



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA EMPRESA
SERSOLEM UTILIZANDO LA HERRAMIENTA FLEXSIM PARA EL INCREMENTO
DE LA PRODUCTIVIDAD”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTORES:

**QUINAUCHO ANDRANGO MIRYAN ROCIO
TOAPANTA CHILUIZA KAREN ALEXANDRA**

TUTOR:

ING. MSC. CRISTIAN EUGENIO

LATACUNGA, MARZO 2025

Latacunga, febrero del 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Quinaucho Andrango Miryan Rocío con cedula ciudadana N° 0503252553, Toapanta Chiluiza Karen Alexandra con cedula ciudadana N°1850349596, declaro ser autora del proyecto de titulación” **“Estandarización de los procesos productivos en la empresa SESRSOLEM utilizando la herramienta FlexSim para el incremento de la productividad”**, siendo el Ing. MsC. Cristian Iván Eugenio Pilliza tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.



Quinaucho Andrango Miryan Rocío
CC.0503252553



Toapanta Chiluiza Karen Alexandra
CC.1850349596

Latacunga, febrero del 2025

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“Estandarización de los procesos productivos en la empresa SESRSOLEM utilizando la herramienta FlexSim para el incremento de la productividad”**, propuesto por los estudiantes Quinaucho Andrango Miryan Rocío y Toapanta Chiluiza Karen Alexandra de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



Ing. Cristian Ivan Eugenio Pilliza, Mg.

C.C. 1723727473

TUTOR

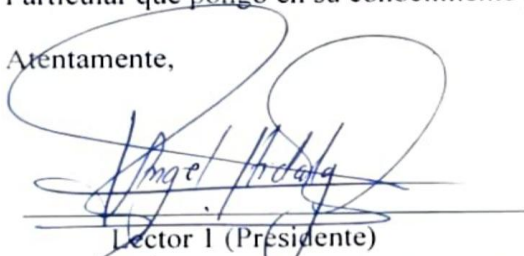
Latacunga, febrero del 2025

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

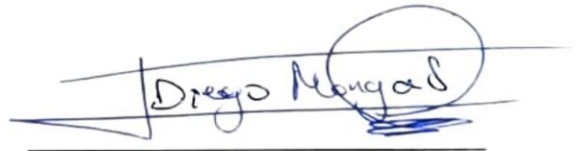
Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título: **“Estandarización de los procesos productivos en la empresa SESRSOLEM utilizando la herramienta FlexSim para el incremento de la productividad”**, propuesto por los estudiantes **Quinaucho Andrango Miryan Rocío y Toapanta Chiliza Karen Alexandra** de la Carrera de **Ingeniería Industrial**, me permito indicar que los estudiantes han concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad presencial en virtud de lo cual el o la postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

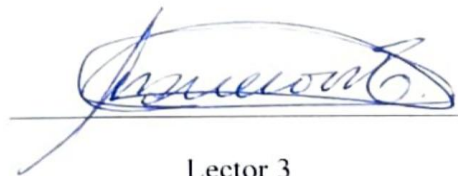
Atentamente,



Lector 1 (Presidente)
Ing. MSc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate
C.C: 0502514022



Lector 2
Ing. MSc. Diego Paul Monga Sánchez
C.C: 0503569964



Lector 3
Ing. MSc. Medardo Angel Ulloa Enríquez
C.C: 1000970325

Latacunga, 17 de febrero del 2025

AVAL EMPRESARIAL

Yo, Llango Guamushig William Geovanny con C.I **0502682115**, en calidad de representante de la empresa “**SERSOLEM**”, otorgo el presente aval de haber realizado exitosamente el proyecto de investigación, titulado “**Estandarización de los procesos productivos en la empresa SERSOLEM utilizando la herramienta FlexSim para el incremento de la productividad**”, llevado a cabo por los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de Ingeniería Industrial; Quinaucho Andrango Miryan Rocio con C.I. **0503252553**, y Toapanta Chiluiza Karen Alexandra con C.I. **1850349596**, en el periodo académico octubre 2024 – marzo 2025.

Aceptamos conocer y estar conformes con los términos y condiciones de las actividades que se realizaron en la empresa **SERSOLEM**, en la ejecución del proyecto de los estudiantes.

Es cuanto puedo certificar en honor de la verdad, se expide el presente para que los interesados pueden hacer uso para los fines que crean conveniente.

Atentamente,



Firma y sello

NOMBRE:	Ing. Llango Guamushig William Geovanny		
CARGO:	Gerente de la empresa SERSOLEM		
CI:	0502682115	Teléfono	0992791680

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a mi Dios por darme salud y vida y bendecirme en esta etapa tan importante.

A mis queridos padres que me brindaron su apoyo incondicional en todo momento con sus sabios consejos y hacer todo lo posible para que no me falte nada.

Agradezco a mis hermanas y mi sobrina por la motivación y su confianza depositada en mi

A mi tutor el Ing. Cristian Eugenio por guiarme en este trayecto desde el principio hasta la aprobación con sus conocimientos y su tiempo para hacer un buen trabajo.

Al Ing. William Llango gerente de la empresa SERSOLEM quien me brindo su aprobación para realizar mi tesis.

A mis amigos que llegaron y los que se fueron también por brindarme esa amistad compartida en las aulas.

Miryan Quinaucho

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, a la Virgen del Cisne, Virgen de Agua Santa, Virgen del Rosario, Niño de Isinche, Señor de la Justicia, Señor de Cuicuno por guiarme y ayudarme en toda la etapa de la universidad, por protegerme en cada momento y al darme el conocimiento necesario para sobresalir en las materias que me ayudaran a ser una profesional con excelencia

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi familia. Su apoyo inquebrantable y amor infinito han sido mi mayor inspiración y fortaleza a lo largo de este proceso. Especialmente a mi amada y hermosa madre Juanita quien a estado conmigo pesé los problemas y situaciones, con ella conocí el verdadero amor agradezco por su gran paciencia que me tiene, su comprensión y sobre todo el apoyo que me ayudo enfrentar los desafíos duros en mi vida.

A mi amado padre Oswaldo, por su amor incondicional, comprensión y constante aliento. Sin su apoyo, este logro no habría sido posible.

A mi amada hermana Cinthya (flaquita) por ser mi mejor amiga con quien puedo desahogarme y contar mis cosas. Pese diferentes situaciones siempre seremos las dos para cualquier cosa que se nos venga.

A mi tutor, el Ing. Cristian Eugenio, le expreso mi más sincera gratitud por su guía constante y el tiempo dedicado para lograr un trabajo de calidad. De igual manera, al Ing. William Llango, gerente de SERSOLEM, por brindarme la oportunidad de realizar mi tesis en la empresa.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por proporcionarme una formación académica de calidad.

Karen Toapanta

DEDICATORIA

A mis queridos padres que con tanto esfuerzo y amor han hecho posible para que este sueño se haga realidad orientado en el camino correcto lo que a permitido formarme como profesional que soy ahora.

A mis hermanas y mi sobrina por sus palabras de aliento motivándome siempre a seguir en adelante

Miryan Quinaucho

DEDICATORIA

Primeramente, dedico este Proyecto de tesis a Dios por ser testigo de mis lágrimas, risas. Quien supo guiarme para poder sobresalir ante cualquier situación.

A mi madre Juana Chiluzza quien es un pilar fundamental en mi vida. Gracias por ser una mujer maravillosa y por estar siempre ahí cuidándome, protegiéndome de todos los que nos quieren ver mal.

A mi padre Oswaldo Toapanta por ser un buen esposo y padre. Por querer ver siempre bien a sus hijas bonitas y sobre todo por ser una persona fuerte a las adversidades duras que nos tocó vivir.

A mi hermana Cinthya Toapanta por ser esa niña carismática que me saca sonrisas y me hace enojar también. Por ser mi apoyo en momentos malos y porque siempre seremos las dos niñas bonitas de papi y mami.

A Lupercio por ser un apoyo sin reservas, tu presencia continua han sido clave a lo largo de este proceso. Aprecio profundamente tu motivación y la fuerza que me has brindado para alcanzar este objetivo.

A mi persona especial que pese las situaciones que nos toco vivir, siempre estas apoyándome, aconsejándome, ayudando con una solución. Por saber calmar mi ansiedad y depresión y sobre todo por nunca haber dejado sola cuando más lo necesitaba.

A mis angelitos del cielo que siempre me cuidan y protegen. Que aunque no estén presentes aquí conmigo este logro es para ustedes.

Y sobre todo este trabajo me dedico a mi persona por ser una persona fuerte, por salir adelante con todas las cosas que me pasa. Por saber batallar con la depresión y ansiedad que mi mente y cuerpo consume.

Karen Toapanta

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA EMPRESA SERSOLEM UTILIZANDO LA HERRAMIENTA FLEXSIM PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD”

Autores:

Quinaucho Andrango Miryan Rocío

Toapanta Chiluiza Karen Alexandra

RESUMEN

El objetivo de este estudio es la estandarización de los procesos de producción de la empresa SERSOLEM, dedicada al diseño y construcción de maquinaria, el montaje de estructuras metálicas, plantas industriales, ingeniería inversa, obras civiles e instalaciones eléctricas. A día de hoy, la empresa enfrenta el problema de la falta de estandarización en los procedimientos de fabricación, lo que da lugar a variabilidad en los tiempos de producción, errores y un uso innecesario de recursos que afectan su productividad y competitividad. Por lo tanto, se propuso la estandarización de los procesos de producción en SERSOLEM a través del estudio de tiempos y el uso de la herramienta Flexsim para resolver este problema. Se comenzó con un diagnóstico de la situación actual de la empresa, utilizando técnicas de observación, diagramas de flujo y cuadros analíticos. A continuación, se llevó a cabo un estudio de tiempos en diferentes procesos para crear el tiempo estándar y también analizar y localizar el alcance de las mejoras. Finalmente, los procesos fueron simulados utilizando Flexsim y se evaluaron los efectos de las mejoras propuestas. Los resultados indicaron una reducción del tiempo total de producción de 19.07 minutos, lo que resultó en una mejora de la eficiencia del 88.66 % al 89.14 %. Además, la capacidad de producción incrementó de 27 a 30 unidades diarias mejorando la productividad de la empresa.

Palabras claves: Eficiencia de producción, Estandarización, Estudio de tiempos, Optimización de procesos.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE: “STANDARDIZATION OF PRODUCTION PROCESSES IN
THE COMPANY SERSOLEM USING THE FLEXSIM TOOL TO
INCREASE PRODUCTIVITY”**

Authors:

Quinaucho Andrango Miryan Rocío

Toapanta Chiluza Karen Alexandra

ABSTRACT

The objective of this study is the standardization of the production processes of the SERSOLEM company, dedicated to the design and construction of machinery, the assembly of metal structures, industrial plants, reverse engineering, civil works and electrical installations. Today, the company faces the problem of the lack of standardization in manufacturing procedures, which gives rise to variability in production times, errors and unnecessary use of resources that affect its productivity and competitiveness. Therefore, the standardization of production processes in SERSOLEM was proposed through time study and the use of the Flexsim tool to solve this problem. It began with a diagnosis of the current situation of the company, using observation techniques, flow charts and analytical tables. Next, a time study was carried out on different processes to create the standard time and also analyze and locate the scope of improvements. Finally, the processes were simulated using Flexsim and the effects of the proposed improvements were evaluated. The results indicated a reduction in total production time of 19.07 minutes, resulting in an efficiency improvement from 88.66% to 89.14%. In addition, production capacity increased from 27 to 30 units per day, improving the company's productivity.

Keywords: Production efficiency, Standardization, Time study, Process optimization.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en forma legal **CERTIFICO** que

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa **“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL PERSONAL OPERATIVO EN LA EMPRESA ESTAROSÉS”** presentado por: **Karen Alexandra Toapanta Chiliza y Miryam Rocío Quinaucho Andrango**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Industrial**, pertenecientes a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 20 de febrero de 2025

Atentamente,


Mg. Sc Nelson Guagchinga
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0503246415

ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1. PROBLEMA	2
2.1.1. Situación Problemática	2
2.1.2. Formulación del problema	3
2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.2.1. Objeto de investigación	3
2.2.2. Campo de acción	3
2.3. JUSTIFICACIÓN	3
2.4. HIPÓTESIS	4
2.5. BENEFICIARIOS	4
2.5.1. Beneficiarios directos	4
2.5.2. Beneficiarios indirectos	5
2.6. OBJETIVOS	5
2.6.1. General	5
2.6.2. Específicos	5
2.6.3. SISTEMA DE TAREAS	6
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	6
3.1. ANTECEDENTES	6
3.2. MARCO REFERENCIAL.....	8
3.2.1. Estandarización de procesos mediante el estudio de tiempos.....	8
3.2.2. Beneficios principales:.....	9
3.2.3. Importancia de la estandarización.....	9
3.2.4. Concepto de procesos productivos.....	9
3.2.5. Descripción del proceso de la empresa SERSOLEM	10
3.2.6. Integración de la tecnología en la optimización de procesos	13
3.2.7. Aplicaciones prácticas de estandarización y simulación.....	13
3.2.8. Impacto de la estandarización en SERSOLEM.....	14
3.3. INGENIERIA DE MÉTODOS.....	14
3.3.1. Objetivos principales de la ingeniería de métodos.....	14

3.3.2.	Herramientas de la ingeniería de métodos	14
3.3.3.	Medición del Trabajo	15
3.3.4.	Importancia de la Medición del Trabajo	15
3.3.5.	Aplicación de la Medición del Trabajo	15
3.3.6.	General Electric y su Influencia	15
3.3.7.	Estudios de Tiempos	15
METODOLOGÍA:		16
3.3.8.	Método de Westinghouse	16
3.3.9.	Factores del Método Westinghouse	16
3.3.10.	Suplementos de Estudios de Tiempo	17
3.3.11.	Cálculos de Tiempos	18
3.3.12.	Incremento de la productividad	19
3.3.13.	Capacidad de Producción	19
3.3.14.	Software FlexSim	20
3.3.15.	Simulación de procesos	20
3.3.16.	Beneficios de la simulación en procesos productivos	20
3.3.17.	Introducción a la herramienta	21
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE FLEXSIM:		21
3.3.18.	Herramientas de simulación en la industria	21
4.	METODOLOGIA.....	22
4.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	22
4.2.	MÉTODO	22
4.3.	TÉCNICAS	22
4.3.1.	Observación	23
4.3.2.	Diagramas de flujo.....	23
4.3.3.	Cursogramas	23
4.3.4.	Recolección de datos	24
4.3.5.	General Electric estudio de tiempos	24
4.3.6.	Uso de la herramienta FlxSim para simular	24
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	25

