la tarjeta; este plan de acción tuvo como objetivo dejar en el puesto de trabajo y sus alrededores solo los elementos estrictamente útiles y necesarios para el trabajo, lo cual generó un entorno de trabajo con mucho más espacio que el disponible inicialmente.

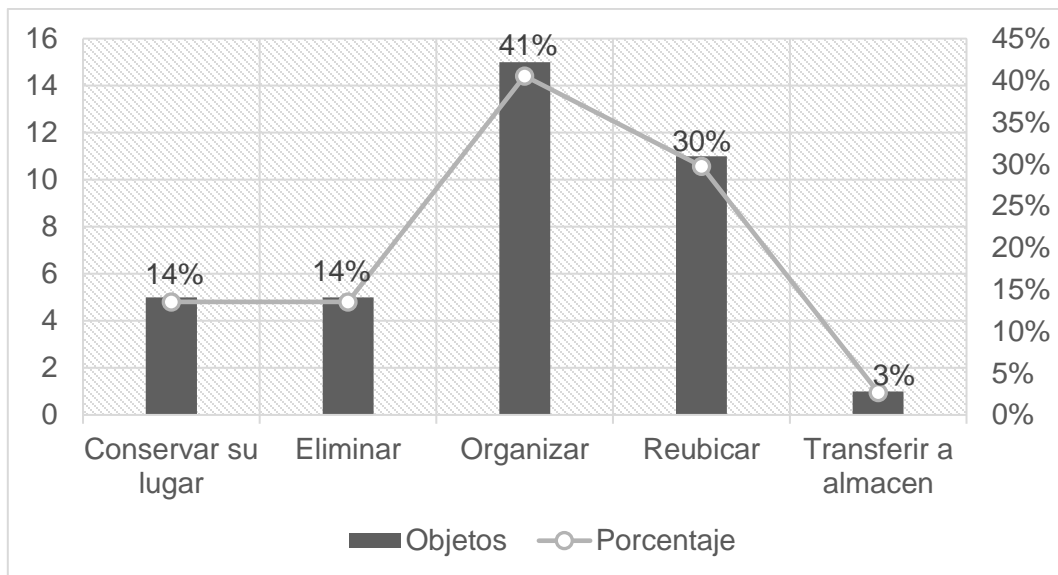
Tabla 30. Listado de acciones realizadas por proceso.

Descripción del artículo	Ubicación	Acciones
Máquina de soldar	Soldadura	Conserva su lugar
Segueta eléctrica		Conserva su lugar
Cizalla Múltiple		Reubicar
Prensa Hidráulica		Reubicar
Pulidora		Reubicar
Compresor		Reubicar
Bombos		Reubicar
Compresor		Reubicar
Desechos		Eliminar
Torno		Torno
Luneta	Organizar	
Plato Autocentrante 3 Mordazas	Organizar	

Descripción del artículo	Ubicación	Acciones
Plato Autocentrante 4 Mordazas		Organizar
Calibrador		Organizar
Indicador de caratula		Organizar
Micrómetro		Organizar
Cilindro de compresor		Eliminar
Desechos de torno		Eliminar
Esmeril		Organizar
Taladro		Organizar
Mesa de prensa		Reubicar
Puente enderezador de eje		Reubicar
Burro para carga		Reubicar
Burros pequeños		Reubicar
Llanta		Eliminar
Tubo señalizador de medida		Transferir a almacén
Fresadora		Fresadora
Cepillo	Conserva su lugar	
herramientas	Organizar	
Fresas	Organizar	
Escareadores	Organizar	
Llave de tubo	Organizar	
Ejes	Organizar	
Fresas madres	Organizar	
Moldes	Organizar	
Baldes	Reubicar	
Desechos	Eliminar	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 8. Grafica de barras de las acciones realizadas.



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la lista general (Ver tabla 30), que se categorizaron los objetos por área de producción del eje de cola, en donde a cada uno se le asignó una acción a tomar, identificándolos con las tarjetas rojas (Ver Ilustración 26), actividad que se llevó a cabo junto con la dirección del líder de producción y los trabajadores, quienes ayudaron a identificar la importancia de cada uno de los elementos descritos en las tablas, con el fin de lograr los objetivos trazados. De esta forma, se puede apreciar (Ver Gráfica 8) que el 41% de los objetos fueron organizados, el 30% reubicados, el 14% fueron tanto eliminados como también otros conservaron su lugar (específicamente las máquinas que intervienen en el proceso pues estas deben mantener un puesto fijo en la zona de producción) y tan solo un 3% fue transferido al almacén.

- **Evaluación de la primera S.**

En la aplicación de la primera etapa de la 5s Seiri – Clasificación los trabajadores mostraron un alto interés y disposición en el desarrollo de la metodología tanto en el diligenciamiento de las tarjetas rojas como al momento de colocarlas logrando en equipo la realización de esta etapa en el tiempo establecido y alcanzando los objetivos propuestos, los cuales fueron:

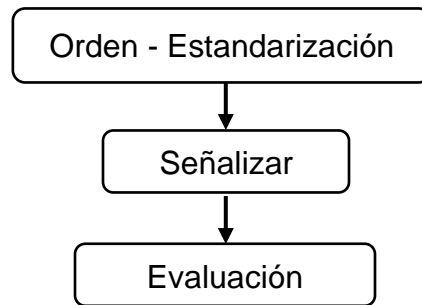
- Clasificar los objetos por acción (conservación, reubicación, eliminación, organización y traslado) de acuerdo a la prioridad o necesidad del trabajador en el puesto de trabajo.
- Obtener un espacio adicional
- Eliminar el exceso de herramientas y objetos obsoletos
- Disminuir movimientos innecesarios
- Eliminar el exceso de tiempo en los inventarios
- Eliminar despilfarros

5.2.2. En la segunda etapa 2“S”: 整頓, Seiton - Organización

La implementación de esta etapa es sumamente importante debido a que se organiza el espacio dentro del área, permitiendo que todos los elementos como son herramientas, maquinarias y entre otros que sean importantes para la producción sean fáciles de encontrar, ubicar y utilizar. Para desarrollar esta etapa de la organización se trabajó de manera conjunta con la etapa anterior de clasificación, logrando optimizar cuales son los elementos necesarios en el área de producción y así reorganizar lo que no se necesita alrededor del proceso.

Para la implementación de esta primera Etapa se siguieron los pasos mostrados a continuación:

Ilustración 27. Implementación de las 5S. Organizar



Fuente: *Elaboración propia.*

- **Orden- estandarización**

En este paso se implementó un formato de orden (Ver Tabla 31), el cual fue entregado a los trabajadores de cada una de las áreas para determinar los elementos que realmente se necesitan en el puesto de trabajo, su ubicación y la cantidad necesaria del mismo. Una vez diligenciado el formato, se continuo a organizar los elementos y a establecer controles visuales para que todos los trabajadores identifiquen los sitios en donde deben ubicarse los mismos.

Tabla 31. Formato de implementación de orden

Implementación de orden (2s) en la empresa Servitec Ltda.		
Nombre del puesto de trabajo:		
Responsable:		
Nombre del elemento que necesito en mi puesto de trabajo	¿Dónde lo voy a ubicar? (Teniendo en cuenta qué tanto lo uso)	¿Cuántas unidades necesito aquí en mi puesto?

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Señalizar**

En este paso se aplicó la técnica de delimitación del área de trabajo mediante la marcación de líneas en el suelo, para separar sectores como pasillos, ubicación de máquinas, entre otros. Posteriormente se realizó una limpieza en el suelo, para pintar sin problema las líneas.

Ilustración 28. Marcación ubicación de máquinas y áreas de trabajo



Fuente: Fotografías propias tomadas en la empresa.