5.1.	RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.....	25
5.1.1.	Primera actividad. -Visita de campo y descripción de la empresa	25
5.1.2.	Segunda actividad- Elaboración del layout de la empresa SERSOLEM	28
5.1.3.	Tercera actividad. - Elaboración del diagrama de Ishikawa sobre el problema de producción en la empresa SERSOLEM	29
5.1.4.	Cuarta actividad. - Desarrollo de mapa de procesos, diagramas de flujo y cursogramas analítico del proceso.	30
5.2.	RESULTADOS OBTENIDOS EN BASE AL SEGUNDO OBJETIVO.....	37
5.2.1.	Primera actividad. - Identificación de los procesos a estandarizar.....	37
5.2.2.	Segunda actividad. - Toma de tiempos en estado actual. Cálculo del tiempo normal y el tiempo total de ciclo.	38
5.2.3.	Tercera actividad. - Calculo de la eficiencia y productividad actual.....	43
5.2.4.	Cuarta actividad. - Proponer una mejora en los tiempos productivos.	44
5.3.	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN ACTUAL VS LA PROPUESTA	58
5.4.	RESULTADOS OBTENIDOS EN BASE AL TERCER OBJETIVO	59
5.4.1.	Primera actividad. Diagramación de los procesos de trabajo	59
5.4.2.	Segunda actividad. - Simular el desarrollo de actividades mediante tiempos estandarizados.....	60
5.5.	VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS	64
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL PROYECTO	65
6.1.	CONCLUSIONES	65
6.2.	RECOMENDACIONES	65
7.	BIBLIOGRAFÍA	66
	ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Tabla de la UNESCO	3
Tabla 2.2 Beneficiarios Directos	5
Tabla 2.3 Beneficiarios Indirectos.....	5
Tabla 2.4 Sistema de Tareas	6
Tabla 3.1 Factor de desempeño	16
Tabla 3.2 Suplementos de la OIT	18
Tabla 4.1 Simbología del Diagrama de Flujo.....	23
Tabla 4.2 Simbología del Cursograma	23
Tabla 5.1 División de los procesos, subprocesos y actividades del proceso de corte	31
Tabla 5.2 División de los procesos, subprocesos y actividades del proceso de ensamble.	32
Tabla 5.3 División de los procesos, subprocesos y actividades del proceso de pintado.	32
Tabla 5.4 Procesos productivos	38
Tabla 5.5 Número de observaciones recomendadas en el proceso de corte.....	38
Tabla 5.6 Factor de valoración	39
Tabla 5.7 Suplementos del proceso de corte	39
Tabla 5.8 Cálculo del tiempo estándar del proceso de corte actual.....	40
Tabla 5.9 Cálculo del tiempo estándar del proceso de ensamble actual.....	41
Tabla 5.10 Cálculo del tiempo estándar del proceso de pintado actual.....	42
Tabla 5.11 Calculo de la eficiencia actual de los procesos productivos.....	43
Tabla 5.12 Cálculo de la productividad actual	44
Tabla 5.13 Subproceso actual & subproceso propuesto del proceso de corte.....	45
Tabla 5.14 Cálculo del tiempo estándar propuesto del proceso de corte propuesto.....	46
Tabla 5.15 Subproceso actual y propuesto del proceso de ensamble.....	48
Tabla 5.16 Cálculo del tiempo estándar propuesto del proceso ensamble propuesto	49
Tabla 5.17 Subproceso actual y propuesto del proceso de pintado propuesto	51
Tabla 5.18 Cálculo del tiempo estándar propuesto del proceso de pintado	52
Tabla 5.19 Eficiencia propuesta	54
Tabla 5.20 Cálculo del incremento de la eficiencia.....	55
Tabla 5.21 Cuadro comparativo de la eficiencia actual vs la eficiencia propuesta.....	55
Tabla 5.22 Cálculo de la productividad propuesta	56
Tabla 5.23 Calculo del incremento de la productividad.....	57
Tabla 5.24 Cuadro comparativo de la productividad actual y propuesta	57

Tabla 5.25 Capacidad actual.....	58
Tabla 5.26 Capacidad propuesta.....	58
Tabla 5.27 Mejoramiento de la producción.....	58
Tabla 5.28 Valores actuales y propuestos	64
Tabla A-1 Cálculo para la asignación de los límites de control	69
Tabla A-2 cálculo de número de observaciones en el corte	70
Tabla A-3 cálculo de número de observaciones en el ensamble	71
Tabla A-4 cálculo de número de observaciones en el pintado	71
Tabla A-5 Cálculo de número de observaciones.....	72
Tabla B-1 Número de observaciones recomendadas en el proceso de corte.....	73
Tabla B-2 Factor de valoración del proceso de ensamble	73
Tabla B-3 Suplementos del proceso de ensamble	74
Tabla B-4 Número de observaciones recomendadas en el proceso de corte.....	74
Tabla B-5 Factor de desempeño del proceso pintado.....	75
Tabla B-6 Suplementos del proceso de pintado	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Plano de diseño de la empresa Sersolem.....	10
Figura 3.2 Proceso de corte de la empresa Sersolem	11
Figura 3.3 Proceso de ensamble de la empresa Sersolem	12
Figura 3.4 Proceso de pintura de la empresa Sersolem	13
Figura 3.5 Proceso de Entrega y Montaje.....	13
Figura 5.1 Logotipo de la empresa SERSOLEM	25
Figura 5.2 Organigrama de la empresa Sersolem.....	27
Figura 5.3 Layout de la empresa SERSOLEM.....	28
Figura 5.4 Diagrama de Ishikawa.....	29
Figura 5.5 Mapa de procesos de la empresa SERSOLEM	30
Figura 5.6 Diagrama de flujo de la empresa SERSOLEM.....	33
Figura 5.7 Proceso de corte	34
Figura 5.8 Proceso de ensamble	34
Figura 5.9 Proceso de pintado	35
Figura 5.10 Cursograma general del proceso actual.....	35
Figura 5.11 Cursograma analítico actual de corte	36
Figura 5.12 Cursograma del proceso de ensamble	36
Figura 5.13 Cursograma analítico del proceso de pintado	37
Figura 5.14 Diagrama de Flujo propuesto para el proceso de corte	47
Figura 5.15 Cursograma analítico propuesto de corte.....	47
Figura 5.16 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de ensamble.....	50
Figura 5.17 Cursograma analítico de ensamble propuesto.....	50
Figura 5.18 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de pintado.....	53
Figura 5.19 Cursograma analítico de pintura presupuesto	53
Figura 5.20 Diagramación de proceso productivos	59
Figura 5.21 Layout de la empresa	60
Figura 5.22 Configuración de jornada laboral.....	61
Figura 5.23 N° de unidades que ingresan.....	61
Figura 5.24 Modelado del flujo del proceso.....	62
Figura 5.25 Proceso de corte	62
Figura 5.26 Proceso de ensamble	63
Figura 5.27 Proceso de ensamble	63

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: “Estandarización de los procesos productivos en la empresa SERSOLEM utilizando la herramienta FlexSim para el incremento de la productividad”

Fecha de inicio: octubre 2024

Fecha de finalización: marzo 2025

Lugar de ejecución: Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Barrio Santán grande

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera que auspicia: Ingeniería Industrial

Proyecto de investigación vinculado: N/A

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Msc. Cristian Eugenio

Nº de Cédula: 1723727473

Teléfono: 0998535554

Correo electrónico: cristian.eugenio@utc.edu.ec

Autores: Quinaucho Andrango Miryan Rocío

N.º de Cédula: 0503252553

Teléfono: 0984026967

Correo electrónico: myriam.quinaucho2553@utc.edu.ec

Toapanta Chiluiza Karen Alexandra

Nº de Cédula: 1850349596

Teléfono: 0986706783

Correo electrónico: karen.toapanta9596@utc.edu.ec

Área de Conocimiento: (07) Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación: Procesos Industriales

Sub líneas de investigación de la Carrera: Procesos productivos e ingeniería de métodos.

2. INTRODUCCIÓN

Para la empresa SERSOLEM las estructuras de acero son un ejemplo típico de construcción prefabricada. Se elaboran en taller de diferentes conjuntos de elementos y piezas que son unidos y ensamblados en obra generalmente mediante soldadura. La actividad económica de esta organización, son los diversos productos que se encarga de la realización de estudio, diseño, planificación y construcción de obras industriales principalmente en el campo mecánico, eléctrico, civil y de procesos.

De igual modo, se encarga del diseño y construcción de máquinas específicas, como: el diseño de montaje de estructuras metálicas, plantas industriales con procesos de soldadura (MIG, TIG Y SMAW), diseño y construcción de maquinaria e ingeniería inversa, obra civil, instalaciones eléctricas residenciales e industriales, ingeniería en sistemas de seguridad electrónica, control de acceso, portones eléctricos, comunicación, instalaciones de sistemas contra incendios, mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de máquinas industriales, elaboración de planes de mantenimiento, planes de emergencia y contingencia , y sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional.

2.1. Problema

2.1.1. Situación Problemática

La empresa SERSOLEM, dedicada a la construcción de estructuras metálicas, enfrenta una baja eficiencia operativa debido a la falta de estandarización en sus procesos productivos de corte, ensamblaje y pintado. Actualmente, la ausencia de procedimientos documentados y sistematizados genera variabilidad en los tiempos de producción, errores frecuentes y un uso ineficiente de los recursos, impactando la calidad y puntualidad en la entrega de productos.

Este problema afecta directamente su competitividad en el mercado y el vínculo con empresas afiliadas como Planta Industrial Cedal Latacunga, AGLOMERADOS COTOPAXI SA., COOPGRANACH, Cooperativa de Ahorro y Crédito Visión de los Andes VIS ANDES, entre otras. Para resolver el problema, se realizó un seguimiento que involucró la identificación de los procesos productivos, el desarrollo de un mapa de procesos, diagrama de Ishikawa y un estudio de tiempos. Esto permite identificar puntos críticos en la producción y definir acciones correctivas para aumentar la eficiencia operativa. Esto ayudará a disminuir los tiempos de producción y a asignar mejor los recursos internos.

Además, la carencia de un control adecuado en la asignación de materiales, mano de obra y maquinaria genera desperdicios y sobrecostos operativos, afectando la rentabilidad de la empresa, que ha facturado \$49,629.49 con 60 proyectos en el año 2024. Para enfrentar esta problemática, es fundamental implementar un sistema de estandarización basado observación directa en la empresa, elaboración de un mapa de procesos, diagrama de Ishikawa un estudio de tiempos y la simulación con FlexSim, lo que permitirá optimizar los procesos, reducir desperdicios y mejorar la productividad, asegurando una mayor eficiencia en la entrega de productos y fortaleciendo su relación con las empresas colaboradoras.

2.1.2. Formulación del problema

¿Cómo la estandarización de los procesos productivos apoyada por la herramienta FlexSim, puede contribuir al incremento de la productividad en la empresa?

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto de investigación

Procesos productivos en la empresa SERSOLEM

2.2.2. Campo de acción

Estandarización de los procesos productivos

Nomenclatura Internacional de la UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología relacionados son: como se indica en la siguiente Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Tabla de la UNESCO

3310 TECNOLOGÍA INDUSTRIAL	
3310.03	Procesos industriales
3310.05	Ingeniería de procesos

2.3. JUSTIFICACIÓN

Este estudio tiene como propósito principal la estandarización de los procesos dentro de la empresa SERSOLEM, a través de un análisis de tiempos, con el objetivo de definir un orden estructurado para las actividades, normalizar tareas, optimizar los recursos disponibles, controlar las operaciones, mejorar la eficiencia en los procesos y obtener mejores resultados en la producción de los productos de la organización.

El objetivo del análisis de tiempos es establecer tiempos normales y estándares que ayuden en la medición del desempeño tanto de personal como de los procesos actuales. Esto contribuirá su optimización aumentando su eficiencia operativa. La estandarización cumple un rol muy importante, ya que guía a los trabajadores con la correcta practica de sus actividades, reduciendo errores en la producción y fortaleciendo la capacitación del personal.

La implementación de la herramienta FlexSim añade un valor significativo, ya que se pueden realizar simulaciones y modelados de cada proceso productivo de la empresa. Esto nos permite identificar cuellos de botella, optimizar la distribución de recurso y mejorar las tareas al mediante una visualización clara del flujo de trabajo, lo que hace más fácil la toma de decisiones.

El fin de esta investigación es poder beneficiar la organización SERSOLEM como a sus trabajadores entregándoles procesos más optimizados. Como consecuencia, se espera una disminución de tiempos improductivos, el cumplimiento de los plazos de entrega y el fortalecimiento de la organización

2.4. HIPÓTESIS

La estandarización de los procesos productivos en SERSOLEM a través de la ejecución de la herramienta FlexSim en los procesos productivos, ayudará a la optimización de tiempos, la disminución de desperdicios y mejorar de los recursos. En consecuencia, se obtendrá un aumento en la productividad y en eficiencia en las operaciones.

2.5. BENEFICIARIOS

2.5.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos son los trabajadores de SERSOLEM dentro del sector metalmecánico. La Tabla 2.2 se detallan los cargos y la cantidad de empleados en cada puesto, incluyendo el personal administrativo inclusive técnicos especializados.

Tabla 2.2 Beneficiarios Directos

BENEFICIARIOS DIRECTOS	
Cargo	N.º de personas
Gerente Propietario	1
Asistente contable	1
Supervisor responsable de seguridad	1
Técnico del sector de la metalmecánico	1
Técnico soldador de procesos MIG/TIG	2
Técnico de pintura electrostática	1
Técnico del sector de la metalmecánica sin experiencia / ayudantes	2
TOTAL	9

2.5.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos son clientes, empresas del sector y proveedores que se benefician de la mejora en la calidad y eficiencia de los procesos. Esto permite optimizar la cadena de suministro y fortalecer la competitividad. En la Tabla 2.3 se detalla la cantidad total de beneficiarios indirectos.

Tabla 2.3 Beneficiarios Indirectos

BENEFICIARIOS INDIRECTOS	
Cargo	N.º de personas
Clientes	50
Empresas del sector	10
Proveedores	20
TOTAL	80

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. General

Estandarizar los procesos productivos en la empresa SERSOLEM mediante un estudio de tiempos para el incremento en la productividad.

2.6.2. Específicos

- Diagnosticar la situación actual del proceso productivo de la empresa SERSOLEM mediante el levantamiento de información para la identificación de problemas.
- Estandarizar los procesos productivos de la empresa SERSOLEM mediante un estudio de tiempos para la disminución de variabilidad de los tiempos de producción.
- Comprobar los procesos productivos empleando la herramienta FlexSim para la determinación de tiempo total de ciclo y aumento de la productividad.

2.6.3. SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2.4 Sistema de Tareas

Objetivo Específicos	Actividades (Tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Instrumentos
Diagnosticar la situación actual del proceso productivo de la empresa SERSOLEM mediante el levantamiento de información para la identificación de problemas.	<ul style="list-style-type: none"> • Visita de campo y observación del área de trabajo. • Elaboración del layout de la empresa. • Elaboración del diagrama Ishikawa • Desarrollo del mapa de procesos, diagramas de flujo y cursogramas analíticos del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de información. • Optimización del espacio. • Visión clara del proceso • Diagrama de flujo de procesos. • Cursogramas analíticos 	<p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación • Investigación de campo <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • AutoCAD • Word • Bizagi • Excel
Estandarizar los procesos productivos de la empresa SERSOLEM mediante un estudio de tiempos para la disminución de variabilidad de los tiempos de producción.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de los procesos a estandarizar. • Toma de tiempos en estado actual. • Cálculo del tiempo normal y tiempo total del ciclo del proceso. • Cálculo de la eficiencia y productividad actual. Propuesta de una mejora en los tiempos productivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos estándar de los procesos • Capacidad actual de producción de SERSOLEM 	<p>Técnicas:</p> <p>Estudio de tiempos</p> <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formularios de estudio de tiempos. • Cronometro • Tablas de la valoración del ritmo de trabajo • Tablas de suplementos por descanso
Comprobar los procesos productivos empleando la herramienta FlexSim para la determinación de tiempo total de ciclo y aumento de la productividad.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramación de las áreas de trabajo. • Simulación y desarrollo de actividades mediante tiempos estandarizados • Instructivo del uso de la herramienta FlexSim. 	<ul style="list-style-type: none"> • Simulación del proceso productivo • Representación virtual del proceso productivo para el mejoramiento de la productividad. 	<p>Técnicas:</p> <p>Estudio de tiempos</p> <p>Instrumentos:</p> <p>FlexSim</p>

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

3.1. Antecedentes

Sofia Camila Vélez Acosta, en su tesis, destaca la importancia de la estandarización de procesos para reducir pérdidas y mejorar la productividad. Su estudio en ABREK S.A., empresa de discos

abrasivos, se centró en optimizar la producción mediante cronometraje a cero y hojas estándar (SOS). El análisis determinó que se requieren dos trabajadores para dos puestos, con una productividad de 50 discos diarios por empleado para cumplir la demanda. [1].

Cristian Andrés Flores Cadena optimizó los indicadores de productividad en una empresa láctea mediante la simulación con FlexSim, integrando Lean Manufacturing. Se analizaron las líneas de producción de yogurt y queso mozzarella, con tiempos de ciclo iniciales de 687 min y 2339 min, respectivamente. Aplicando mejoras como TPM, Poka Yoke, 5S, eliminación de mudas, Kaizen y SMED, se proyectó un incremento del 10,81 % en ingresos por yogurt y un 27,47 % en la venta de queso mozzarella [2].

Oscar Eduardo Asaquibay Rigcha y Erik Alejandro Orellana Lozano optimizaron la distribución de planta en un taller metalmecánico en Guayaquil, aplicando la metodología 5S. Se propuso un plan para reorganizar espacios, eliminar materiales innecesarios e identificar áreas de trabajo con tarjetas de colores. Según una auditoría interna, el área de corte cumplía el 50% de las 5S, soldadura el 54% y limpieza y pintura el 58%. Se plantearon actividades y manuales para mejorar la distribución y evaluar el cumplimiento mediante checkli [3].

Lizzeth Maribel Novillo López, en su proyecto “Estandarización de los procesos productivos en la empresa Indupalets Cía. Ltda.”, analizó la línea de producción de pallets europeos mediante observación directa y estudio de tiempos. Aplicó diagramas de recorrido, flujo y operaciones, junto con el SLP para mejorar la producción. Con la estandarización, la producción aumentó de 249 a 284 pallets diarios, reduciendo el tiempo estándar de 7 horas 21 minutos a menos de 6 horas 50 minutos, utilizando el sistema Westinghouse [4].

Luis Ángel Salazar, realizó un proyecto en ICOPLAST, Riobamba, para mejorar la productividad mediante la estandarización de procesos. Se analizaron actividades del proceso productivo con diagramas y cronometraje para identificar tiempos improductivos. Como resultado, se diseñó un manual de procedimientos estandarizados para optimizar las tareas. La propuesta logró un aumento del 5.44% en la producción y del 18.46% en la capacidad por hora, generando una utilidad de \$15,898.84 [5].

Caymacho Morales, Junior Jesús Claudio y Mendoza Morales, Cristhian Alexis, presenta en su tema de tesis “La estandarización de los procesos para la mejora de la productividad en una línea de ensamble de una empresa fabricante de tuberías automotrices”, el cual se desarrolló siguiendo una serie de etapas como el ciclo de la estandarización o ciclo SDCA, mediante la

aplicación del estudio de métodos y tiempos se mejoró la capacidad de producción en 49,08% debido a que antes la capacidad de producción era de 385 baterías por turno, actualmente con la nueva línea de ensamble produce 574 baterías por turno como producción real [6].

Guano Cando Herdry Bladimir y Moposita Maiquiza Cristian Rolando, realizaron un estudio de tiempos en FUNDYMEC, enfocándose en la producción de poleas de 2 y 4 pulgadas. Se identificaron cuellos de botella y tiempos improductivos mediante diagramas de flujo y cursogramas analíticos. Aplicando la técnica de regreso a cero y optimizando actividades, se logró reducir 3,01 minutos por unidad en poleas de 2 pulgadas, aumentando la producción en 21%, y 2,96 minutos en poleas de 4 pulgadas, con un incremento del 18% [7].

Castellano Trávez Marco Vinicio, realizó un estudio de tiempos y movimientos en BALANVALLE CIA. LTDA. para mejorar la producción. La empresa, con 10 procesos clave, presentaba un tiempo estándar de 2.67 minutos por saco. Implementando actividades en paralelo, se redujo a 2.52 minutos, mejorando la eficiencia en 3.99% mensual. El análisis costo-beneficio mostró que la inversión se recuperaría en el primer trimestre, fortaleciendo el crecimiento sostenible de la empresa [8].

Barrera Cabezas Liseth Verónica, realizó un estudio para estandarizar el proceso de producción en la línea de afrecho tipo A, mejorando la productividad. Se aplicó observación directa, toma de tiempos y análisis de puntos críticos de control, junto con un manual de procedimientos. La optimización de la mano de obra permitió aumentar la producción de 157.5 a 160 toneladas, con un tiempo estándar de 9 minutos y 51 segundos por saco de 45 kg. El análisis estadístico confirmó un impacto significativo en la productividad [9].

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Estandarización de procesos mediante el estudio de tiempos.

La estandarización de procesos mediante el estudio de tiempos consiste en analizar y medir las actividades de un proceso para determinar el tiempo estándar óptimo y diseñar el método más eficiente. Dicho enfoque implica descomponer las actividades en tareas específicas y reducir desperdicios, suprimir actividades que no añadan valor al proceso y documentar las mejores prácticas. Después de la implementación, el personal recibe capacitación, se documenta el cumplimiento y se realizan evaluaciones periódicas para impulsar la mejora continua. Los

pasos hacia esto pueden reducir costos, mejorar la calidad y hacer un mejor uso de los recursos en cualquier proceso.

La estandarización de procesos es el proceso de definir y documentar la misma forma de realizar actividades en una empresa. Se busca lograr control y eficiencia, limitando la variabilidad y los errores. Además, fomenta la mejora continua y la utilización eficiente de los recursos y, en última instancia, ayuda a mejorar la productividad y la satisfacción del cliente [10].

3.2.2. Beneficios principales:

- **Disminución de errores y desperdicios:** Reduce fallos en la ejecución y optimiza el uso de recursos.
- **Mejora en la calidad:** Garantiza productos o servicios uniformes, alineados con estándares establecidos.
- **Optimización de auditorías:** Una documentación estructurada facilita la supervisión y el cumplimiento de normativas.
- **Claridad y capacitación:** Favorece la comprensión de responsabilidades y sirve como referencia para la formación del personal [10].

3.2.3. Importancia de la estandarización

Uno de los elementos más vitales para ayudar a las empresas a mantenerse competitivas en mercados cambiantes es la estandarización. Al implementarla, las organizaciones pueden funcionar de manera más eficiente y ordenada, reduciendo los tiempos de ejecución y mejorando la experiencia del cliente. Este enfoque no solo está directamente relacionado con el logro de los objetivos organizacionales, sino que también crea un entorno propicio para la innovación y el aprendizaje continuo [11].

3.2.4. Concepto de procesos productivos

En el proceso de producción se utiliza una combinación de insumos para crear algo que tiene un valor mayor que la cantidad de recursos usados para crearlo. Están enfocados en utilizar todos los recursos de manera óptima para garantizar la máxima calidad de los bienes finales [11].

3.2.5. Descripción del proceso de la empresa SERSOLEM

En SERSOLEM, la fabricación de estructuras metálicas sigue un varios procedimientos diseñados para mantener altos los estándares de calidad y mejorar la eficiencia del producto final. A continuación, se presenta las etapas fundamentales de este proceso.

A. Diseño y Planificación

Se inicia con la creación de diseños estructurales con la ayuda de la herramienta AutoCAD y SolidWorks que cumplan con las especificaciones del cliente y los estándares de seguridad. Este proceso incluye cálculos estructurales y la elaboración de planos detallados en base al sistema.

Actividades que se realizan en el proceso de diseño

- Revisión del área del proyecto
- Toma de medidas.
- Diseño en AutoCAD o SolidWord
- Análisis estructural.
- Validación del diseño
- Impresión
- Entrega del plano

En la Figura 3.1 se observa los planos diseñados para la construcción de la estructura.

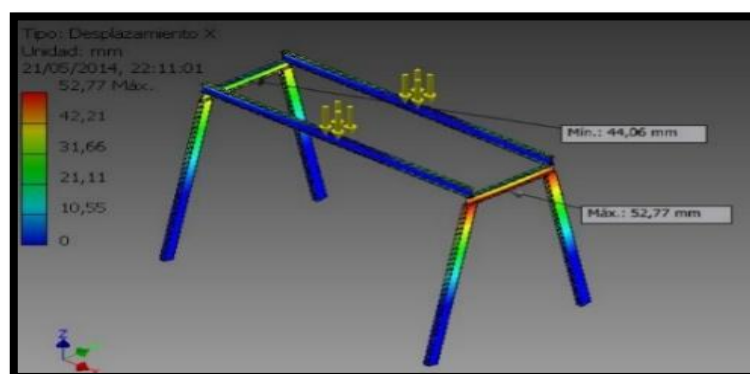


Figura 3.1 Plano de diseño de la empresa SERSOLEM

B. Corte

Las piezas metálicas se cortan a las dimensiones necesarias utilizando tecnologías avanzadas como corte por láser, plasma o sierras, garantizando precisión en las medidas.

Actividades del proceso de corte

- Analizar el plano
- Selección del material (Angulo de $1\frac{1}{2}$ in.)
- Selección del equipo de corte
- Marcado del material
- Fijación del material
- Corte
- Inspección de corte
- Corrección de efectos
- Traslado de material al siguiente proceso

En la Figura 3.2 se observa el proceso de corte con la herramienta oxicorte.



Figura 3.2 Proceso de corte de la empresa SERSOLEM

C. Ensamble

Las partes se ensamblan mediante técnicas de soldadura (MIG, TIG, entre otras). Este proceso es crítico para la integridad estructural y se realizan pruebas para verificar la calidad de las soldaduras

Actividades del proceso de ensamble

- Revisión de componentes
- Organización del área
- Configuración del equipo
- Posicionamiento de piezas
- Soldadura

- Pruebas parciales
- Corrección y ajustes
- Ensamble terminado

En la Figura 3.3 se observa el proceso de ensamble de la construcción del riel.



Figura 3.3 Proceso de ensamble de la empresa SERSOLEM

D. Aplicación de la pintura

Se aplican tratamientos como galvanizado o pintura para proteger las estructuras de la corrosión y mejorar su apariencia. Esto incluye limpieza y desengrasado de las superficies.

Actividades del proceso de pintura

- Limpieza de la superficie
- Preparación del material
- Aplicación de la capa base
- Pintado inicial
- Pintado de capas adicionales
- Inspección visual
- Corrección de imperfecciones
- Acabado final
- Limpieza de herramientas
- Entrega

En la Figura 3.4 se observa el proceso de pintado con la pintura esmalte.



Figura 3.4 Proceso de pintura de la empresa SERSOLEM

E. Entrega y Montaje Final

Finalmente, las estructuras se transportan al sitio de instalación, donde se realiza el montaje final y se verifica que cumplan con todos los requisitos de seguridad y calidad.

Estos procesos están orientados a optimizar la productividad y asegurar que cada producto cumpla con los estándares de calidad, garantizando la satisfacción del cliente y el éxito de los proyectos en los que participa, como se observa en la Figura 3.5 del producto terminado.



Figura 3.5 Proceso de Entrega y Montaje

3.2.6. Integración de la tecnología en la optimización de procesos

- Importancia de las tecnologías de simulación en la Industria 4.0.
- Modelado y análisis de procesos mediante FlexSim.
- Integración de herramientas de simulación con otras tecnologías.

3.2.7. Aplicaciones prácticas de estandarización y simulación

- Casos de estudio relacionados con la implementación de FlexSim en empresas.
- Ejemplos prácticos de mejoras en la productividad y eficiencia mediante simulación.
- Lecciones aprendidas y recomendaciones para empresas similares.

3.2.8. Impacto de la estandarización en SERSOLEM

- Contexto de la empresa SERSOLEM: descripción general y características de sus procesos actuales.
- Necesidad de estandarización en los procesos de SERSOLEM.
- Expectativas de mejora tras la implementación del proyecto de estandarización y simulación.

3.3. INGENIERIA DE MÉTODOS

La ingeniería de métodos es una rama especializada que se enfoca en analizar, estudiar y optimizar los procesos productivos a través del diseño de sistemas más eficientes y funcionales. Frederick W. Taylor, reconocido como el pionero de la ingeniería industrial, aportó conceptos clave para su desarrollo, entre ellos el análisis del trabajo y los principios de la administración científica [12].

3.3.1. Objetivos principales de la ingeniería de métodos

- **Eliminación de actividades innecesarias:** Detectar y eliminar trabajos repetidos o que no aportan valor al proceso.
- **Optimización del flujo de trabajo:** Garantizar un uso eficiente de los recursos.
- **Aumento de la productividad:** Potenciar la relación entre la producción obtenida y los recursos empleados.

3.3.2. Herramientas de la ingeniería de métodos

- **Diagrama de flujo:** ilustración visual que muestran la secuencia de actividades y decisiones dentro de un proceso.
- **Estudio de tiempos y movimientos** Métodos utilizados para analizar la duración y secuencias de las actividades con el objetivo de mejorar la eficiencia.
- **Mapeo de procesos:** Identificación de actividades clave para mejorar la eficiencia.
- **Análisis de valor agregado:** Determinar qué actividades generan valor directo para el cliente final [13].

3.3.3. Medición del Trabajo

La medición del trabajo es una disciplina dentro de la ingeniería industrial que se enfoca en determinar el tiempo necesario para realizar una tarea en condiciones normales de operación. A través de esta metodología, es posible establecer estándares de tiempo y mejorar la exactitud en las actividades operativas. Medir la duración de cada tarea es determinante para analizar los procesos y mejora el uso de los recursos en ambientes de producción [14].

3.3.4. Importancia de la Medición del Trabajo

- Identificar cuellos de botella y actividades ineficientes.
- Establecer tiempos estándar que permitan planificar la producción de manera precisa.
- Mejorar el balanceo de líneas de producción.
- Proporcionar datos para la toma de decisiones estratégicas en cuanto a recursos y mano de obra [15].

3.3.5. Aplicación de la Medición del Trabajo

La medición del trabajo es común en todas las industrias, desde la manufactura hasta los servicios. Se pueden identificar deficiencias precisas y proponer soluciones a través de la aplicación del análisis de tiempos y movimientos. Estos son los fundamentos de las estrategias y tácticas de mejora continua, como la Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) [16].

3.3.6. General Electric y su Influencia

General Electric (GE) es una de las primeras y más avanzadas empresas en el uso de técnicas como la medición del trabajo y la estandarización. Sin duda, parte de esto ha sido a través de su continuo programa de Seis Sigma, que ha ayudado a reducir la variabilidad en sus operaciones para, finalmente, hacerlas más eficientes y mejorar la calidad. Ese éxito ha inspirado a muchas otras empresas a seguir su ejemplo.[17].

3.3.7. Estudios de Tiempos

El objeto del estudio de tiempos es comprobar el tiempo necesario para completar una tarea específica, considerando tanto la habilidad del trabajador como el ambiente laboral. Este método es esencial para diseñar sistemas de producción más eficientes y establecer estándares

de desempeño del proceso productivo [18].

Metodología:

- División de la tarea en elementos.
- Cronometraje repetido para determinar tiempos promedio.
- Ajuste por factores de desempeño y suplementos.

3.3.8. Método de Westinghouse

El método Westinghouse es una técnica para el rendimiento de la actividad de los trabajadores en instalaciones. Tiene en cuenta factores como la habilidad, el esfuerzo, las condiciones de trabajo y la consistencia. Se puede calcular un factor de rendimiento general evaluando cada uno de estos criterios utilizando un sistema ponderado [19].

3.3.9. Factores del Método Westinghouse

- Habilidad: Se refiere a la competencia y destreza del trabajador.
- Esfuerzo: Representa la cantidad de energía y atención que el trabajador dedica a la tarea.
- Condiciones: Considera las condiciones ambientales y del equipo de trabajo.
- Consistencia: Evalúa la uniformidad del desempeño del trabajador.

Cálculo del Factor de Desempeño (FD) se desarrolla a partir de la ecuación 3.1 sumando los valores asignados a cada uno de los cuatro factores. Mediante la Tabla 3.1

$$FD = H+E+C+C \quad (3.1)$$

Donde:

H =Habilidad

E = Esfuerzo

C = Condiciones

C = Consistencia

Tabla 3.1 Factor de desempeño

DESTREZA O HABILIDAD			ESFUERZO O EMPEÑO		
+0.15	A1	Extrema	+0.16	A1	Excesivo
+0.13	A2	Extrema	+0.12	A2	Excesivo
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena	+0.05	C1	Bueno
+0.03	C2	Buena	+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable	-0.08	E2	Aceptable
-0.16	F1	Deficiente	-0.12	F1	Deficiente
-0.22	F2	Deficiente	-0.17	F2	Deficiente
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+0.06	A	Ideales	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelentes	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Buenas	+0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
-0.03	E	Aceptables	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Deficientes	-0.04	F	Eficiente

3.3.9.1. Tiempo Normal

El tiempo normal es el tiempo requerido para completar una actividad sin dificultades ni demoras. Sin embargo, debido a que los trabajadores no pueden mantener un ritmo constante durante toda la jornada, se presentan pausas para descansar, hidratarse o atender necesidades personales. Se calcula de con la siguiente ecuación 3.2.

$$TN = TO \cdot FD \quad (3.2)$$

Donde:

TN = Tiempo normal

TO = Tiempo observado promedio

FD = Factor de desempeño

3.3.10. Suplementos de Estudios de Tiempo

Los suplementos de estudio de tiempos contienen ajustes que facilitan considerar tiempos adicionales para actividades como descansos, modificaciones en maquinarias, y posibles contingencias. Estos aspectos buscan que los estándares de producción sean realistas y aplicables en condiciones normales de trabajo. La Tabla 3.2 se observa los suplementos de la OIT [20].

Tabla 3.2 Suplementos de Estudios de Tiempo de la OIT

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

3.3.11. Cálculos de Tiempos

El cálculo de tiempos es un fundamental en la organización y control de la producción. Determinar el tiempo normal como el tiempo estándar, tomando en cuenta la eficiencia y los márgenes de tolerancia. Esta información es necesaria para:

- Establecer cuotas de producción.
- Diseñar turnos y asignar recursos.
- Mejorar la programación de tareas [21].