- **Evaluación de la segunda S**

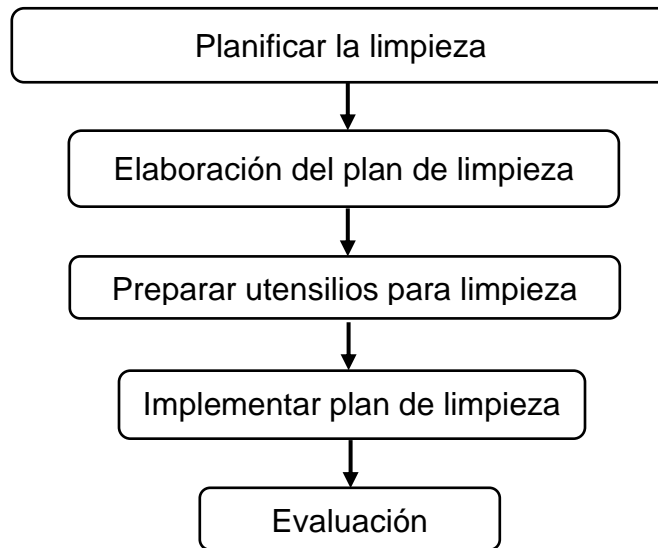
La implementación de esta etapa se llevó a cabo de manera exitosa gracias a que los líderes de la empresa Servitec Ltda., estaban comprometidos con la metodología y gestionaron los recursos necesarios para la aplicación de esta; la dirección y la parte operativa quedaron satisfechas con las delimitaciones realizadas, observándose una mejora en la imagen interna de la organización, pues se alcanzaron los objetivos propuestos, los cuales fueron:

- Disminuir movimientos y traslados inútiles.
- Disminuir el nivel de existencias almacenadas.
- Reducir el tiempo de búsqueda de los elementos que se necesitan.
- Eliminar las condiciones inseguras
- Ocupar menos espacio
- Evitar interrupciones en el proceso

5.2.3. En la tercera etapa 3“S”: 清掃, Seiso - Limpieza

Esta etapa consiste en realizar la limpieza general del lugar, mediante una jornada programada. Por tal razón, se llevó a cabo la divulgación de información al personal con respecto a esta S, transmitiéndoles al personal la importancia y necesidad de esta etapa.

Ilustración 29. Implementación de las 5S. Limpieza.





Fuente: *Elaboración propia.*

- **Planificar la limpieza**

Para desarrollar esta actividad se definieron equipos de trabajo para limpiar cada área con sus máquinas, utensilios, así como el suelo, las paredes y todo el entorno de trabajo. De igual forma, se asignaron líderes en cada equipo para que estos realizarán la inspección y así incorporarán en sus rutinas la limpieza correspondiente. Luego, se elaboró un manual de limpieza y fue entregado a cada uno de los grupos de trabajo para que llevarán a cabo las actividades planteadas.

Tabla 32. Manual de Limpieza

	Manual de limpieza
Objetivo del manual	
El objetivo de este manual es establecer una serie de actividades para llevar a cabo un programa de limpieza en el área de producción con el fin de mantener las instalaciones libres de posibles focos de contaminación y proporcionar un área de trabajo limpia, saludable y segura.	
Propósitos de la limpieza	
Reducir el riesgo de que se produzcan accidentes	

	<p>Manual de limpieza</p>
<p>Mejorar el bienestar físico y mental de los trabajadores al obtener ambientes de trabajo agradables y confortables</p>	
<p>Incrementar la vida útil de los equipos y maquinas al evitar su deterioro por contaminación y suciedad</p>	
<p>Recursos necesarios</p>	
<p>Escobas, Waipes, bolsas de basura, sacos, palas, botes de basura, guantes, tapabocas.</p>	
<p>Detergentes y desinfectantes</p>	
<p>Actividades</p>	
<p>Retirar polvo, aceite, grasa depositadas en las máquinas.</p>	
<p>Asegurar la limpieza de la suciedad en los gabinetes, estantes, paredes, cajones, maquinaria, ventanas etc.</p>	
<p>Retirar y limpiar profundamente la suciedad de polvo y grasa en las herramientas utilizadas</p>	
<p>Remover óxido, residuos de corte, arena, pintura, y otras materias extrañas de todas las superficies</p>	
<p>Para la limpieza de los suelos, se realizará un barrido húmedo para eliminar el principal inconveniente del barrido seco tradicional: levantar polvo</p>	
<p>Recoger y desechar los residuos del producto, polvo o cualquier otra suciedad presente en el lugar a limpiar</p>	
<p>Responsabilidades</p>	
<p>Dejar todos los productos utilizados y equipos de trabajo en el lugar previamente asignado para ello.</p>	
<p>Depositar los desperdicios o residuos en los baldes habilitados para ello</p>	
<p>Integrar la limpieza como parte del trabajo diario</p>	
<p>Los objetos deben estar libres de suciedad en sus respectivos lugares ya sean estanterías o armarios</p>	
<p>Los pisos, sendas peatonales y escaleras deben estar libres de respuestas, cables y maneras, desperdicios y chatarra</p>	

Fuente: *Elaboración propia basada en diversas bibliografías*

- **Preparación de utensilios para la limpieza.**

Una vez formados y organizados los grupos de trabajo para iniciar la limpieza, se adquirieron los utensilios mencionados en el manual de limpieza, y así mismo se estableció un lugar en donde deben ser ubicados los elementos de aseo para que una vez se termine la jornada sean devueltos al lugar asignado.

- **Implementar el plan de limpieza.**

Esta fase se inició aplicando el manual de limpieza (Ver tabla 32), en donde los líderes de cada grupo guiaron la aplicación de este e identificaron las fuentes comunes de suciedad en el área de trabajo, como son los residuos generados durante todo el proceso en torno, fresadora y soldadura. Para finalizar con todo el proceso de limpieza se realizó un formato de lista de chequeo para controlar y verificar que todo esté bien después de cada limpieza. (Ver tabla 33)

Tabla 33. Formato de inspección de orden y limpieza

Lista de chequeo - evaluación orden y limpieza		
Empresa:	Sección:	Fecha Revisión:
Realizada por:		
Suelos, pasillos y vías de circulación	Si	No
¿Los suelos están limpios, secos, sin desperdicios ni materiales innecesarios?		
¿Las vías de circulación del área de trabajo se encuentran libres de obstáculos herramientas u objetos que puedan ocasionar un accidente?		
¿Los suelos, techos y paredes se encuentran limpios libres de polvos grasas y contaminantes?		
¿Están las vías de circulación de personas señalizadas?		
¿Los pisos de las maquinas están correctamente señalizados?		
Maquinaria y equipos	Si	No
¿Se encuentran limpias las máquinas y equipos en su entorno de todo material innecesario?		
¿Se encuentran libres de filtraciones innecesarias de aceites y grasas?		
Herramientas	Si	No
¿Están almacenadas en gabinetes o estantes adecuados, donde cada herramienta tiene su lugar?		
¿Se guardan limpias de aceite y grasas?		
¿Las eléctricas tienen el cableado y las conexiones en buen estado?		

Fuente: *Elaboración propia.*

- **Evaluación de la tercera S**

La técnica de limpieza implementada en el área de producción de la empresa metalmeccánica se realizó satisfactoriamente debido a que todos los trabajadores mostraron gran empeño en la ejecución de esta, consiguiendo llevar a cabo los objetivos trazados los cuales fueron:

- Mejorar la imagen de los puestos de trabajo.
- Mantener el lugar de trabajo limpio aumentando la motivación de los trabajadores.

- Aumentar el conocimiento sobre el equipo al hacer la limpieza por equipos
- Incrementar la vida útil de las herramientas y los equipos
- Incrementar la calidad de los procesos
- Mejorar la percepción que tiene el cliente acerca de los procesos y el producto

5.2.4. Desarrollo de la cuarta y quinta S: 清潔, Seiketsu - Estandarizar y 躰, Shitsuke – Disciplina

Una de las formas de controlar y mantener lo alcanzado en las etapas de las “S” anteriores es por medio de la definición de estándares de orden y limpieza; por lo anterior se establecieron indicadores de gestión que ayudarán a la mejora continua de la metodología implementada, los cuales son:

- Reforzar las rutinas de aseo y de mantenimiento.
- Realizar Jornadas de limpieza mínimo una vez por mes.
- Realizar Continuamente listas de chequeo, para el seguimiento de las actividades implementadas y conservar todo lo alcanzado en óptimas condiciones.
- Realizar continuamente seguimiento y control de las actividades planteadas en las anteriores “S”, así mismo colocar de forma visible mensajes alusivos que incentiven a mantener la metodología, tales como: “No olvides dejar tu puesto de trabajo limpio antes de terminar”.