3.3.11.1. Tiempo Estándar (TS)

El tiempo estándar establece que un operador con habilidades promedio correctamente capacitado, requiere para llevar a cabo una actividad a un ritmo estándar de trabajo. Para su cálculo, se reúnen márgenes de tolerancia al tiempo normal, utilizando la siguiente ecuación 3.2 [22].

$$TS = TN \cdot (1 + S) \quad (3.3)$$

Donde:

TS = Tiempo estándar

TN = Tiempo normal

S = Suplementos

3.3.12. Incremento de la productividad

El incremento de la productividad ayuda a mejorar la calidad de vida al impactar de forma positiva en la rentabilidad de los proyectos. Fomenta mayores niveles de inversión y la generación de empleo. Su cálculo se realiza a través de la ecuación 3.4 [23].

$$\Delta t = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \cdot 100\% \quad (3.4)$$

Dónde:

P2 = Productividad en periodo 2

P1 = Productividad en periodo 1

Δt = Incremento de la productividad

3.3.13. Capacidad de Producción

La capacidad de producción hace referencia al volumen máximo de productos que una empresa puede fabricar en un determinado periodo, teniendo en cuenta los recursos disponibles, la infraestructura y la eficiencia de los procesos. Varía la capacidad según los factores como la tecnología utilizada, la mano de obra y optimización de los métodos de trabajo bajo condiciones normales [24]. Es un indicador importante para medir la eficiencia del sistema productivo, su fórmula se desarrolla a partir de la ecuación 3.5.

$$CP = \frac{1}{TS} \cdot TTP \quad (3.5)$$

Donde:

CP= Capacidad de producción

TTP= Tiempo total productivo

TS= Tiempo estándar

3.3.14. Software FlexSim

El uso de esta simplifica la detección de fallas y la decisión de soluciones potenciales antes de ejecutarlas en entornos reales. En ese sentido, este ha sido un método muy exitoso para mejorar la medición del trabajo y, por lo tanto, un método muy exitoso en la optimización de la complejidad y la mejora de la eficiencia de producción [25].

3.3.15. Simulación de procesos

La simulación de procesos digitaliza el comportamiento de un sistema real, permitiendo el análisis, la evaluación y la mejora de dichos sistemas. Esta metodología permite a los gerentes y analistas experimentar con alternativas sin tener que modificar el sistema físico, reduciendo así los costos y los tiempos de implementación [26].

3.3.16. Beneficios de la simulación en procesos productivos

Algunos de los beneficios de implementar la simulación en los procesos productivos son:

- Disminución de costos y tiempo: Se pueden probar distintas configuraciones y escenarios sin afectar la operación real.
- Incremento de la eficiencia: La simulación permite identificar cuellos de botella, optimizar el uso de recursos y mejorar el flujo de trabajo.
- Mejor toma de decisiones: Los datos obtenidos mediante las simulaciones brindan una base de datos confiable sobre la cual tomar decisiones estratégicas [26].

3.3.17. Introducción a la herramienta

Características principales de FlexSim:

FlexSim es un software que permite simular y modelar eventos discretos y analizar sistemas complejos. A continuación, sus principales características:

- Una interfaz intuitiva y fácil de manejar.
- Capacidades de simulación en 2D y 3D.
- Análisis de rendimiento y optimización de procesos [26].

3.3.18. Herramientas de simulación en la industria

Hay diversas opciones de herramientas de simulación utilizadas para modelar y mejorar procesos productivos. Tales como:

- **FlexSim:** Es una herramienta para simular procesos de manufactura y logística. Se utiliza en el diseño y análisis de sistemas complejos, permitiendo a los usuarios evaluar el rendimiento de los procesos productivos.
- **Arena:** Software ampliamente usado en las industrias para modelar flujos de materiales y recursos.
- **Simio:** Solución con capacidades avanzadas para simular sistemas complejos, ofreciendo herramientas visuales en 2D y 3D [27].

Aplicación en procesos industriales:

FlexSim se utiliza en diversos sectores industriales, entre ellos:

- **Manufactura:** Facilita la simulación de líneas de ensamblaje.
- **Logística:** Usada para optimizar el movimiento de materiales y disminuir tiempos de espera.
- **Gestión de inventarios:** Ayuda a equilibrar los niveles de stock y disminuir los costos relacionados con el almacenamiento [28].

Caso de estudio selecto:

FlexSim ha demostrado ser utilizado de manera efectiva en varias industrias, según diversos estudios. Esta herramienta se ha empleado para modelar y mejorar las líneas de ensamblaje en el sector automotriz, resultando en la reducción de costos operativos y tiempos de producción [29].

4. METODOLOGIA

4.1. Tipo de investigación

Esta investigación es cuantitativa, descriptiva y de campo. Mediante este método, será posible realizar un análisis profundo de los tipos de procesos de producción existentes, identificar cuellos de botella y encontrar oportunidades de mejora. Además, su propósito es verificar métodos de mejora utilizando simulaciones en FlexSim.

Para este fin, se utilizará un diseño experimental para comparar indicadores de productividad antes y después de mejorarlos. De manera similar, durante el transcurso de los métodos de recolección de datos, también se garantizará la validez y fiabilidad de los resultados.

4.2. Método

Se utilizará el enfoque experimental para simular en FlexSim de esta manera, desarrollara y optimizar los procesos de producción en un entorno virtual. El portal simulado se compara luego con el rendimiento real mediante una evaluación basada en el monitoreo continuo del sistema, lo que permite una penetración paso a paso del algoritmo de predicción para construir un motor que replique perfectamente la realidad de esos sistemas, así como el ya mencionado sistema de predicción. Por último se evaluará la efectividad de los cambios, ya que será posible comparar los tiempos de ciclo, la eficiencia y la productividad.

4.3. Técnicas

Para alcanzar los objetivos de la investigación, se utilizaron diferentes técnicas de análisis, se muestran a continuación:

- Observación
- Diagramas de flujo
- Cursogramas

- Recolección de datos
- Estudio de tiempos por el método General Electric (GE)
- Simulación en la herramienta FlexSim


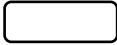

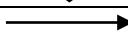
4.3.1. Observación

El observar fue fundamental para el estudio de la infraestructura empresarial, considerando maquinaria, herramientas y áreas de trabajo. Por medio de esta técnica, se pudieron identificar los distintos procesos productivos, como corte, ensamblaje y pintura, aparte de detectar ineficiencia tales como movimientos innecesarios, tiempos improductivos y cuellos de botellas en la producción.

4.3.2. Diagramas de flujo

Los diagramas de flujo son herramientas necesarias para representar de manera estructurada los procesos productivos. Por medio del uso de símbolos estandarizados y conceptos visuales, es posible graficar con claridad la secuencia de actividades y su relación dentro del sistema. Esta representación gráfica ayuda con la comprensión de cada etapa del proceso [30]. En la Tabla 4.1, se detallan los elementos y la estructura del diagrama de flujo.


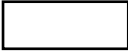
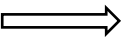
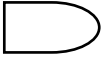

Tabla 4.1 Simbología del Diagrama de Flujo

ELEMENTOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO	
DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA
Inicio - fin	
Actividad	
Decisión	
Recorrido - flujo	

4.3.3. Cursogramas

El cursograma es una técnica muy útil al momento de analizar y representar de manera gráfica las actividades que constituyen un proceso. Usando estos diagramas, se consiguió descomponer las operaciones en pasos específicos, logrando identificar movimientos, demoras y flujos de trabajo en cada etapa [31]. En la Tabla 4.2, se detallan los elementos y la estructura del cursograma.

Tabla 4.2 Simbología del Cursograma

ELEMENTOS DEL CURSOGRAMA		
SÍMBOLO	NOMBRE	SIGNIFICADO
	Operación	Representa una acción principal, como diseño, corte, ensamblaje o pintado.
	Inspección	Indica un punto de control o verificación de calidad en el proceso.
	Transporte	Muestra el movimiento de materiales o productos entre estaciones de trabajo.
	Espera o demora	Representa un tiempo muerto o una pausa en el proceso.
	Almacenamiento	Indica el almacenamiento temporal de materiales o productos en una etapa.

4.3.4. Recolección de datos

Se llevo a cabo un proceso de recopilación de información centrado en los tiempos de los subprocesos dentro de cada etapa, como corte, ensamblaje y pintura. Para lo cual, se realizó una medición detallada de cada paso involucrado. Qué permitiría nuevas mejoras usando la herramienta FlexSim basadas en los datos obtenidos en un análisis de tiempo. También se llevó a cabo, calculando la eficiencia y productividad de la situación actual y finalmente ejecutando simulaciones de mejoras a través de la herramienta FlexSim.

4.3.5. Estudio de tiempos de General Electric

Dado que el análisis de tiempos se realizó siguiendo el método General Electric, se hizo de manera sistemática, ayudando en el análisis y proceso de mejorar operaciones, como los procesos de corte, ensamblaje y pintura dentro del sistema de producción. Se utilizaron cronómetros para tomar mediciones detalladas en cada uno de los subprocesos, permitiendo la evaluación del ritmo de trabajo por parte del personal y ajustando los registros a la situación real.

Con estas mediciones, se establecieron tiempos estándar. La información agregada se desglosó en tiempos operativos no operativos, indicando las oportunidades para los puntos de mejora aumento la eficiencia del proceso [32].

4.3.6. Uso de la herramienta FlexSim para simular

El papel de las simulaciones en el análisis y mejora de los procesos de producción de la organización. Primero, se realizó una recopilación de datos en todas las fases del proceso usando el método de estudio de tiempos. Con esta información, se elaboró un modelo del

sistema productivo dentro de FlexSim asegurando la representación fiel de las condiciones reales de la organización. Posteriormente, se llevó a cabo la validación del modelo, garantizando la coherencia de los resultados con la operación real.

Por medio de la simulación de distintos escenarios, se identificaron ineficiencia como cuellos de botellas y tiempos de espera, facilitando la generación propuesta para optimizar la distribución de recursos y mejorar tiempos operativos. Por último, se implementaron ajustes y se realizó una nueva evaluación de los resultados, promoviendo una mejora continua en la productividad y eficiencia de los procesos [33].

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO

5.1.1. Primera actividad. -Visita de campo y descripción de la empresa

5.1.1.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Analizar la situación actual del área de fabricación de la empresa SERSOLEM para la identificación de los procesos productivos de cada área de trabajo.

Descripción de la empresa SERSOLEM

Es una empresa especializada en la realización de estudio, diseño, planificación, construcción y fiscalización de obras, además que pone en consideración la comercialización de productos nacionales y extranjeros, especialmente herramientas, maquinaria y equipos para la pequeña y mediana industria, representaciones en toda clase de actos civiles y mercantiles, con el servicio y soporte técnico práctico de la mejor calidad en el país.

La empresa está abierta a la innovación, por lo que siempre está capacitando a sus trabajadores y modernizando sus instalaciones, principalmente por esta razón la cual está en capacidad de ofrecer la mejor presentación de la cartera de servicios y productos.



Figura 5.1 Logotipo de la empresa SERSOLEM

Visión

Liderar el mercado provincial-industrial y estatal en el diseño, construcción y prestación de servicios de ingeniería bajo condiciones de calidad, seguridad y confianza de nuestros clientes.

Misión

Ser una empresa comprometida, competitiva y con alianzas estratégicas que brinden el servicio y soporte oportuno para nuestros clientes con soluciones técnicas, prácticas y eficientes que garantice la continuidad de sus procesos a través de la gestión en el lugar requerido y de manera inmediata.

Valores

- Integridad
- Trabajo en equipo
- Confianza
- Sostenibilidad
- Orientación con el cliente
- Compromiso con los resultados
- Respetamos a las personas

Actividad económica de SERSOLEM

La actividad económica de SERSOLEM se centra en:

- C25110101 Fabricación de estructuras de metal, marcos o armazones para construcción y partes de esas estructuras: Torres mástiles armaduras puentes, etcétera, marcos industriales de metal: marcos para altos hornos equipos de elevación y manipulación etcétera
- C28250906 Fabricación de otra maquinaria y equipos para la elaboración de diversos alimentos, maquinaria para la preparación de pescado, crustáceos y moluscos y otros productos marinos comestibles, maquinaria para filtrar y depurar, otros tipos de maquinarias para la preparación y elaboración industrial de alimentos y bebidas, maquinaria para la preparación de alimentos en hoteles restaurantes, etcétera
- C33110301 Servicios de reparación mediante servicios móviles de soldadura a cambio de una retribución o por contrato

- C33121701 Servicios de reparación y mantenimiento de bombas, equipos de propulsión de fluidos y equipos afines, elementos de transmisión e impulsión a cambio de una retribución por contrato.

ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA SERSOLEM

El organigrama muestra la representación estructura organizativa de la empresa, destacando las diferentes áreas, departamentos y roles dentro de la misma. Este tipo de organigrama ayuda a entender cómo se distribuyen las responsabilidades y la jerarquía en la empresa SERSOLEM facilitando la comunicación y la coordinación entre los distintos equipos.

El organigrama puede variar según el tamaño y la complejidad de la empresa, pero su objetivo principal es proporcionar claridad sobre cómo se organiza el trabajo y quién es responsable, como se observa en la Figura 5.2