5.3. Resultados puntuales de la implementación de las 5s

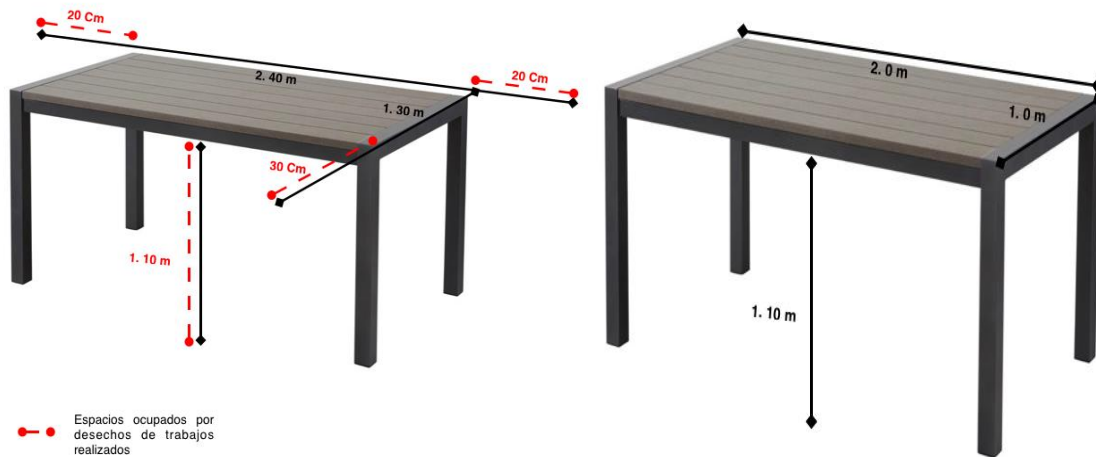
A continuación, se presenta el antes y después de la implementación de las 5“S” en los procesos críticos del Eje de cola:

Ilustración 30. Antes y después en el área de soldadura

ANTES DE 5S



DESPUES DE 5S



Fuente: *Elaboración y fotografías propias tomadas en la empresa.*

La correcta implementación de la 5s e identificación de los elementos innecesarios permitió analizar el procedimiento del Eje de cola en el área de soldadura, en donde se encontró que la mesa donde se realiza este proceso estaba desorganizada con los desechos debajo de la mesa que ocupaban demasiado espacio de desplazamiento y manipulación del operario, ocasionando dificultad para maniobrar a la hora de soldar el eje de cola; así mismo eleva el tiempo de procesos a 1 hora y 52 minutos (1,87hrs), también las medidas de la mesa con todos los desechos y herramientas no necesarias en ese proceso tenía las siguientes medidas 1.30 de ancho x 2.40; Sin embargo, al implementar la metodología 5s en el proceso de soldadura, el espacio ocupado por los

desechos y herramientas no útiles en el área se redujo notoriamente, ya que solo quedó ocupado de las medidas de las mesa 1.0 metro de ancho x 2.0 metros de largo, dejando así más espacio para el desplazamiento del trabajador y sus maniobras necesarias para soldar el eje de cola , logrando de esta manera al mismo tiempo optimizar el Tiempo de soldadura del eje a 35 min.

Posteriormente, se acordó con el líder de producción y se socializó con los trabajadores el compromiso respecto con el área de soldadura, estableciendo que debían depositar todos los desechos y virutas en bolsas negras al finalizar el día y llevarlas a la zona asignada de residuos, evitando que la aglomeración de estos se incremente y el área vuelva a estar como antes de la implementación de las 5s (Ver ilustración 31)

Ilustración 31. Antes y después depósito de desechos y área cerca al torno



Fuente: Fotografías propias tomadas en la empresa.

Concluyendo con este objetivo, respecto a la productividad, se utilizará la fórmula de productividad de las horas de fabricación o netas, donde se considera el tiempo total de

fabricación del eje de cola para conocer su estado actual y se calculará nuevamente con la mejora aplicada luego de aplicar la metodología 5s.

Ecuación 4. *Productividad de las horas de fabricación o netas*

$$Productividad = \left(\frac{Producto\ obtenido}{N^{\circ}\ de\ horas\ de\ fabricación\ o\ netas} \right)$$

Fuente: Carro, R & González, D. *Productividad y competitividad* (2012).

Respecto al proceso actual de fabricación del eje de cola, para la fabricación de una pieza, tomando como base la información obtenida del cursograma analítico (Ver tabla 18) se obtuvo que:

Productividad de las horas de fabricación del eje de cola. (Proceso actual – Sin mejoras)

$$Productividad\ actual = \left(\frac{1}{22} \right) = 0,045\ eje\ de\ cola/hora\ neta$$

Una vez aplicada la herramienta 5s, se obtuvo con la mejora una reducción en el tiempo de fabricación del eje de cola en el área de soldadura de 1 hora con 17 minutos (1,29hrs), influyendo de esta forma en el tiempo total de fabricación de la pieza. De esta forma la productividad se modificó quedando:

Productividad de las horas de fabricación del eje de cola. (Implementación 5s)

$$Productividad\ con\ la\ implementación\ 5s = \left(\frac{1}{20.71} \right) = 0,048\ eje\ de\ cola/hora\ neta$$

De esta forma, se evidencia que la productividad aumentó un 0,003 respecto a la fabricación de 1 eje de cola por hora neta.

Capítulo 6.

Desarrollo de la metodología SMED

6.1. Fundamentación teórica

De acuerdo los pasos implementados por Pertuzen, J (2018) de la metodología SMED, para efectos del desarrollo del presente proyecto se tomarán unos pasos fundamentales los cuales guiaran la continuidad de la SMED, asegurando su aplicación y efectividad; a continuación, se describen las primeras 4 etapas que se llevarán a cabo en la investigación:

- **Primera etapa:** Diagnosticar la situación actual haciendo un listado de las actividades secuenciales ejecutadas en el proceso productivo determinando los tiempos y describiendo las observaciones durante las tomas
- **Segunda etapa:** Consiste en separar las tareas internas y externas, teniendo como objetivo primordial realizar un listado de las actividades secuenciales ejecutadas durante la inspección para poder identificar cuáles son internas (realizadas durante un paro de máquina) y externas (ejecutadas durante la operación normal de la máquina).
- **Tercera etapa:** Convertir tareas internas en externas. Esto con el fin de aprovechar el tiempo en el cual el sistema no está produciendo o no agrega valor; este tiempo se considera como desperdicio; por lo tanto, se requiere de su eliminación. En esta etapa es necesario hacer una revisión minuciosa de las actividades internas, para poder hacer la conversión pertinente y así ganar más tiempo productivo; preparando todo lo necesario como lo son los troqueles, matrices, punzones, etc, fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando ésta se pare, se haga el cambio necesario, de modo que pueda comenzar a funcionar rápidamente.
- **Cuarta etapa mejora:** Una vez terminadas las etapas anteriores se procede a mejorar el proceso por cada actividad deficiente que se identificó

Teniendo en cuenta que el proceso más crítico en la fabricación del eje de cola es el centrado de la pieza en el torno, dato que se obtuvo con el desarrollo del estudio de métodos y tiempos en el primer objetivo (Ver Capítulo 1), donde se determinó que el tiempo estándar del centrado del eje en el torno es de 6 horas con 28 minutos, tiempo que le está incrementando el costo de fabricación a la empresa Servitec Ltda. respecto de la elaboración de cada eje de cola; llevando a la empresa a contratar al personal horas extras para lograr satisfacer su demanda y cumplir las entregas de sus clientes. Por tal

motivo, se procedió a analizar y mejorar este proceso con la metodología SMED, con el fin de disminuir los tiempos de alistamiento y limpieza en las líneas de producción.

6.2. Paso 1: Información de diagnóstico de entrada

El objetivo de esta etapa es determinar cada uno de los tiempos y observaciones que se obtuvieron en las visitas de campo a la empresa durante la fabricación de los ejes de cola para detectar las actividades improductivas y movimientos innecesarios. Los elementos fueron tomados del estudio de tiempos (Ver tabla 19):

Tabla 34. Análisis sobre las observaciones.

Elementos	Listado de Actividades	Tiempo	Observaciones
A	Poner las eslingas alrededor del Eje de Cola	0,16	-El operador tuvo que ir a buscar las eslingas a la central de herramientas. -Dos operarios se quedaron esperando a que llegaran las eslingas
	Ajustar las eslingas	0,16	-Las eslingas se encontraban enredadas.
	Jalar las eslingas para subir el Eje	0,13	-Actividad manual, que demanda esfuerzo a los trabajadores y mayor tiempo para subirlo.
	Llevar el Eje hasta el torno	0,12	-Se interrumpió el traslado por objeto mal ubicado en el área, causando que uno de los trabajadores tropezará y perdiera el equilibrio, teniendo que volver a posicionar el eje de cola para proseguir con el transporte
	Descender el Eje hasta la altura del cabezal	0,11	Ninguna
B	Toma las medidas al Eje de Cola	0,28	-El tornero va a buscar a la oficina del líder de producción el formato de compra donde se especifica las medidas requeridas por el cliente.
	Ajusta la primer mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje	0,15	- El operador tuvo que ir a buscar la llave del mandril en la máquina fresadora para poder ajustar el mandril. - El calibrador no estaba en el puesto de trabajo, así que tuvo que ir por él a la central de herramientas.

Elementos	Listado de Actividades	Tiempo	Observaciones
	Ajusta la segunda mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje	0,11	-Ninguna
	Ajusta la tercera mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje	0,12	-Ninguna
	Ajusta la cuarta mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje	0,14	-Se le cayó el calibrador, tuvo que recogerlo.
C	Lleva el Eje de Cola hasta la cabeza del torno ajustada	0,16	-Ninguna
	Reajusta la primer mordaza con el mandril estando el Eje puesto	0,23	- Reproceso por reajuste de forma empírica.
	Reajusta la segunda mordaza con el mandril estando el Eje puesto	0,27	- Reproceso por reajuste de forma empírica.
	Reajusta la tercera mordaza con el mandril estando el Eje puesto	0,22	- Reproceso por reajuste de forma empírica.
	Reajusta la cuarta mordaza con el mandril estando el Eje puesto	0,26	- Reproceso por reajuste de forma empírica.
D	Lleva el punto móvil hacia el Eje	0,16	- Lo hace de forma empírica
	Enciende el Torno	0,083	- Ninguna
	Coloca el reloj comparador entre el torno y el Eje	0,13	- Ninguna
	Verifica que la pieza este centrada	0,25	- Rectifica 5 veces la centralidad

Fuente: *Elaboración propia*

De acuerdo con la anterior (Ver tabla 34), se pudo identificar que durante el centrado de la pieza los operarios no cuentan con las herramientas disponibles en el área; también se observó que el tornero no alista el formato donde están las especificaciones del cliente al momento de tomar las medidas y ajustarlo al torno aumentando los tiempos de alistamientos de la pieza. Por otro lado, para las actividades del elemento C se identifican reprocesos, debido a que hay 4 reajustes de las mordazas aumentando el tiempo del proceso; el cual, de acuerdo con el estudio de métodos y tiempo arrojó un tiempo estándar total de 3 horas con 14 minutos (3,23 horas). Y finalmente, se observa que en el área hay desorden de objetos y falta de limpieza, lo que provocó un incidente al momento del centrado con uno de los trabajadores; además, se observa un peligro latente por causa del desorden creando escenarios de accidentes.

6.3. Paso 2: Separación de las actividades internas y externas

Para esta etapa se separan las tareas internas y externas, teniendo como objetivo primordial identificar cuáles son internas (realizadas durante un paro de máquina) y externas (ejecutadas durante la operación normal de la máquina).

Tabla 35. Clasificación según el tipo de actividad.

Elementos	Listado de Actividades	Tiempo	Observaciones	Tipo de actividad
A	Poner las eslingas alrededor del Eje de Cola	0,16	-El operador tuvo que ir a buscar las eslingas a la central de herramientas. -Dos operarios se quedaron esperando a que llegarán las eslingas	Interna
	Ajustar las eslingas	0,16	-Las eslingas se encontraban enredadas.	Interna
	Jalar las eslingas para subir el Eje	0,13	-Actividad manual, que demanda esfuerzo a los trabajadores y mayor tiempo para subirlo.	Interna
	Llevar el Eje hasta el torno	0,12	-Se interrumpió el traslado por objeto mal ubicado en el área, causando que uno de los trabajadores tropezará y perdiera el equilibrio, teniendo que volver a posicionar el eje de cola para proseguir con el transporte	Interna
	Descender el Eje hasta la altura del cabezal	0,11	-Ninguna	Interna
B	Toma las medidas al Eje de Cola	0,28	-El tornero va a buscar a la oficina del líder de producción el formato de compra donde se especifica las medidas requeridas por el cliente.	Interna
	Ajusta la primer mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje	0,15	- El operador tuvo que ir a buscar la llave del mandril en la máquina fresadora para poder ajustar el mandril. - El calibrador no estaba en el puesto de trabajo, así que tuvo que ir por él a la central de herramientas.	Interna
	Ajusta la segunda mordaza con el	0,11	-Ninguna	Interna

Elementos	Listado de Actividades	Tiempo	Observaciones	Tipo de actividad
	mandril de acuerdo al diámetro del Eje			
	Ajusta la tercera mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje	0,12	-Ninguna	Interna
	Ajusta la cuarta mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje	0,14	-Se le cayó el calibrador, tuvo que recogerlo.	Interna
	Lleva el Eje de Cola hasta la cabeza del torno ajustada	0,16	-Ninguna	Interna
C	Reajusta la primer mordaza con el mandril estando el Eje puesto	0,23	- Reproceso por reajuste de forma empírica.	Interna
	Reajusta la segunda mordaza con el mandril estando el Eje puesto	0,27	- Reproceso por reajuste de forma empírica.	Interna
	Reajusta la tercera mordaza con el mandril estando el Eje puesto	0,22	- Reproceso por reajuste de forma empírica.	Interna
	Reajusta la cuarta mordaza con el mandril estando el Eje puesto	0,26	- Reproceso por reajuste de forma empírica.	Interna
D	Lleva el punto móvil hacia el Eje	0,16	- Lo hace de forma empírica	Interna
	Enciende el Torno	0,083	- Ninguna	Externa
	Coloca el reloj comparador entre el torno y el Eje	0,13	- Ninguna	Externa
	Verifica que la pieza este centrada	0,25	- Rectifica 5 veces la centralidad	Externa

Fuente: Elaboración propia

Después de identificar cuáles de las actividades eran internas y externas (Ver tabla 35), se observó que la mayoría de ellas se realizan mientras la máquina esta apagada (Internas), y además que hay tareas repetitivas que no agregan valor, pero que afectan el tiempo de producción.

6.4. Paso 3: Conversión actividades internas a externas

En esta etapa se busca aprovechar el tiempo en el cual el sistema no está produciendo, que, en pocas palabras, no agrega valor o es considerado como desperdicio; por lo tanto, se requiere de su eliminación o mejora; haciendo una revisión minuciosa de las actividades internas, para mejorarlas y así ganar más tiempo productivo; para ello, es necesario preparar todas las herramientas, formatos de especificaciones, etc, para que las máquinas y actividades puedan ejecutarse rápidamente.

Tabla 36. Propuesta de mejora de las actividades internas.

Elementos	Actividades Internas	Mejora a implementar	Estimación de tiempo
A	Poner las eslingas alrededor del Eje de Cola	-Antes de iniciar el centrado del eje de cola organizar las eslingas en la estantería cercana al torno - Los operarios pueden ir desarrollando otras actividades de alistamiento del proceso del eje de cola en otras máquinas.	0,1
	Ajustar las eslingas	-Crear una cultura para mantener las herramientas organizadas	0,13
	Jalar las eslingas para subir el Eje	-Instalar un riel de carga electrónico para reducir el número de personas, esfuerzo y tiempo en el traslado del eje a las máquinas. Disminuyendo con ello los riesgos de posibles accidentes.	0,15
	Llevar el Eje hasta el torno		
	Descender el Eje hasta la altura del cabezal		
B	Toma las medidas al Eje de Cola	-Antes de iniciar el centrado del eje de cola tener el formato de las especificaciones del cliente a la mano.	0,22
	Ajusta la primer mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje	-Antes de iniciar el centrado del eje de cola organizar las	0,23