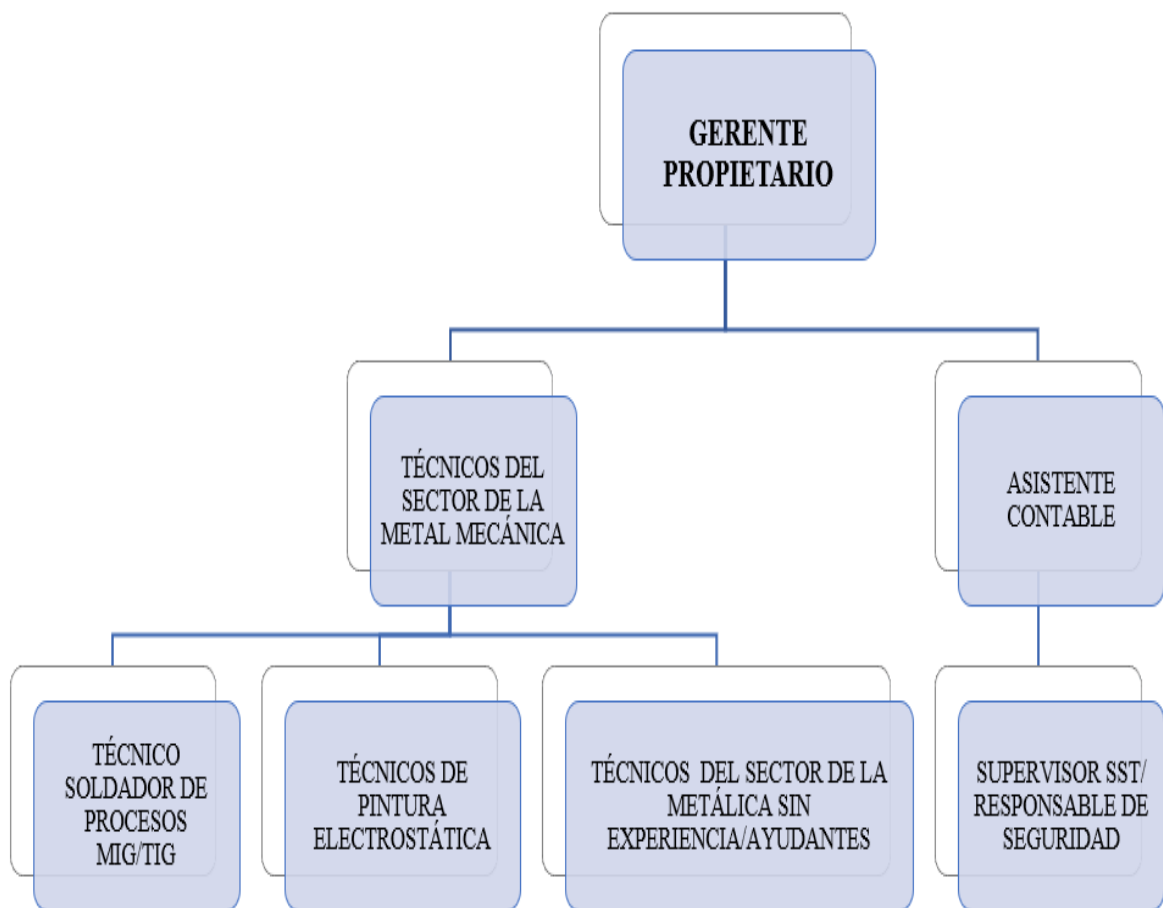


Figura 5.2 Organigrama de la empresa SERSOLEM

5.1.2. Segunda actividad- Elaboración del layout de la empresa SERSOLEM

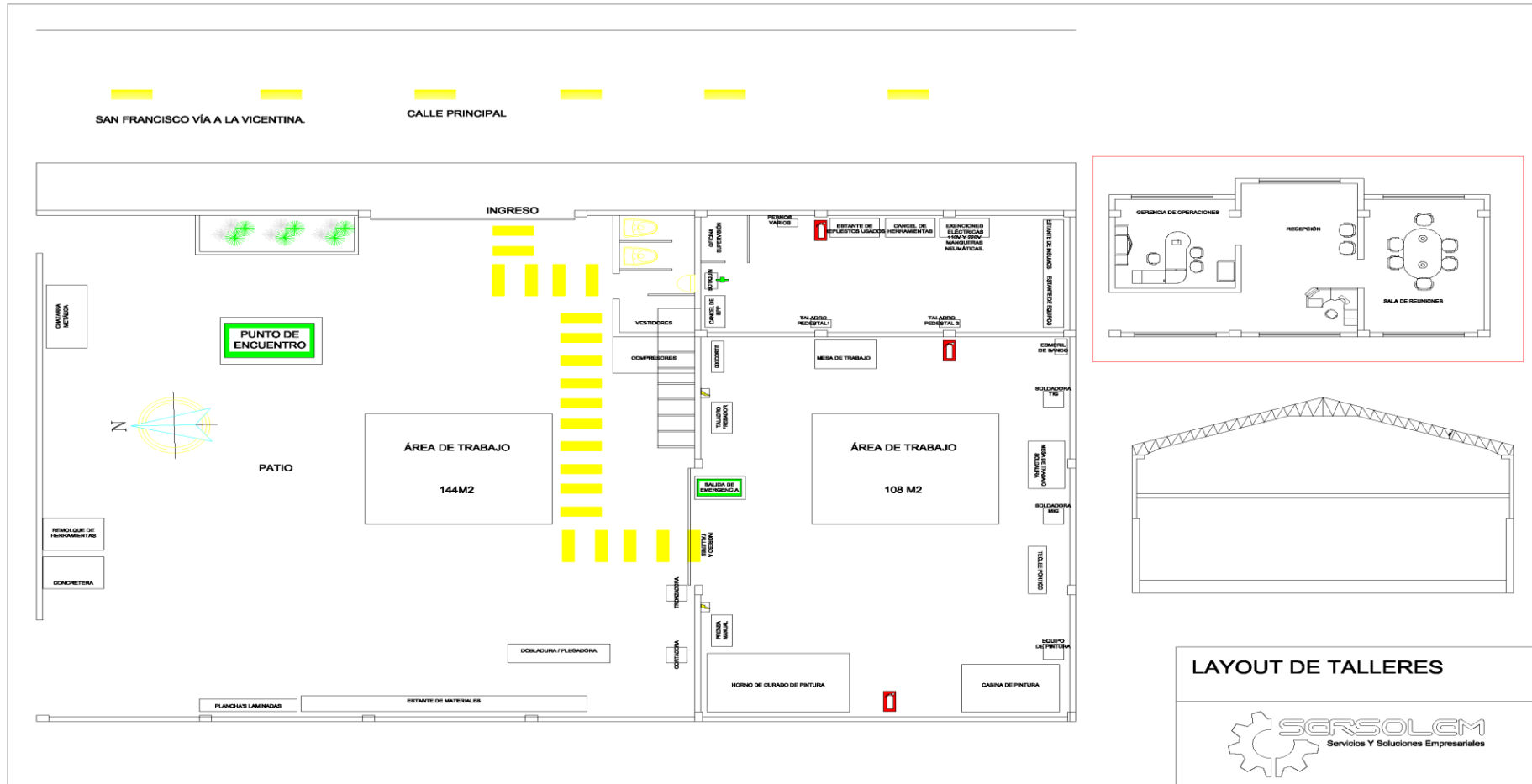


Figura 5.3 Layout de la empresa SERSOLEM

5.1.3. Tercera actividad. - Elaboración del diagrama de Ishikawa sobre el problema de producción en la empresa SERSOLEM

Para la realización de este análisis se utilizó el diagrama de Ishikawa o causa efecto a través de esta técnica se identificó los factores que intervienen en los procesos productivos en el taller, que pueden afectar al desarrollo de las actividades, con este análisis se identifica cuáles son los factores que tiene una alta incidencia y que se puede mejorar.

A través de su metodología de causa-efecto el diagrama de Ishikawa se fundamenta en que todo problema tiene su origen específico, su objetivo es identificar esos puntos críticos y entender como interactúan las diferentes causas, su capacidad para adaptarse a diferentes sectores, procesos y contextos, se ha convertido en una herramienta indispensable no solo en la producción industrial, sino que también en cualquier área que busque mejorar la calidad y optimizar el desempeño operativo. A continuación, se detalla en la Figura 5.4 el diagrama de Ishikawa.

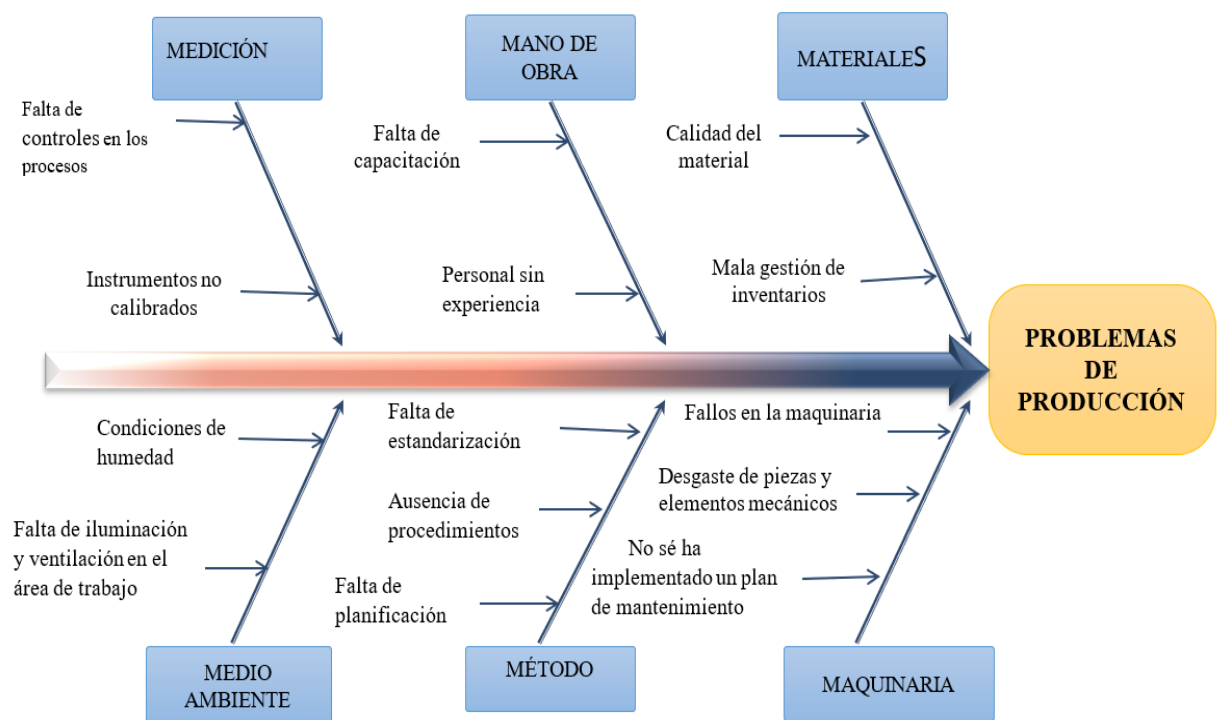


Figura 5.4 Diagrama de Ishikawa

5.1.4. Cuarta actividad. - Desarrollo de mapa de procesos, diagramas de flujo y cursogramas analítico del proceso.

5.1.4.1. Desarrollo de mapa de procesos

Representación gráfica del mapa de procesos donde se describe de manera clara la estructura de las actividades tareas, donde representa las entradas y salidas del producto, mediante la herramienta identificamos todos los procesos que realizan en la empresa SERSOLEM ayudando a la estandarización.

En la Figura 5.5 se observa de manera detallada todos los procesos operativos que conforma en la empresa SERSOLEM.

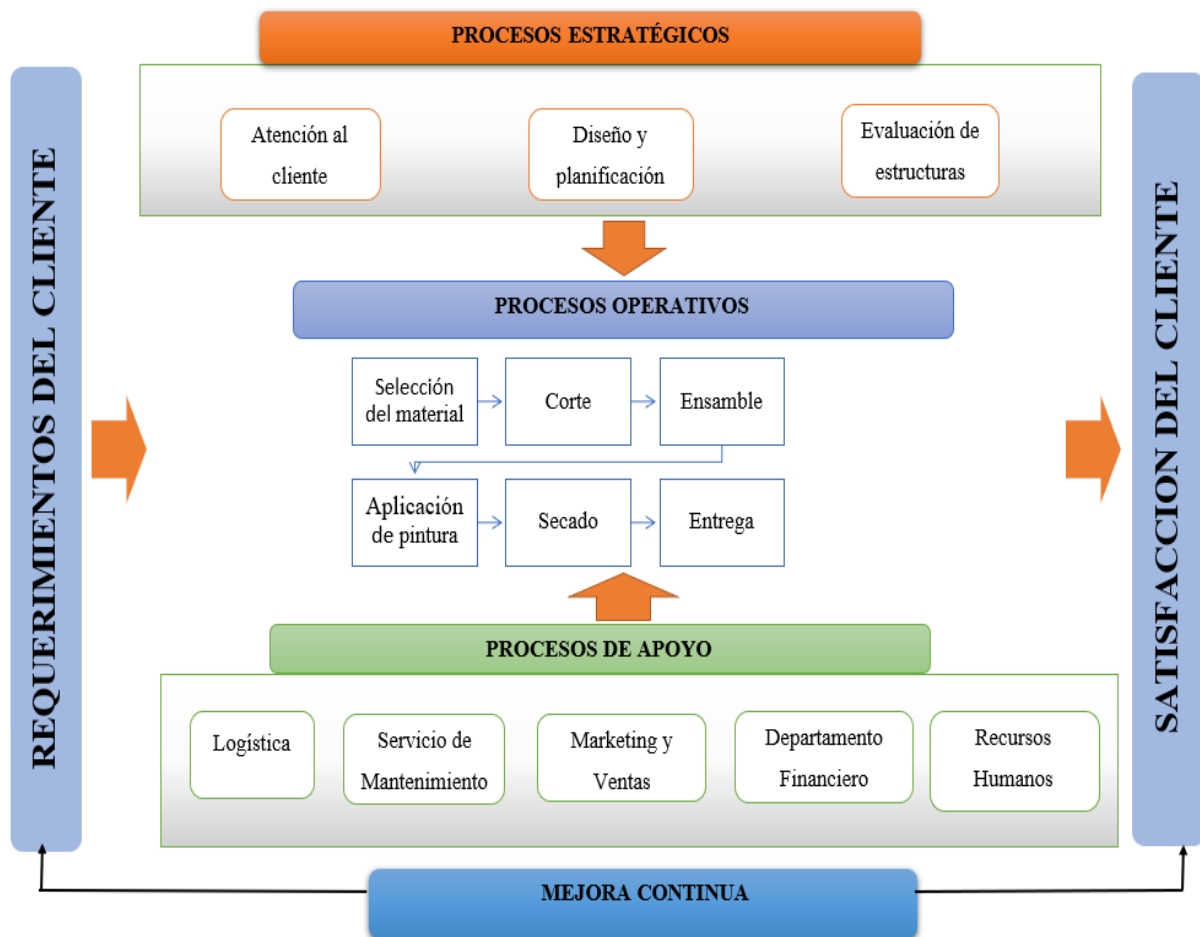


Figura 5.5 Mapa de procesos de la empresa SERSOLEM

5.1.4.1. Segmentación de procesos, subprocesos y actividades.

Como parte del desarrollo del proyecto se realizó un análisis de tiempos enfocado en los distintos procesos involucrados. Para lo cual se realizó una segmentación detallada de los procesos, subprocesos y actividades posibilitando examinar minuciosamente cada fase productiva. Como resultado se logró identificar oportunidades de mejora y optimización de diversas etapas.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN COCHE TRANSPORTADOR DE PERFILERÍA.

Una parte estructural importante es el riel guía, diseñado para facilitar el desplazamiento del vehículo transportador de perfilera. Su propósito es asistir a los operarios en el traslado del material asegurando un recorrido preciso y controlado. Este sistema garantiza un desplazamiento lineal estable y replicable a lo largo del trayecto del sistema móvil. Fabricado con acero A36 proporciona una elevada resistencia y desempeño óptimo incluso sometido bajo cargas realmente pesadas.

PROCESO DE CORTE

Tabla 5.1 Segmentación de los procesos, subprocesos y actividades del proceso de corte

SUBPROCESOS	ACTIVIDADES
1. Análisis del plano	Verificar las especificaciones del plano o diseño.
	Revisar las dimensiones y materiales.
2. Selección de material a cortar	Mover el material seleccionado desde el almacén hasta la estación de corte.
3. Selección de herramientas	Escoger la herramienta de corte adecuada (cizalla, láser, plasma, etc.).
	Comprobar el estado y calibración de la herramienta.
4. Marcado del material	Marcar las líneas de corte según las dimensiones requeridas.
	Usar plantillas o herramientas de medición si es necesario.
5. Fijación del material	Asegurar el material en su posición con sujetadores o dispositivos de fijación.
	Garantizar que esté libre de movimientos durante el corte.
6. Corte	Realizar el corte siguiendo las líneas marcadas.
	Ajustar la velocidad y presión de corte según el material.
7. Medición del corte	Verificar la precisión del corte y detectar imperfecciones.
8. Corrección de defectos	Rectificar bordes irregulares o ajustar dimensiones si es necesario.
9. Traslación de material al área del ensamble	Lijar o desbarbar los bordes cortados para eliminar rebabas o asperezas.
10. Limpieza de la mesa de trabajo	Retirar restos de material y limpiar el área de trabajo.

PROCESO DE ENSAMBLE

Tabla 5.2 División de los procesos, subprocesos y actividades del proceso de ensamble.

SUBPROCESOS	ACTIVIDADES
1. Revisión de componentes	Verificar la disponibilidad de todos los componentes necesarios.
2. Organización del área	Asegurar que el área esté limpia y ordenada.
	Disponer herramientas y materiales accesibles.
3. Revisión de planos o diseños	Consultar los planos o manuales del ensamble.
	Identificar pasos y configuraciones específicas.
4. Configuración de equipo	Ajuste del soporte de piezas
	Sincronización del equipo
5. Posicionamiento de piezas	Colocar los componentes según el diseño.
	Alinear las piezas con precisión.
6. Unión de componentes	Selección del método de soldadura
	Configuración del equipo
	Ejecución de puntos y cordón de soldadura
7. Corrección por defectos	Verificar el ajuste y funcionalidad parcial.
	Realizar ajustes si es necesario.
8. Acabado	Limpieza de la superficie
	Verificación del acabado

PROCESO DE PINTADO

Tabla 5.3 División de los procesos, subprocesos y actividades del proceso de pintado.

SUBPROCESOS	ACTIVIDADES
1. Orden de trabajo	Revisión de los requerimientos del cliente.
	Generación de la orden de producción.
2. Preparación de la pieza	Lijado de superficies.
	Eliminación de óxidos y residuos.
3. Preparación del material de la pintura	Selección del color requerido.
	Mezcla adecuada de los componentes.
4. Aplicación de la capa base	Uso de herramientas específicas.
	Aplicación uniforme de la pintura base.
5. Secado (1)	Colocación de piezas a secar.
	Monitoreo del tiempo del secado.
6. Pintado	Preparación de la pistola de la pintura.
	Aplicación de la pintura.
7. Secado (2)	Verificación de la uniformidad de la pintura.
	Identificación de defectos o retoques.
8. Inspección del acabado de la pintura	Aseguramiento de las condiciones ambientales.
	Secado de la pintura aplicada.
9. Entrega Final	Verificación de la calidad del producto.
	Coordinación de la entrega del producto.
10. Limpieza de herramientas	Lavado de brochas y pistolas.
	Almacenamiento adecuado de herramientas.