Elementos	Actividades Internas	Mejora a implementar	Estimación de tiempo
	Ajusta la segunda mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje	herramientas en la estantería cercana al torno	0,27
	Ajusta la tercera mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje	-En este elemento se recomienda hacer todos los ajustes de las mordazas y diámetros	0,22
	Ajusta la cuarta mordaza con el mandril de acuerdo al diámetro del Eje	con el eje de cola dentro de la cabeza del torno, para eliminar los reprocesos.	0,26
C	Lleva el Eje de Cola hasta la cabeza del torno ajustada	Eliminar estas actividades (Ver tabla 39, punto 7)	0
	Reajusta la primer mordaza con el mandril estando el Eje puesto		
	Reajusta la segunda mordaza con el mandril estando el Eje puesto		
	Reajusta la tercera mordaza con el mandril estando el Eje puesto		
	Reajusta la cuarta mordaza con el mandril estando el Eje puesto		
D	Lleva el punto móvil hacia el Eje	Ninguna	0,16

Fuente: *Elaboración propia*

6.5. Paso 4: Análisis de los resultados.

De acuerdo con el estudio de métodos y tiempos, se obtuvo que el tiempo estándar del centrado del eje de cola en el mecanizado en torno tiene una duración de 3 horas con 14 minutos (3,23 horas) dado que hay reprocesos, herramientas y objetos mal ubicados, desplazamientos innecesarios y sobreesfuerzo (Ver tabla 36); además de que se identificó que durante el proceso no hay organización, ni alistamiento de las ordenes de especificación del cliente acerca de las medidas a trabajar en el eje. Por ello, se llevó a cabo el desarrollo de la SMED permitiendo analizar y mejorar este proceso, disminuyendo los tiempos de alistamiento y eliminando los reprocesos; logrando así, reducirlo a 1 hora con 22 minutos (1,36 horas), restando de esta manera, un tiempo significativo de 1 hora con 53 minutos (1,88 horas) por centrado del eje, siendo en total, tanto del lado hélice como el de coupling 3 horas con 46 minutos (3,766 horas).

De esta forma, se vuelve a calcular el nuevo valor de la productividad una vez aplicadas las mejoras tanto de la herramienta 5s como de la SMED quedando que:

Productividad de las horas de fabricación del eje de cola. (Implementación 5s y desarrollo SMED)

$$Productividad\ con\ 5s\ y\ SMED = \left(\frac{1}{16.95} \right) = 0,059\ eje\ de\ cola/hora\ neta$$

La productividad aumentó un 0,014 respecto a la fabricación de 1 eje de cola por hora neta.

Capítulo 7.

Plan de mejora.

7.1. Aplicación de las 5w2h

El proceso de mejora continua está destinado a desarrollar cambios positivos permitiendo la inversión en nuevos equipos, la capacitación continua al recurso humano y sobre todo la inversión en investigación y desarrollo, permitiendo de esta forma que la empresa mejore su productividad (Chávez, L. 2016); de esa forma, el presente plan de mejora está enfocado en las áreas más prioritarias o que más beneficios pueden aportar a la empresa, haciendo uso de la metodología 5W2H, pues esta, ayuda a resolver los problemas detectados por medio del análisis y la formulación de preguntas lógicas, puesto que ayudan a profundizar en las causas del problema suscitado y a establecer posibles soluciones que facilitarán la resolución del mismo, convirtiéndose en un excelente planificador de las mejoras.

Para el desarrollo del presente plan, se dividió en tres pasos como se presenta a continuación:

7.2. Paso 1: Acciones de mejora con 5s y SMED (¿Qué y cómo hacerlo?)

El plan de acción de acuerdo a la metodología planteada en este proyecto de mejora se propone para su estudio y aprobación de parte de la empresa en una tabla bajo los conceptos de la herramienta 5W2H. La planeación de acciones se realiza de acuerdo a las causas en las problemáticas detectadas y planteadas durante la ejecución tanto de la herramienta 5s como la SMED, a las cuales se le propone desde la mejora unas actividades para su solución.

El plan de acción relaciona a nivel general la ejecución y desarrollo de las herramientas antes nombradas, así como tareas estratégicas ejecutables para la mejora en los tiempos de producción del eje de cola a nivel general del proceso para cumplir los objetivos del proyecto. Para ello, se empezó definiendo las causas y con ello las propuestas de mejoras, que harán parte del qué hacer, así como el cómo hacerlo según la herramienta 5W2H (Ver tabla 37).

Tabla 37. Primera parte de la construcción de la 5W2H (Qué y Cómo).

N°	Causas	Qué hacer	Cómo hacerlo
1	La mesa donde se realiza el proceso de soldadura		Ubicar una bolsa especial para estos desechos o costal

N°	Causas	Qué hacer	Cómo hacerlo
	estaba desorganizada, con desechos y virutas debajo de esta, ocupando demasiado espacio de desplazamiento y manipulación del operario, ocasionando dificultad para maniobrar a la hora de soldar el eje de cola y aumentando los tiempos de producción en el mismo.	Establecer un compromiso con los operarios del área para mantener el orden en la mesa, la limpieza y la buena distribución de las herramientas; con el fin de que permanezca libre de objetos al momento de su uso.	al lado del área de soldadura, donde el operador pueda recolectar todos los desperdicios que se generan durante el día y posteriormente depositarla en las canecas asignadas para el desecho de residuos.
2	Suciedad en las fuentes comunes del área de trabajo, como son los residuos generados durante todo el proceso en torno, fresadora y soldadura por montura de camisas, aplicación de sellantes, productos para las máquinas y demás, que caen al piso.	Realizar una jornada de aseo general	Formado y organizado grupos de trabajo para iniciar la limpieza en las áreas, evaluando un día en el cual no interfiera con las ordenes de producción y con la demanda por parte de los clientes.
3	Inexistencia de delimitación en las áreas de trabajo	Mantener las líneas de las delimitaciones del área visibles.	Formando y organizando grupos de trabajo entre los operarios para retocar la delimitación de las áreas
4	Herramientas y objetos mal ubicados, organizados, alistados causando retrasos en los procesos productivos, aumentando los tiempos de producción, generando movimientos innecesarios e incluso incidentes de trabajo.	Mantener un control del orden y limpieza en los puestos de trabajo.	Capacitando al personal para desarrollar conciencia en el manejo del orden y aseo en sus puestos de trabajo. Revisando periódicamente el cumplimiento de los compromisos pactados
5		Incentivar a los trabajadores para mantener el orden, limpieza, disciplina y productividad.	Dando bonos salariales a los trabajadores que motiven su esfuerzo por mantener sus puestos y herramientas en buen estado.
6	El traslado del eje, junto con el montaje en las máquinas es de forma manual demandando esfuerzos a los trabajadores y	Proponer la instalación de un riel de carga electrónico industrial para izar y desplazar cargas pesadas, permitiendo que se puedan movilizar piezas	Estableciendo un presupuesto para cotizar en el mercado un riel de carga electrónico que se ajuste a las instalaciones de la empresa Servitec Ltda.

N°	Causas	Qué hacer	Cómo hacerlo
	aumentando el tiempo del proceso. Además, realizar este proceso manual provoca incidentes en algunas ocasiones por el peso que requiere para los trabajadores.	de gran porte en forma horizontal y vertical.	
7	Durante el centrado de la pieza se producen reprocesos aumentando los tiempos de fabricación del eje de cola.	Eliminar las actividades correspondientes al elemento C (Ver tabla 36).	Realizando las actividades del elemento B con el eje ubicado en el cabezal del torno para eliminar los reajustes de la pieza.

Fuente: *Elaboración propia*

7.3. Paso 2: ¿Quién, dónde y cuándo hacerlo?

Prosiguiendo con la construcción de la tabla, a continuación, se abordará el quién debe ejecutar la acción o mejora propuesta describiendo detalladamente las partes interesadas para evitar errores, dónde se llevará a cabo y cuándo debe ejecutarse (Ver tabla 38).

Tabla 38. *Segunda parte de la construcción de la 5W2H (Quién, dónde y Cuándo).*

N°	Quién lo hace	Dónde hacerlo	Cuándo hacerlo
1	Jefe de producción de la mano con los operarios	Área de soldadura en Servitec Ltda.	El jefe debe establecerlo una sola vez y monitorearlo diariamente
2	Todo el personal operativo	Área de producción en Servitec Ltda.	Semestral
3	Todo el personal operativo	Área de producción en Servitec Ltda.	Anual
4	Jefe de producción	Área de producción en Servitec Ltda.	Diariamente
5	Junta de socios, gerente de la mano del jefe de producción	Personal del área de producción en Servitec Ltda.	Mensualmente
6	Jefe de producción al gerente y este sucesivamente a la junta de socios	Área de producción en Servitec Ltda.	Diciembre 2020
7	El tornero con previa aprobación del jefe de producción	En el mecanizado de torno en el área de producción de Servitec Ltda.	Diciembre 2020

Fuente: Elaboración propia

7.4. Paso 3: ¿Cuánto y por qué hacerlo?

En esta sección se expone la razón por la cual se deben llevar a cabo las propuestas de mejoras a través del por qué; además del cuánto, el cual representa el costo que trae para la empresa ejecutar cada una de ellas (Ver tabla 39).

Tabla 39. Tercera parte de la construcción de la 5W2H (Por qué y Cuánto).

N°	Por qué hacerlo	Cuánto
1	Evitará dificultades de maniobra, actividades y desplazamientos innecesarios, disminuyendo con ello, los tiempos de producción del eje de cola.	500 pesos por cada bolsa o costal. *Cabe anotar que si la empresa compra al por mayor este producto puede salir a 50 pesos la unidad
2	Mejorará el aspecto y ambiente de trabajo tanto para los operarios como para los clientes. Además de evitar posibles incidentes y accidentes	0
3	Visualizará las zonas de forma adecuada para mayor orden y distribución	Cada galón de pintura de aceite tiene un costo aproximado de 60.000 aproximadamente adicional del diluyente \$19.000 por litro, además de las brocas que tienen un costo por unidad de 5.000 pesos.
4	Evitará movimientos y desplazamientos innecesarios, como también pérdida de tiempo o aumento de los tiempos de producción y al mismo tiempo se evitará el suceso de incidentes y accidentes	Se recomienda que cada 6 meses se contrate a un experto en el tema que no sea de la empresa para dar esta capacitación dando a los trabajadores más interés y motivación. Costo aproximado \$ 500.000 pesos.
5	La motivación laboral conduce a los empleados a elevar y mantener su nivel de producción, orden, limpieza y a seguir los conductos, capacitaciones y propuesta realizadas, lo que repercute en la calidad de la organización que, a su vez, ayuda a aumentar la productividad.	Se recomienda obsequiar bonos aproximados de 150.000 por trabajador
6	Reducirá el número de personas que se necesitan en el proceso de centrado (siendo de 3 operarios a solo 1), además, del esfuerzo físico y tiempo en el traslado del eje a las máquinas. Siendo empleable no solo para el eje de cola, sino también para otras de igual dimensión.	3.000.000 aproximadamente. Todo depende de los metros o distancia que tendrá el riel

N°	Por qué hacerlo	Cuánto
	Por otro lado, disminuirá los riegos incidentes y accidentes.	
7	Disminuirá los reprocesos al evitar que se reajuste las mordazas del torno luego de introducir el eje al cabezal; pues al introducirlo desde el principio solo se necesitará ajustar cada mordaza una única vez, reduciendo considerablemente los tiempos del proceso. (Ver tabla 36)	0

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de asegurar que las mejoras aplicadas con las herramientas 5S y SMED sean mantenidas y supervisadas o monitoreadas se realizó este plan de mejora, además de añadir otras acciones a tomar para disminuir los tiempos de alistamiento de las máquinas y del proceso productivo, asegurando de esta forma, que todos los operadores entiendan y desempeñen al mismo nivel, con el fin de medir la efectividad de las mejoras y su desempeño en el tiempo.

7. CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación presentada, es posible concluir que la empresa presentaba una inadecuada gestión de la producción, trayendo como consecuencia que en ciertas áreas existieran espacios reducidos, demoras y pérdidas de tiempo por los altos tiempos de alistamiento del Eje de Cola en la máquina del torno, más específicamente en el centrado del eje, siendo esta una actividad crítica de la cual dependerán la eficiencia de los demás procesos; así mismo se encontró desorden en el área de soldadura y acumulación de material de producción como laminas y entre otros metales, que ocupan demasiado espacio de desplazamiento y manipulación del operario, ocasionando dificultad para maniobrar a la hora de soldar el eje de cola y aumentado el tiempo del proceso productivo; sin embargo, gracias a la implementación de las herramientas 5S y SMED, se pudo obtener que:

- La puesta en marcha de la metodología 5S permito observar en la implementación una mejora inmediata de algunos aspectos como el orden, la limpieza del sitio de trabajo y la estandarización de sus procesos logrando con la implementación de la herramienta cumplir con todos los objetivos propuestos para la aplicación en la empresa metalmecánica
- En las organizaciones siempre se observan a las personas resistentes al cambio, sin embargo, en la empresa Servitec Ltda., se percibió una gran aceptación por parte de los trabajadores, permitiendo que el proceso fuera enriquecedor al ver el compromiso y las ganas por aprender de cada uno de los equipos con los que se trabajó. Y para evidenciar la satisfacción y aceptación por parte de los trabajadores del desarrollo del presente proyecto se aplicó una encuesta que arrojó que de un total de 10 trabajadores encuestados, el 70% estuvo totalmente de acuerdo con el desarrollo, implementación y resultados obtenidos con las metodologías implementadas y el 30% restante de acuerdo. (Ver anexo 3).
- Se comprobó que para mejorar los procesos es necesario el compromiso de todos, evidenciándose que no se requiere implementar metodologías costosas para alcanzar la mejora continua dentro de las organizaciones, ya que existen muchas en donde solo se necesita una actitud diferente frente al cambio y compromiso de las partes para alcanzar todos los objetivos propuestos.
- Se logro reducir considerablemente el tiempo de fabricación del eje de cola con la aplicación de estas herramientas, siendo en un principio un total de 22 horas; sin embargo, luego de la implementación, disminuyó a 16 horas con 57 minutos por cada eje de cola que se fabrica en la empresa Servitec Ltda.
- El beneficio de la aplicación de las 5s en los tiempos, se vio significativamente representado en el proceso de soldadura donde, gracias a organizar los objetos,

limpiar y despejar el área de trabajo se redujo 1 hora con 17 minutos; y por otro lado con la aplicación de la SMED el tiempo que se disminuyó fue de 3 horas con 46 minutos gracias a la eliminación de reprocesos, organizar los puesto de trabajo, las herramientas, entre otras; logrando así, que hubiera una reducción de 5 horas con 30 minutos en el tiempo total de producción de un eje de cola; tiempo que la empresa tenía que pagar como horas extras, incrementando los costos de fabricación de la pieza. Además, con ello, la productividad aumentó un 0,014 respecto a la fabricación de 1 eje de cola por hora neta.

- En temas de costos, la empresa obtuvo una reducción de 70.400 peso colombianos por la fabricación de cada eje de cola, gracias a las 5 horas y 30 minutos que se redujeron en el proceso de fabricación de la pieza con los métodos propuesto (5s y SMED); además teniendo presente que, con las entrevistas, el jefe de producción afirmaba que llegaban a contratar al personal hasta 6 horas extras para lograr cumplir con los tiempos de entrega pactados con los clientes en las ordenes de producción. Cabe aclarar, que el valor de hora extra según la información suministrada por la empresa es de 6.400 pesos por hora y el número de personas a pagar las horas extras para cumplir con la entrega del eje de cola es de 2 trabajadores.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Ardiles, M & Ordinola, R. (2016). Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para mejora de la productividad en línea de envasado de azúcar de la empresa Agro Industrial Paramonga (AIPSAA). (2018). <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10884>
- Archwinsky, Chet State of Lean report 2004.
- Argüelles, C; & Ortiz, F. (2014). Reducción de tiempos de preparación, mediante SMED, en una empresa Metal-Mecánica. (2020) [http://www.itodepi.edu.mx/Evidencias_MII/2\)Estructura_y_personal_academico/Crit4_LGAC/4.2.1%20ProductosdeLGAC/PublicacionesSME/SME14C-02%20Cesar-Fdo.pdf](http://www.itodepi.edu.mx/Evidencias_MII/2)Estructura_y_personal_academico/Crit4_LGAC/4.2.1%20ProductosdeLGAC/PublicacionesSME/SME14C-02%20Cesar-Fdo.pdf)
- Botero, P. A. (2010). Lean Manufacturing: Flexibilidad, Agilidad y Productividad. Recuperado el 18 de SEPTIEMBRE de 2016, de Lean Manufacturing: Flexibilidad, Agilidad y Productividad: <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/gs/article/viewFile/946/853>
- Causas económicas Cauca. 2018. El sector metalmecánico y su potencial exportador en el Cauca. (2020). https://www.cccauca.org.co/sites/default/files/imagenes/informe_enero_2019_ok_2.pdf
- Chase, A. J. (2009). Administración de Operaciones, producción y Cadena de Suministro. Mexico: Mc Graw hill.
- Chapman, S. N. (2006). Planificación y Control de la Producción. Mexico: Pearson.
- Cruz I, Burbano J. (2012). Rediseño de un sistema productivo utilizando herramientas de lean manufacturing. Caso de estudio sector de mezclas de ingredientes para panadería industrias XYZ. (Tesis Licenciatura, Universidad ICESI). (2018). https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/68158/1/redise%C3%B1o_sistema_productivo.pdf
- Córdova, F. (2013). Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando la manufactura esbelta. (2018). <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4712>
- DANE. (2019). Micronegocios (Distribución por actividad económica – Total nacional (enero 2019 – octubre 2019)). (2020). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/micronegocios>