5.1.4.1. Diagramas de flujo

5.1.4.1.1. Proceso General de la empresa SERSOLEM

En el siguiente diagrama se visualiza los procesos y subprocesos de las cuatro áreas de trabajo, detallando cada una de las actividades, permitiendo a los trabajadores seguir fácilmente su tarea.

En la Figura 5.6 se detalla el diagrama de flujo de la empresa SERSOLEM.

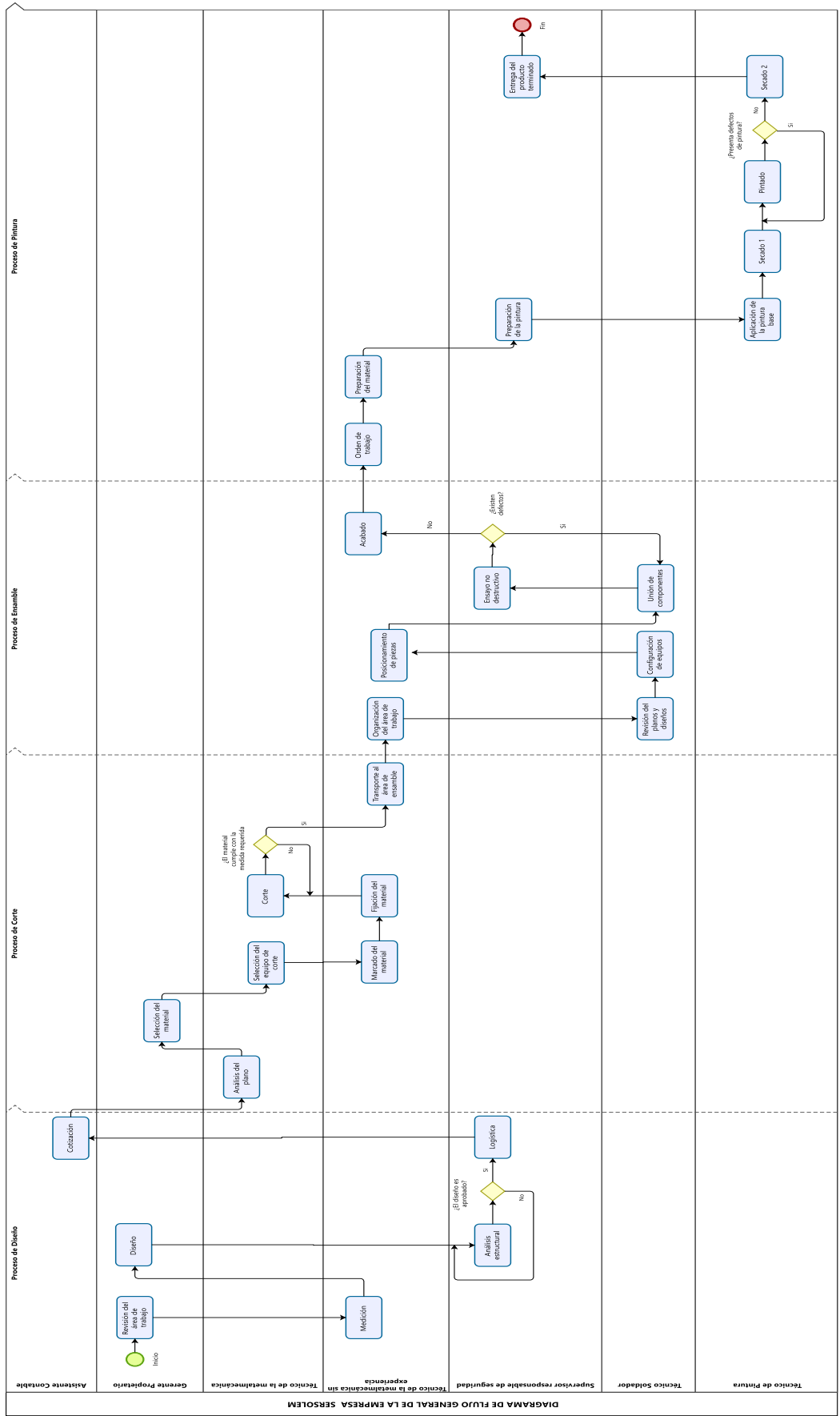


Figura 5.6 Diagrama de flujo de la empresa SERSOLEM

5.1.4.1.1. Proceso de corte

En el proceso de corte se selecciona diferentes tipos de materiales como: perfilería, laminas y vigas para dar forma a las piezas necesarias de fabricación, en el proceso se lleva a cabo mediante diversas herramientas como el corte por sierra, cizalla o plasma. Un corte preciso y eficiente contribuye a la calidad del producto, como se observa en la Figura 5.7 proceso de corte.

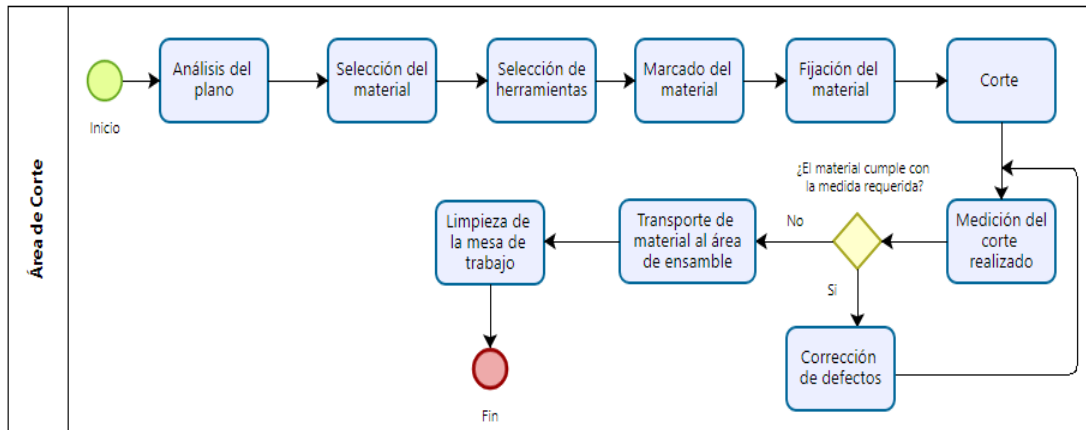


Figura 5.7 Proceso de corte

5.1.4.1.2. Proceso de ensamble

En el proceso de ensamble se realiza de dos formas mediante empernado o soldadura dependiendo de las características del material y el diseño del producto, durante el ensamble se debe seguir los pasos específicos, para asegurar que todas que todas las piezas sean ensambladas, se debe realizar controles para verificar las uniones seas resistentes y cumplan las especificaciones técnicas, como se observa en la Figura 5.8 el proceso de ensamble.

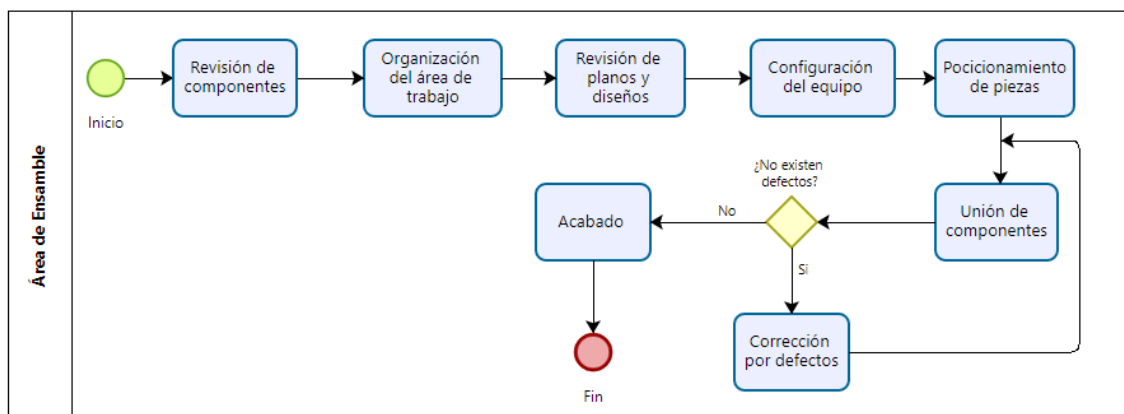


Figura 5.8 Proceso de ensamble

5.1.4.1.1. Proceso de pintado

En el proceso de pintado se lleva a cabo para proteger las estructuras de la corrosión y mejorar su apariencia, en acero negro se utiliza la pintura electrostática que empieza con la limpieza de la estructura, desengrasado y fosfatado para la aplicación de la pintura, finalmente se aplica un sellador de acabado para proporcionar una mayor durabilidad, en la Figura 5.9 se observa el flujo de las actividades del proceso de pintado.

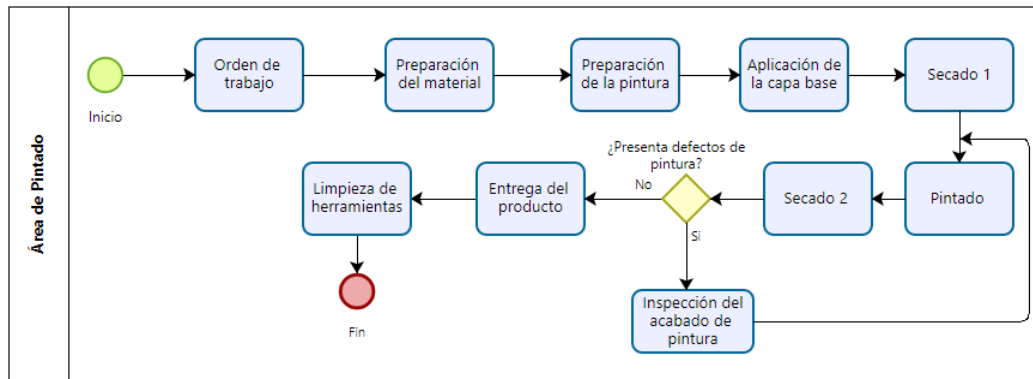


Figura 5.9 Proceso de pintado

5.1.4.2. Cursograma analítico general del proceso

A continuación se presenta una representación gráfica que detalla, de manera sistemática, todas las actividades involucradas en el proceso productivo para la fabricación de un riel guía. Esta representación incluye cada operación, inspección, transporte, demora y almacenamiento que se lleva a cabo durante la elaboración del producto. En la Figura 5.10 se detalla las actividades generales del proceso.

Hoja N°				CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS				
Actividad	Símbolo	Actual	Propuesto	Operario	Material	Equipo		
Operación	●	12		Proceso	General			
Inspección	○	13		Fecha				
Transporte	→	2		El estudio inicia:				
Almacenamiento	▽	1		Producto: Riel guía				
Demora	●	2		Método	Actual X	Propuesto		
Total de actividades				Nombre del operario				
Distancia total (m)				Elaborado por: Quinaucha Miryan y Toapanta Karen				
Tiempo (min)				197.91				
Nº	Descripción	Símbolo de proceso	Unidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Observaciones		
1	Análisis del plano	●	1		1.4			
2	Selección del material a cortar	→	2		1.73			
3	Selección de herramientas	●	3		2.18			
4	Markado del material	○			7.29			
5	Fijación del material	→			0.93			
6	Corte	▽	2		12.32			
7	Medición del corte realizado	○			9.18			
8	Corrección de defectos	●			2.93			
9	Traslado del material al área de ensamble	→	2		1.42			
10	Limpieza de la mesa de trabajo	●			1.95			
11	Revisión de componentes	○			4.91			
12	Organización del área de trabajo	→	2		1.48			
13	Revisión de planos y diseños	○	3		2.6			
14	Configuración del equipo	→	1		2.44			
15	Posicionamiento de piezas	○			3.11			
16	Unión de componentes (soldadura)	→	1		21.77			
17	Corrección por defectos	●			8.91			
18	Almacenamiento	▽	2		4.58			
19	Orden de trabajo	●			2.45			
20	Preparación del material	→	3		6.14			
21	Preparación del material de pintura	→	2		6.58			
22	Aplicación de la capa base	→			16.56			
23	Secado 1	○			10.5			
24	Pintado	→			33.1			
25	Secado 2	○			1.38			
26	Inspección del acabado	○			22.28			
27	Entrega de material terminado	→	5		4.57			
28	Limpieza de herramientas	●	2		5.99			
Tiempo total en minutos					31	197.91		

Figura 5.10 Cursograma general del proceso actual

5.1.4.2.1. Cursograma analítico del proceso de corte

En esta actividad se observa como fluye las actividades del proceso de corte de manera detallada identificando el tiempo que tarda cada proceso como se observa en la siguiente Figura 5.11 se detalla las actividades a realizar los procesos.



















				CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS			
Hoja N°				Operario	Material	Equipo	
Actividad	Símbolo	Actual	Propuesto	Proceso	Corte		
Operación		4		Fecha			
Inspección		5		El estudio inicia:			
Transporte		1		Producto: Riel guía			
Almacenamiento				Método	Actual X	Propuesto	
Demora				Nombre del operario			
Total de actividades		10		Elaborado por: Quinaucho Miryan y Toapanta Karen			
Distancia total (m)		10					
Tiempo (min)		38,96					
Nº	Descripción	Símbolo de proceso		Unidad	Distancia(m)	Tiempo(mi n)	Observaciones
1	Análisis del plano				1	1,4	Visual
2	Selección del material a cortar				2	1,73	
3	Selección de herramientas				3	2,18	
4	Marcado del material					7,99	
5	Fijación del material					0,93	
6	Corte				2	10,19	
7	Medición del corte realizado					9,18	
8	Corrección de defectos					2,59	
9	Traslado del material al área de ensamble				2	1,42	
10	Limpieza de la mesa de trabajo					1,35	
Tiempo total (minutos)					10	38,96	

Figura 5.11 Cursograma analítico actual de corte

5.1.4.2.1. Cursograma analítico del proceso de ensamble

Se observa todas las actividades detalladas del proceso de ensamble ayudando a identificar oportunidades para la optimización de tiempos. La Figura 5.12 se detalla de todas las actividades realizadas según su operación.

















				CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS			
Hoja N°				Operario	Material	Equipo	
Actividad	Símbolo	Actual	Propuesto	Proceso	Ensamble		
Operación		3		Fecha			
Inspección		4		El estudio inicia:			
Transporte				Producto: Riel guía			
Almacenamiento		1		Método	Actual X	Propuesto	
Demora				Nombre del operario			
Total de actividades		8		Elaborado por: Quinaucho Miryan y Toapanta Karen			
Distancia total (m)		9					
Tiempo (min)		49,8					
Nº	Descripción	Símbolo de proceso		Unidad	Distancia (m)	Tiempo(min)	Observaciones
1	Revisión de componentes					4,91	
2	Organización del área de trabajo				2	1,48	
3	Revisión de planos y diseños				3	2,6	
4	Configuración del equipo				1	2,44	
5	Posicionamiento de piezas					3,11	
6	Unión de componentes (soldadura)				1	21,77	
7	Corrección por defectos					8,91	
8	Acabado				2	4,58	

Figura 5.12 Cursograma del proceso de ensamble

5.1.4.2.1. Cursograma analítico del proceso de pintado

En este proceso de pintura observa como gráficamente se realiza cada actividad necesaria para el proceso de pintura en las estructuras metálicas desde el orden de trabajo hasta la entrega final del producto. En la Figura 5.13 se detalla de las actividades realizadas en el proceso de pintura identificando los movimientos de trabajo.


				CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS					
Hoja N°				Operario	Material	Equipo			
Actividad	Símbolo	Actual	Propuesto	Proceso		Pintura			
Operación	●	5		Fecha					
Inspección	■	2		El estudio inicia:					
Transporte	→	1		Producto: Riel guía					
Almacenamiento	▼			Método		Actual X	Propuesto		
Demora	●	2		Nombre del operario					
Total de actividades		10		Elaborado por: Quinaucho Miryan y Toapanta Karen					
Distancia total (m)		12							
Tiempo (min)		109,15							
N°	Descripción			Símbolo de proceso		Unidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Observaciones
1	Orden de trabajo			●				2,45	
2	Preparación del material			■			3	6,14	
3	Preparación del material de pintura			→			2	6,58	
4	Aplicación de la capa base			▼				16,56	
5	Secado 1			●				10,5	
6	Pintado			■				33,1	
7	Secado 2			→				1,38	
8	Inspección del acado			▼				22,28	
9	Entrega de material terminado			●			5	4,57	
10	Limpieza de herramientas			■			2	5,59	
Tiempo total en minutos							12	109,15	

Figura 5.13 Cursograma analítico del proceso de pintado

5.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN BASE AL SEGUNDO OBJETIVO

5.2.1. Primera actividad. - Identificación de los procesos a estandarizar.

El objetivo de esta actividad es identificar los procesos clave que deben ser estandarizados, priorizando aquellos que influyen directamente en la productividad y en el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización. Para ello, se realizarán las siguientes acciones:

5.2.1.1. Revisión de los procesos actuales

Se llevará a cabo un análisis detallado de los procedimientos actuales, tanto formales como informales, para detectar posibles inconsistencias, duplicidades y áreas de mejora.