- Díaz, P. & Ruíz P. (2003). El Value Stream Mapping-una herramienta básica para hacer progresos hacia la producción ajustada. Valladolid-Burgos: V Congreso de Ingeniería de Organización.
- David J Anderson. (2016). Read Essential Kanban Condensed. Estados Unidos: Blue Hole Press.
- Equipo técnico: Gobernación de Bolívar, Alcaldía de Cartagena & Cámara de Comercio de Cartagena. (2010). Plan Regional de competitividad Cartagena y Bolívar 2008-2032. (2020). Pag.36 – 37.
- European Commission 2004 Manufuture - A vision for 2020. Assuring the future of manufacturing in Europe. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- Fasabi, I & La Rosa Toro, C. (2016). Propuesta de implementación del modelo Lean Manufacturing para mejorar la gestión operativa de la empresa SIMILAN E.I.R.L. TRUJILLO. (2018). <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/3468>.
- Feld, W. (2001). Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them. USA: CRC Press.
- Figueredo, F. (2015). Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto. (2018). <http://www.redalyc.org/pdf/2150/215047546002.pdf>
- Figueredo F. (2015). Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en un proceso de producción de concreto. Universidad de Carabobo Carabobo, Venezuela, vol. IV, núm. 15, pp. 7-24.
- Francisco Rey Sacristán. (2001). mantenimiento total de la producción (TPM) implementación y desarrollo. madrid: TPG-Hoshin,S.L.
- García, R. (1998). Estudio del trabajo. Monterrey: Mc Graw Hill.
- George Canawaty. (1996). introducción al estudio de trabajo. Ginebra: copyright.
- Gutiérrez, J. 2015. La productividad en la industria metalmecánica colombiana. (2020)
- Henrik Kniberg & Mattias Skarin. (2010). Kanban y Scrum – obteniendo lo mejor de ambos. Estados Unidos de América: InfoQ.com.

- Herrera, F & López, J. (2016). Impacto de la implementación de la metodología lean manufacturing en la producción de la microempresa D’J. Los Servicios Generales E.I.R.L. (2018). <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/9773>
- Hobbs, D. P. (2003). LEAN MANUFACTURING implementation. A complete execution manual for any size manufacturer. Cap 1. Florida, Estados Unidos.: J. Ross Publishing.
- Hoyos, D. (2014). Diseño del proceso de administración estratégica del almacén agroconstrucción en pueblo nuevo – Córdoba (Colombia). (2020). <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0065363.pdf>
- Huamanchumo, N; Enrique, V; Desposorio, Z & Anderson, R. (2016). Aplicación de Lean Manufacturing para aumentar la productividad de la materia prima en el área de producción de una Empresa Esparraguera. (2018). <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9990>.
- James P. Womack Daniel T. Jones. (2003). Lean Thinking. Reino Unido: Gestión 20.
- Japan Management Association. (1989) “Kanban Just-In-Time at Toyota: Management Begins at the Workplace”. Productivity Press; Rev Sub edition.
- Maasaki Imai. (1995). kaizen la clave de la ventaja competitiva japonesa. EE.UU: grupo editorial patria.
- MASAAKI IMAI (1998). “Cómo Implementar el Kaizen en el Sitio de Trabajo (Gemba)”. Editorial Mc Graw Hill.
- MALLO CARLOS Y MELO JOSÉ (1995). “Control de Gestión y Control Presupuestario”. Editorial Mc Graw Hill.
- Manco, M. (2017). Aplicación del Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en el proceso de fabricación de formaletas en la Empresa Arquídeas S.R.L. Comas. (2018). http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1659/Manco_MMC.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Mendoza, K. (2017). Propuesta de mejora de procesos en una empresa fabricante de bebidas rehidratantes. (2018). <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/995>
- Mike y John Shook (1998) Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda. Lean Enterprise Institute.
- Pertuz, A. (2018). Implementación de la metodología (SMED) para la reducción de tiempos de alistamiento (Set Up) en máquinas encapsuladoras de una empresa

farmacéutica en la ciudad de Barranquilla. (2020)
<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/18111/1/72245661.pdf>

Rajadell, M, Sánchez, J. L. (2010). Lean manufacturing: La evidencia de una necesidad. México. Ediciones Díaz de Santos.

Ramos, J. (2012). Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta. (2018).

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1652>

Reilly. (1999). Norman B, The Team based product development guidebook, ASQ Quality Press, Milwaukee Wisconsin

Revista Ingenierías Universidad de Medellín (2015), vol. 14, No. 27 pp. 221-234 ISSN 1692-3324 - julio-diciembre de 294 p. Medellín, Colombia

Salazar, B. en Ingeniería Industrial Online.com (2019). Cálculo del número de observaciones. (2020). <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/calculo-del-numero-de-observaciones/>

Seiichi Nakajima. (1888). introducción a la TPM. Japón: Productivity press.

Arbós, Luis Cuatrecasas. (2000). "TPM Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción", primera edición Barcelona

VILLASEÑOR, Alberto, GALINDO, Edber. Manual de Lean Manufacturing. Editorial Limusa S.A de C.V. Grupo Noriega Editores. México, D.F. 2007.

Villaseñor, A., & Galindo E., (2009). Manual de lean manufacturing: Guía básica. México. Editorial Limusa.

Ward, R. S. (2007). Journal of Operations Management.

Yōji Akao. (1993). Despliegue de Funciones de Calidad (QFD): Integración de Necesidades del Cliente en el diseño del Producto. Madrid: TGP Hoshin Ediciones, S.L.


9. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta realizada a la empresa.

FORMATO DE ESTUDIO DE COMPLEJIDAD SECTORIAL EN SISTEMAS DE MANUFACTURA							
Empresa: Scrutec Ltda			Tipo de Proceso de Producción		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Años en Operación	37	Número Empleados en Producción	13				
Tipos de Productos Terminados			Cantidad de Clientes		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Operación de Tipo			Tamaño de Lotas de Productos Terminados				
Número Estaciones de Trabajo			Existe una Gestión de Pronósticos de Ventas				
Existe un Programa Computacional Para la Planificación y Control de la Producción				<input checked="" type="checkbox"/>	En los Productos Existe Alta Cantidad de Partes		
Máquinas Agrupan de Acuerdo al Proceso que Realizan				<input checked="" type="checkbox"/>	La Producción es por Proyecto		
La Fabricación es una Línea Continua de Producción				<input checked="" type="checkbox"/>	Es de tipo híbrida		
Producto		Tratamiento Desacuerdo	En Desacuerdo	No de Acuerdo Ni Desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	No Lo Sé
1. Existe alta variedad de productos						<input checked="" type="checkbox"/>	
2. Existe un gran esfuerzo para identificar los productos			<input checked="" type="checkbox"/>				
3. La Fabricación es en grandes cantidades				<input checked="" type="checkbox"/>			
4. La trazabilidad del producto es dificultosa		<input checked="" type="checkbox"/>					
5. Aumento de los requisitos del cliente				<input checked="" type="checkbox"/>			
Proceso		Tratamiento Desacuerdo	En Desacuerdo	No de Acuerdo Ni Desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	No Lo Sé
1. Existen muchas instrucciones de trabajo				<input checked="" type="checkbox"/>			
2. Existen pérdidas de tiempo e ineficiencias del proceso					<input checked="" type="checkbox"/>		
3. El proceso está estandarizado				<input checked="" type="checkbox"/>			
4. Existen altos niveles de inventario de intermedios			<input checked="" type="checkbox"/>				
5. Existe un gran esfuerzo en mantenimiento			<input checked="" type="checkbox"/>				
Planta		Tratamiento Desacuerdo	En Desacuerdo	No de Acuerdo Ni Desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	No Lo Sé
1. Existen muchas estaciones de trabajo			<input checked="" type="checkbox"/>				
2. Existen altos requisitos de espacio		<input checked="" type="checkbox"/>					
3. La planta está bien diseñada con respecto a los flujos			<input checked="" type="checkbox"/>				
4. Existen cuartos de botella de capacidad				<input checked="" type="checkbox"/>			
5. Existen cambios frecuentes en las instalaciones			<input checked="" type="checkbox"/>				
Personas		Tratamiento Desacuerdo	En Desacuerdo	No de Acuerdo Ni Desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	No Lo Sé
1. Se necesita personal altamente calificado						<input checked="" type="checkbox"/>	
2. Las habilidades son necesarias en el proceso						<input checked="" type="checkbox"/>	
3. Es necesario el conocimiento y la experiencia						<input checked="" type="checkbox"/>	
4. Existe un gran esfuerzo por entrenamiento					<input checked="" type="checkbox"/>		
5. Existen pérdidas por disponibilidad de mano de obra		<input checked="" type="checkbox"/>					
Planificación		Tratamiento Desacuerdo	En Desacuerdo	No de Acuerdo Ni Desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	No Lo Sé
1. Dificultades para planificar las fechas de entrega			<input checked="" type="checkbox"/>				
2. Secuencia de producción no predecible con precisión				<input checked="" type="checkbox"/>			
3. Pedidos urgentes frecuentes no planificados		<input checked="" type="checkbox"/>					
4. Mayor inventario de productos terminados			<input checked="" type="checkbox"/>				
5. Bajo el uso de estaciones de trabajo y maquinaria							

FORMATO DE COMPLEJIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA						
Producto	Complejidad Muy Baja	Complejidad Baja	Complejidad Moderada	Complejidad Alta	Complejidad Muy Alta	No Lo Sé
Diseño y desarrollo del producto	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Control de cantidad del producto	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Control de calidad del producto	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Administración distribución del producto	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tamaño de los lotes de los productos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Empaque y embalaje del producto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Proceso	Complejidad Muy Baja	Complejidad Baja	Complejidad Moderada	Complejidad Alta	Complejidad Muy Alta	No Lo Sé
Diseño del proceso	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Control del proceso	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestión de manejo de materiales	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestión del transporte interno	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estandarización operacional	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Medición de puestos de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Selección de equipos y tecnología	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestión de mantenimiento de los equipos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestión de inventarios	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Control de costos del proceso	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Planta	Complejidad Muy Baja	Complejidad Baja	Complejidad Moderada	Complejidad Alta	Complejidad Muy Alta	No Lo Sé
Capacidad y distribución física	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Medio ambiente de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestión de seguridad industrial	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestión ambiental	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestión salud ocupacional	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Personas	Complejidad Muy Baja	Complejidad Baja	Complejidad Moderada	Complejidad Alta	Complejidad Muy Alta	No Lo Sé
Gestión de capacitación	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ergonomía en el entorno de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ética y el entorno de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistemas de motivación e incentivos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestión del clima laboral	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Planificación	Complejidad Muy Baja	Complejidad Baja	Complejidad Moderada	Complejidad Alta	Complejidad Muy Alta	No Lo Sé
Gestión de pronósticos de la demanda	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Planeación de la capacidad	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Planeación de la producción	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Planeación de requerimiento de materiales	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Planificación de requerimiento de recursos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anexo 2. Sistema de suplementos por descanso.

			SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO				
SUPLEMENTOS CONSTANTES		HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER
Necesidades personales		5	7	e) Condiciones atmosféricas			
Básico por fatiga		4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo)			
SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER				
a) Trabajo de pie				16		0	
Trabajo se realiza sentado(a)		0	0	14		0	
Trabajo se realiza de pie		2	4	12		0	
b) Postura normal				10		3	
Ligeramente incómoda		0	1	8		10	
Incómoda (inclinación del cuerpo)		2	3	6		21	
Muy incómoda (Cuerpo estirado)		7	7	5		31	
				4		45	
				3		64	
				2		100	
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)				f) Tensión visual			
Peso levantado por kilogramo				Trabajos de cierta precisión		0	0
2,5		0	1	Trabajos de precisión o fatigosos		2	2
5		1	2	Trabajos de gran precisión		5	5
7,5		2	3	g) Ruido			
10		3	4	Sonido continuo		0	0
12,5		4	6	Sonidos intermitentes y fuertes		2	2
15		5	8	Sonidos intermitentes y muy fuertes		5	5
17,5		7	10	Sonidos estridentes		7	7
20		9	13	h) Tensión mental			
22,5		11	16	Proceso algo complejo		1	1
25		13	20 (máx)	Proceso complejo o de atención dividida		4	4
30		17		Proceso muy complejo		8	8
33,5		22		i) Monotonía mental			
d) Iluminación				Trabajo monótono		0	0
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0	Trabajo bastante monótono		1	1
Bastante por debajo		2	2	Trabajo muy monótono		4	4
Absolutamente insuficiente		5	5	j) Monotonía física			
				Trabajo algo aburrido		0	0
				Trabajo aburrido		2	2
				Trabajo muy aburrido		5	5

Fuente: Salazar, B. en Ingeniería Industrial Online.com (2019)

Anexo 3. Modelo de la encuesta de satisfacción y su resumen.

La encuesta presenta una serie de preguntas sobre distintos aspectos. Por favor, utilice la siguiente escala para responder, marcando con una X la casilla con la que más se identifique frente a la pregunta que se plantea:

Tabla 40. Escala de repuestas.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

Fuente: Elaboración propia.

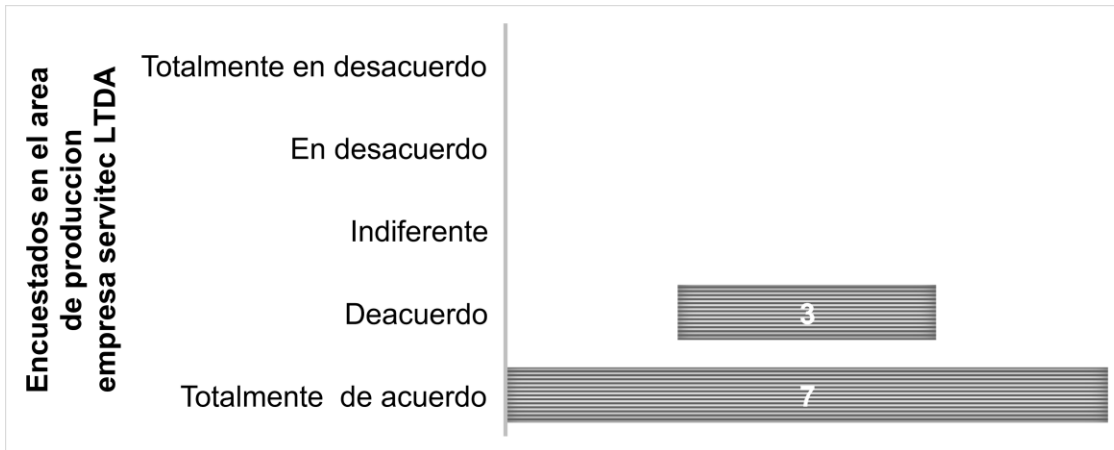
Tabla 41. Formato encuesta de satisfacción frente a las metodologías Lean Manufacturing implementadas.

Nombres y Apellidos				Cedula		
Nº	Concepto	Totalmente desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	De acuerdo a las metodologías implementadas usted piensa que se alcanzaron los resultados propuestos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Durante la implantación de las metodologías tuvieron en cuenta sus opiniones e ideas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	Los líderes de la implementación demostraron conocimiento y profesionalismo en el proceso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Considera usted que el proceso del eje de cola mejoró gracias a las metodologías implementadas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5	Cómo califica su experiencia en el desarrollo de las implementaciones desarrolladas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
---	--	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 9. Resultado de la encuesta de satisfacción



Fuente: Elaboración propia.

De un total de 10 trabajadores encuestados se obtuvo que el 70% estuvo totalmente de acuerdo con el desarrollo, implementación y resultados obtenidos con las metodologías implementadas y el 30% restante de acuerdo.