5.2.1.2. Evaluación de métricas de desempeño

Se estudiarán indicadores específicos, como tiempos de operación, retrasos, frecuencia de errores y sus repercusiones en las actividades, con el propósito de identificar los puntos críticos del proceso.

5.2.1.3. Identificación de procesos prioritarios

A partir de los resultados obtenidos del análisis, se escogerán los procesos más críticos, priorizando aquellos que presentan obstáculos importantes o que brindan oportunidades claras para mejorar. En la Tabla 5.4 se detallan los procesos que se analizará para identificar los procesos que deben ser estandarizados.

Tabla 5.4 Procesos productivos

PROCESO PRODUCTIVO	
1	Corte
2	Ensamble
3	Pintado

5.2.2. Segunda actividad. - Toma de tiempos en estado actual. Cálculo del tiempo normal y el tiempo total de ciclo.

5.2.2.1. Estudio de tiempos del proceso de corte.

Considerando el tiempo total de ciclo en el proceso de corte es de 33.31 min, en el método General Electric, cuando el tiempo de ciclo, es entre 20 y 40 minutos, se recomienda realizar solo 5 observaciones porque las actividades más largas tienen menos variabilidad relativa entre una ejecución y otra. En la Tabla 5.5 se presenta el número de observaciones recomendadas por el tiempo de ciclo.

Tabla 5.5 Número de observaciones recomendadas en el proceso de corte

TIEMPO DE CICLO (min)	NUMERO DE OBSERVACIONES RECOMENDADAS
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
4,00 - 5,00	15
5,00 - 10,00	10
10,00 - 20,00	8
20,00 - 40,00	5
Mas de 40,00	3

- Para obtener el tiempo promedio (TP) se utilizó la siguiente ecuación 5.1

$$\text{Tiempo promedio} = \frac{\text{Suma total}}{\text{Numero de muestras}} \quad (5.1)$$

- Para calcular el factor de desempeño (FD) de cada actividad se calculó a partir de los datos registrados. En la Tabla 5.6 se presenta el factor de desempeño (FD) para el proceso de corte.

Tabla 5.6 Factor de valoración

FACTOR DE VALORACIÓN					
Proceso			CORTE		
HABILIDAD			ESFUERZO		
D	Regular	0	E1	Aceptable	-0,04
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
E	Aceptables	-0,03	C	Buena	0,01
TOTAL (S)					-0,06
FACTOR DE DESEMPEÑO (FD)					0,94

- Para calcular el tiempo normal (TN) se utilizó la siguiente ecuación 5.2:

$$\text{Tiempo normal} = \frac{\text{Tiempo promedio}}{\text{Factor de desempeño}} \quad (5.2)$$

- Para calcular el suplemento (S) de cada actividad se calculó a partir de los datos registrados. En la Tabla 5.7, se presenta suplemento (S) para el proceso de corte.

Tabla 5.7 Suplementos del proceso de corte

SUPLEMENTOS	
Suplementos constantes	
Suplementos constantes	Hombre (%)
Necesidades personales	5
Fatiga	4
Suplementos variables	
Suplementos variables	Hombre (%)
Trabajo de pie	2
Tensión visual	2
Ruido	2
Tensión mental	1
Monotonía mental	1
Uso de energía o fuerza muscular KG	Hombre (%)
2,5	0
SUPLEMENTOS	17

- Para calcular el tiempo estándar (TS) se utilizó la siguiente ecuación 5.3:

$$T.\text{estándar} = T.\text{promedio} \cdot F.\text{desempeño} \cdot (1 + \text{Suplemento}) \quad (5.3)$$

5.2.2.1.1. Estudio de tiempos de proceso de corte.

Tabla 5.8 Cálculo del tiempo estándar del proceso de corte actual

PROCESO: CORTE										
ACTIVIDADES:										
1	ANÁLISIS DEL PLANO		5	FIJACIÓN DEL MATERIAL		9	TRASLADO DEL MATERIAL AL ÁREA DE ENSAMBLE			
2	SELECCIÓN DE MATERIAL DE CORTE		6	CORTE		10	LIMPIEZA DE LA MESA DE TRABAJO			
3	SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS		7	MEDICIÓN DEL CORTE						
4	MARCADO DEL MATERIAL		8	CORRECCIÓN DE DEFECTOS						
ESTUDIO DE TIEMPOS										
CÁLCULO DE TIEMPOS ACTUAL (MINUTOS)										
N°	MUESTRAS					TIEMPO PROMEDIO	FACTOR DESEMPEÑO	TIEMPO NORMAL	S	TIEMPO ESTANDAR
	1	2	3	4	5					
1	1,2	1,17	1,33	1,45	1,22	1,27	0,94	1,20	17%	1,40
2	1,38	1,45	1,55	1,46	2,01	1,57	0,94	1,48	17%	1,73
3	1,45	2,1	2,13	2,17	2,07	1,98	0,94	1,86	17%	2,18
4	7,17	7,35	7,26	7,1	7,45	7,27	0,94	6,83	17%	7,99
5	0,59	1,02	1,07	0,56	1,01	0,85	0,94	0,80	17%	0,93
6	9,02	9,26	9,45	9,49	9,11	9,27	0,94	8,71	17%	10,19
7	8,25	8,35	8,51	8,17	8,44	8,34	0,94	7,84	17%	9,18
8	2,33	2,09	2,29	2,52	2,55	2,36	0,94	2,21	17%	2,59
9	1,11	1,36	1,31	1,46	1,22	1,29	0,94	1,21	17%	1,42
10	1,17	1,25	1,39	1,23	1,11	1,23	0,94	1,16	17%	1,35
TOTAL(min.)	33,67	35,40	36,29	35,61	36,19	35,43		33,31		38,97

5.2.2.1.2. Estudio de tiempos de proceso de ensamble.

Tabla 5.9 Cálculo del tiempo estándar del proceso de ensamble actual

PROCESO: ENSAMBLE								
ACTIVIDADES:								
1	REVISIÓN DE COMPONENTES			5	POSICIONAMIENTO DE PIEZAS			
2	ORGANIZACIÓN DEL ÁREA			6	UNIÓN DE COMPONENTES			
3	REVISIÓN DE PLANOS O DISEÑOS			7	CORRECCIÓN POR DEFECTOS			
4	CONFIGURACIÓN DE EQUIPO			8	ACABADO			
ESTUDIO DE TIEMPOS								
CÁLCULO DE TIEMPOS ACTUAL (MINUTOS)								
N°	MUESTRAS			TIEMPO PROMEDIO	FACTOR DESEMPEÑO	TIEMPO NORMAL	S	TIEMPO ESTÁNDAR
	1	2	3					
1	4,16	5,11	4,35	4,54	0,94	4,27	15%	4,91
2	1,25	1,55	1,31	1,37	0,94	1,29	15%	1,48
3	2,17	2,56	2,48	2,40	0,94	2,26	15%	2,60
4	2,11	2,45	2,22	2,26	0,94	2,12	15%	2,44
5	2,45	3,13	3,05	2,88	0,94	2,70	15%	3,11
6	20,01	20,25	20,17	20,14	0,94	18,93	15%	21,77
7	8,12	8,16	8,45	8,24	0,94	7,75	15%	8,91
8	4,15	4,37	4,20	4,24	0,94	3,99	15%	4,58
TOTAL(min.)	44,42	47,58	46,23	46,08		43,31		49,81

5.2.2.1.3. Estudio de tiempos de proceso de pintado.

Tabla 5.10 Cálculo del tiempo estándar del proceso de pintado actual

PROCESO: PINTADO								
ACTIVIDADES:								
1	ORDEN DE TRABAJO	5	SECADO (1)			9	ENTREGA FINAL	
2	PREPARACIÓN DE LA PIEZA	6	PINTADO			10	LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS	
3	PREPARACIÓN DEL MATERIAL DE LA PINTURA	7	SECADO (2)					
4	APLICACIÓN DE LA CAPA BASE	8	INSPECCIÓN DEL ACABADO DE LA PINTURA					
Cálculo de tiempos actual (minutos)								
N°	MUESTRAS			TIEMPO PROMEDIO	FACTOR DESEMPEÑO	TIEMPO NORMAL	S	TIEMPO ESTANDAR
	1	2	3					
1	2,11	2,32	2,36	2,26	0,94	2,13	15%	2,45
2	5,45	6,35	5,25	5,68	0,94	5,34	15%	6,14
3	6,23	6,35	6,51	6,36	0,94	5,98	15%	6,88
4	15,22	15,57	15,37	15,39	0,94	14,46	15%	16,63
5	9,56	9,58	10,01	9,72	0,94	9,13	15%	10,50
6	30,32	30,35	31,2	30,62	0,94	28,79	15%	33,10
7	20,1	21,25	20,47	1,27	0,94	1,20	15%	1,38
8	1,21	1,25	1,36	20,61	0,94	19,37	15%	22,28
9	4,29	4,52	4,34	4,38	0,94	4,12	15%	4,74
10	5,55	5,43	5,39	5,46	0,94	5,13	15%	5,90
TOTAL(min.)	100,04	102,97	102,26	101,76		95,65		110,00

5.2.3. Tercera actividad. - Calculo de la eficiencia y productividad actual

5.2.3.1. Eficiencia actual

Una vez calculados el tiempo normal y el tiempo estándar de los tres subprocesos: corte, ensamble y pintura, se procede a determinar la eficiencia de cada uno. Posteriormente, se utiliza la fórmula de eficiencia general para calcular la eficiencia total del proceso.

En la ecuación 5.4 se muestra la fórmula para calcular la eficiencia y en la Tabla 5.11 se presenta los cálculos de la eficiencia actual de cada proceso.

Formula de eficiencia:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo real}}{\text{Tiempo estándar}} \cdot 100 \quad (5.4)$$

Tabla 5.11 Calculo de la eficiencia actual de los procesos productivos

PROCESO	CÁLCULO DE LA EFICIENCIA	EFICIENCIA %
CORTE	$\text{Eficiencia} = \frac{33,31 \text{ min}}{38,97 \text{ min}} \cdot 100$	85,48 %
ENSAMBLE	$\text{Eficiencia} = \frac{43,31 \text{ min}}{49,81 \text{ min}} \cdot 100$	86,95%
PINTADO	$\text{Eficiencia} = \frac{95,65 \text{ min}}{110,00 \text{ min}} \cdot 100$	86,95%

A continuación, se procede a calcular la eficiencia general de los procesos, aplicando la fórmula correspondiente para determinar su desempeño general.

$$\text{Tiempo actual total} = 33,31 + 43,31 + 95,65 = 172,27 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo estándar total} = 38,97 + 49,81 + 110 = 198,78 \text{ min}$$

$$\text{Eficiencia general} = \frac{\text{Tiempo actual total}}{\text{Tiempo estándar total}} \cdot 100$$

$$\text{Eficiencia general} = \frac{172,27 \text{ min}}{198,78 \text{ min}} \cdot 100 = \mathbf{86,66\%}$$

5.2.3.1. Productividad actual

Una vez calculados el tiempo normal y el tiempo estándar de los tres subprocesos: corte, ensamble y pintura, se procede a determinar la productividad de cada uno. Posteriormente, se utiliza la fórmula de productividad general para calcular la productividad total del proceso.

En la ecuación 5.5 se presenta la fórmula para calcular la productividad y en la Tabla 5.12 se presenta los cálculos de la productividad actual de cada proceso.

Formula de productividad:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas (T.promedio)}}{\text{Entradas (T.estándar)}} \quad (5.5)$$

Tabla 5.12 Cálculo de la productividad actual

PROCESO	CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD	PRODUCTIVIDAD
CORTE	Productividad = $\frac{35,43 \text{ (T.promedio)}}{38,97 \text{ (T.estándar)}}$	0,91
ENSAMBLE	Productividad = $\frac{46,08 \text{ (T.promedio)}}{49,81 \text{ (T.estándar)}}$	0,93
PINTADO	Productividad = $\frac{101,76 \text{ (T.promedio)}}{110,00 \text{ (T.estándar)}}$	0,93

$$\text{Productividad general} = \frac{\text{Productividad 1} + \text{Prod. 2} + \text{Prod. 3} + \text{Prod. 4}}{n}$$

$$\text{Productividad general} = \frac{0,91 + 0,93 + 0,93}{3} = \mathbf{0.92}$$

5.2.4. Cuarta actividad. - Proponer una mejora en los tiempos productivos.

5.2.4.1. Subproceso de corte

Mediante el estudio de tiempos del método de trabajo actual, se identificaron diversos problemas recurrentes en el proceso de corte. Estos problemas retrasan las operaciones y, como consecuencia, disminuyen la eficiencia y productividad.

En el proceso manteniendo la misma cantidad de trabajadores, se ejecutaron algunos cambios significativos. Se decidió combinar los siguientes subprocesos para mejorar la eficiencia y productividad:

- Selección de material a cortar.
- Selección de herramientas.
- Marcado del material.
- Fijación del material.

- Corte
- Medición del corte realizado en la pieza.

En este proceso se optimizará el tiempo de ejecución del corte mediante la propuesta de una zona organizada. Esto implica que las herramientas, materiales y maquinarias necesarias estén ubicadas cerca unas de otras, facilitando su acceso y uso durante el desarrollo del proceso.

A continuación, en la Tabla 5.13, se detalla el cuadro de los subprocesos actuales y el propuesto.

Tabla 5.13 Subproceso actual & subproceso propuesto del proceso de corte

SUBPROCESOS	
ACTUAL	PROPUESTO
1. Análisis del plano	1. Análisis del plano
2. Selección de material a cortar	2. Selección del material a cortar y herramientas.
3. Selección de herramientas	
4. Marcado del material	3. Marcado y fijación del material
5. Fijación del material	
6. Corte	4. Corte y Medición
7. Medición del corte realizado en la pieza	
8. Corrección de defectos	5. Corrección de defectos
9. Traslación de material al área del ensamble.	6. Traslación de material al área del ensamble.
10. Limpieza de la mesa de trabajo	7. Limpieza de la mesa de trabajo

5.2.4.2. Cálculo del tiempo estándar propuestos del proceso de corte

Tabla 5.14 Cálculo del tiempo estándar propuesto del proceso de corte propuesto

PROCESO: CORTE										
ACTIVIDADES:										
1	ANÁLISIS DEL PLANO				5	CORRECCIÓN DE DEFECTOS				
2	SELECCIÓN DE MATERIAL Y HERRAMIENTAS				6	TRASLADO DEL MATERIAL AL ÁREA DE ENSAMBLE				
3	MARCADO Y FIJACIÓN DEL MATERIAL				7	LIMPIEZA DE LA MESA DE TRABAJO				
4	CORTE Y MEDICIÓN									
ESTUDIO DE TIEMPOS										
CÁLCULO DE TIEMPOS PROPUESTO (MINUTOS)										
N°	MUESTRAS					TIEMPO PROMEDIO	FACTOR DESEMPEÑO	TIEMPO NORMAL	S	TIEMPO ESTANDAR
	1	2	3	4	5					
1	1,2	1,17	1,33	1,45	1,22	1,27	0,94	1,20	10%	1,32
2	2,09	2,11	2,14	2,21	2,15	2,14	0,94	2,01	10%	2,21
3	7,35	7,19	7,45	7,32	7,23	7,31	0,94	6,87	10%	7,56
4	14,17	14,35	14,26	14,1	14,45	14,27	0,94	13,41	10%	14,75
5	2,33	2,09	2,29	12,52	12,55	6,36	0,94	5,97	10%	6,57
6	1,11	1,36	1,31	1,46	1,22	1,29	0,94	1,21	10%	1,34
7	1,17	1,25	1,39	1,23	1,11	1,23	0,94	1,16	10%	1,27
TOTAL(min.)	29,42	29,52	30,17	40,29	39,93	33,87		31,83		35,02

5.2.4.1. Proceso de corte propuesto

En el proceso de corte se identifica las etapas que se realiza esta área se procede a cortar el material seleccionado con sus respectivas dimensiones utilizando las herramientas de acuerdo con el material seleccionado. En la Figura 5.14 se observa el proceso mejorado.

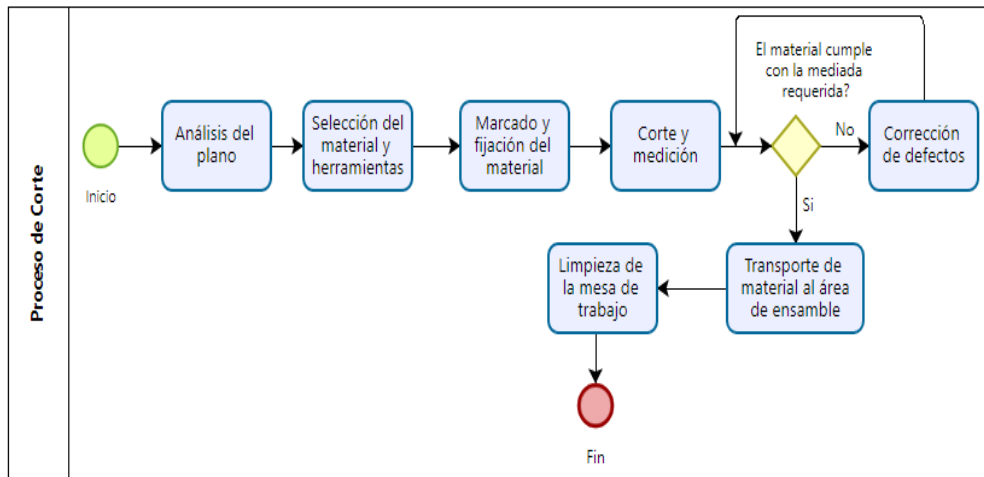


Figura 5.14 Diagrama de Flujo propuesto para el proceso de corte

5.2.4.1. Cursograma analítico propuesto de corte

El cursograma del proceso de corte evidencia la eliminación de tres actividades innecesarias, lo que permite aprovechar ese tiempo en otras tareas, optimizando así el tiempo de producción y mejorando la eficiencia del proceso. En la Figura 5.15 se detalla cómo se mejoró el tiempo total de las actividades de corte


				CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS PROPUESTO			
Hoja N°				Operario	Material	Equipo	
Actividad	Símbolo	Actual	Propuesto	Proceso	Área de corte		
Operación			3	Fecha			
Inspección			3	El estudio inicia:			
Transporte			1	Producto: Riel guía			
Almacenamiento				Método	Actual	Propuesto X	
Demora				Nombre del operario			
Total de actividades			7	Elaborado por: Quinaucho Miryan y Toapanta Keren			
Distancia total (m)							
Tiempo (min)			35,02				
N°	Descripción	Símbolo de proceso		Unidad	Distancia(m)	Tiempo(mi n)	Observaciones
1	Análisis del plano				1	1,32	
2	Selección del material a cortar y herramientas				2	2,21	
3	Marcado y fijación del material					7,56	
4	Corte y medición				1	14,75	
5	Corrección de defectos				1	6,57	
6	Traslado del material al área de ensamble				5	1,34	
7	Limpieza de la mesa de trabajo				2	1,27	
Tiempo total (minutos)					12	35,02	

Figura 5.15 Cursograma analítico propuesto de corte

5.2.4.2. Subproceso de ensamble

Mediante el estudio de tiempos del método de trabajo actual, se identificaron diversos problemas recurrentes en el proceso de ensamble. Estos problemas retrasan las operaciones y, como consecuencia, disminuyen la eficiencia y productividad.

En el proceso manteniendo la misma cantidad de trabajadores, se ejecutaron algunos cambios significativos. Eliminando movimientos innecesarios. Se decidió combinar los siguientes subprocesos para mejorar la eficiencia y productividad:

- Posicionamiento de piezas
- Unión de componentes (soldadura)

En este proceso se eliminarán los movimientos innecesarios, ya que el mismo trabajador encargado del corte será responsable de llevar el material terminado a la mesa de soldadura. De este modo, el trabajador del proceso de ensamble no necesitará trasladarse a otra mesa de trabajo fuera de su área designada, optimizando así el flujo de trabajo.

A continuación, en la Tabla 5.15, se detalla el cuadro de los subprocesos actuales y el propuesto.

Tabla 5.15 Subproceso actual y propuesto del proceso de ensamble

SUBPROCESOS	
ACTUAL	PROPUESTOS
1. Revisión de componentes	1. Revisión de componentes
2. Organización del área	2. Organización del área
3. Revisión de planos o diseños	3. Revisión de planos o diseños
4. Configuración de equipo	4. Configuración de equipo
5. Posicionamiento de piezas	5. Posicionamiento y unión de componentes
6. Unión de componentes	
7. Corrección por defectos	6. Corrección por defectos
8. Acabado	7. Acabado

5.2.4.3. Cálculo del tiempo estándar propuesto del proceso de ensamble

Tabla 5.16 Cálculo del tiempo estándar propuesto del proceso ensamble propuesto

PROCESO: ENSAMBLE								
ACTIVIDADES:								
1	REVISIÓN DE COMPONENTES	5	POSICIONAMIENTO Y UNIÓN DE COMPONENTES					
2	ORGANIZACIÓN DEL ÁREA	6	CORRECCIÓN POR DEFECTOS					
3	REVISIÓN DE PLANOS O DISEÑOS	7	ACABADO					
4	CONFIGURACIÓN DE EQUIPO							
ESTUDIO DE TIEMPOS								
CÁLCULO DE TIEMPOS PROPUESTO (MINUTOS)								
N°	MUESTRAS			TIEMPO PROMEDIO	FACTOR DESEMPEÑO	TIEMPO NORMAL	S	TIEMPO ESTANDAR
	1	2	3					
1	4,16	5,11	4,35	4,54	0,94	4,27	12%	4,78
2	1,25	1,55	1,31	1,37	0,94	1,29	12%	1,44
3	2,17	2,56	2,48	2,40	0,94	2,26	12%	2,53
4	2,11	2,45	2,22	2,26	0,94	2,12	12%	2,38
5	19,23	19,10	19,12	19,15	0,94	18,00	12%	20,16
6	8,12	8,16	8,45	8,24	0,94	7,75	12%	8,68
7	4,15	4,37	4,20	4,24	0,94	3,99	12%	4,46
TOTAL (min.)	41,19	43,30	42,13	42,21		39,67		44,44

5.2.4.4. Proceso de ensamble propuesto

En este proceso se realiza el ensamble de las piezas estas se realizan de dos maneras mediante empernado o soldadura, siguiendo el orden establecido para asegurar que las piezas se encajen correctamente como se observa en la Figura 5.16

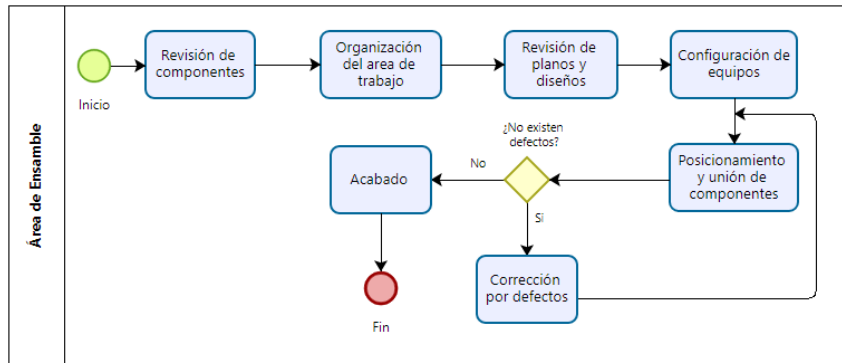


Figura 5.16 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de ensamble

5.2.4.1. Cursograma analítico propuesto del proceso de ensamble

En el cursograma analítico propuesto para el proceso, se integró la actividad de selección del material y las herramientas con el objetivo de estandarizar y mejorar la eficiencia de los procesos productivos. En la Figura 5.17 se detalla cómo va mejorando el tiempo total de las actividades.


				CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS			
Hoja N°				Operario	Material	Equipo	
Actividad	Símbolo	Actual	Propuesto	Proceso	Ensamble		
Operación			3	Fecha			
Inspección			3	El estudio inicia:			
Transporte				Producto: Riel guía			
Almacenamiento			1	Método	Actual	Propuesto X	
Demora							
Total de actividades			7	Nombre del operario			
Distancia total (m)			16	Elaborado por: Quinaucho Miryan y Toapanta Karen			
Tiempo (min)			44,43				
N°	Descripción	Símbolo de proceso		Unidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Observaciones
1	Revisión de componentes				1	4,78	
2	Organización del área de trabajo				2	1,44	
3	Revisión de planos y diseños				1	2,53	
4	Configuración del equipo				2	2,38	
5	Posicionamiento y unión de componentes				3	20,16	
6	Corrección por defectos				3	8,68	
7	Acabado				4	4,46	
Tiempo total (minutos)					16	44,43	

Figura 5.17 Cursograma analítico de ensamble propuesto

5.2.4.1. Subproceso de pintado

Mediante el estudio de tiempos del método de trabajo actual, se identificaron diversos problemas recurrentes en el proceso de pintado. Estos problemas retrasan las operaciones y, como consecuencia, disminuyen la eficiencia y productividad.

En el proceso manteniendo la misma cantidad de trabajadores, se ejecutaron algunos cambios significativos. Eliminando movimientos innecesarios. Se decidió combinar los siguientes subprocesos para mejorar la eficiencia y productividad:

- Preparación de la pieza
- Preparación del material de la pintura.
- Aplicación de la capa base.
- Secado (1)
- Pintado
- Secado (2)

En este proceso se minimizará el tiempo de ejecución en el subproceso de preparación de la pieza y preparación del material para pintura mediante la implementación de una caja organizada que contenga todos los materiales necesarios para la limpieza, como guaipe, desoxidante, entre otros, ubicada dentro del área de pintado.

Esto evitará que el trabajador tenga que desplazarse a la bodega en busca de dichos materiales, eliminando así movimientos innecesarios y optimizando la eficiencia del proceso.

Asimismo, la aplicación de la capa base con el primer secado y el pintado con el segundo secado se recomienda realizar en una misma área. Para evitar que se mueva el producto y tenga daños colaterales los trabajadores, por consiguiente, mejora la seguridad del proceso y aumenta la eficiencia operativa.

A continuación, en la Tabla 5.17, se detalla el cuadro de los subprocesos actuales y el propuesto.

Tabla 10 Subproceso actual y propuesto del proceso de pintado propuesto

SUBPROCESO	
ACTUAL	PROPUESTO
1. Orden de trabajo	1. Orden de trabajo
2. Preparación de la pieza	2. Preparación de la pieza y material de la pintura
3. Preparación del material de la pintura	
4. Aplicación de la capa base	3. Aplicación de la capa base y secado (1)
5. Secado (1)	
6. pintado	4. Pintado y Secado (2)
7. Secado (2)	
8. Inspección del acabado de la pintura	5. Inspección del acabado de la pintura
9. Entrega final	6. Entrega final
10. Limpieza de herramientas	7. Limpieza de herramientas

5.2.4.2. Cálculo del tiempo estándar propuesto del subproceso de pintado.

Tabla 5.17 Cálculo del tiempo estándar propuesto del proceso de pintado

PROCESO: PINTADO								
ACTIVIDADES:								
1. ORDEN DE TRABAJO			4. PINTADO Y SECADO (2)			7. LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS		
2. PREPARACIÓN DE LA PIEZA Y MATERIAL DE LA PINTURA			5. INSPECCION DEL ACABDO DE LA PINTURA					
3. APLICACIÓN DE LA CAPA BASE Y SECADO (1)			6. ENTREGA FINAL					
ESTUDIO DE TIEMPOS								
CALCULO DE TIEMPOS (MINUTOS)								
N°	MUESTRAS			TIEMPO PROMEDIO	FACTOR DESEMPEÑO	TIEMPO NORMAL	S	TIEMPO ESTANDAR
	1	2	3					
1	2,11	2,32	2,36	2,26	0,94	2,13	13%	2,40
2	10,45	10,35	10,42	10,41	0,94	9,78	13%	11,05
3	23,46	23,55	23,12	23,38	0,94	21,97	13%	24,83
4	47,17	47,2	47,28	47,22	0,94	44,38	13%	50,15
5	1,21	1,25	1,36	1,27	0,94	1,20	13%	1,35
6	4,29	4,52	4,34	4,38	0,94	4,12	13%	4,66
7	5,55	5,43	5,39	5,46	0,94	5,13	13%	5,80
TOTAL(min.)	94,24	94,62	94,27	94,38		88,71		100,25

5.2.4.1. Proceso de pintado propuesto

En este proceso de pintado en acero negro se realiza en pintura electrostática y esmalte de acuerdo con las características del material seleccionado dando cumplimiento a todas las actividades desde el principio hasta el producto terminado. En la Figura 5.18 se observa el flujo del trabajo.

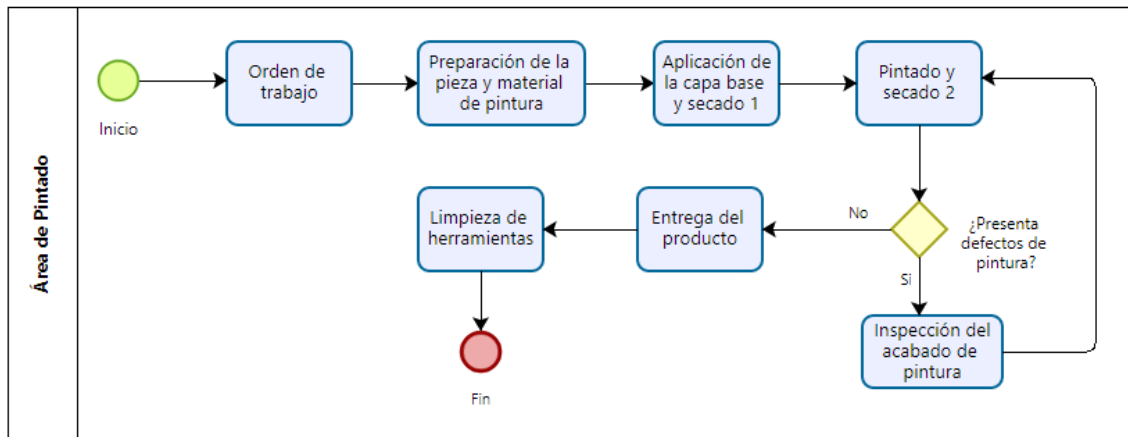


Figura 5.18 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de pintado

5.2.4.1. Cursograma analítico propuesto del proceso de pintura

En el cursograma propuesto, se unificaron tres actividades: la preparación del material y la pintura, dado que pueden realizarse en un mismo lugar, lo que permite optimizar el tiempo estándar y mejorar la productividad. En la Figura 5.19 se detalla las actividades mejorando el proceso.


				CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS					
Hoja N°				Operario	Material	Equipo			
Actividad	Símbolo	Actual	Propuesto	Proceso		Pintura			
Operación			4	Fecha					
Inspección			2	El estudio inicia:					
Transporte			1	Producto: Riel guía					
Almacenamiento				Método		Actual	Propuesto X		
Demora				Nombre del operario					
Total de actividades			7	Elaborado por: Quinuacho Miryan y Toapanta Karen					
Distancia total (m)			12						
Tiempo (min)			76,71						
Nº	Descripción			Símbolo de proceso		Unidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Observaciones
1	Orden de trabajo						1	2,45	
2	Preparación del material y pintura						2	6,14	
3	Aplicación de la capa base y secado 1						1	6,58	
4	Pintado y secado 2						1	16,56	
5	Inspección del acabado de pintura						1	10,5	
6	Entrega final						4	33,1	
7	Limpieza de herramientas						2	1,38	
Tiempo total em (minutos)							12	76,71	

Figura 5.19 Cursograma analítico de pintura presupuesto

5.2.4.2. Calcular la eficiencia y la productividad propuesta

5.2.4.3. Eficiencia propuesta

Una vez calculados nuevamente el tiempo normal y el tiempo estándar de los cuatro subprocesos propuestos que son: corte, ensamble y pintura, se procede a determinar la eficiencia de cada uno. Posteriormente, se utiliza la fórmula de eficiencia general para calcular la eficiencia total del proceso propuesto.

A continuación, en ecuación 5.4 se presenta la fórmula para calcular la eficiencia propuesta en la Tabla 5.18 se presenta los cálculos de la eficiencia propuesta de cada proceso.

Fórmula de eficiencia:

$$\text{Eficiencia propuesta} = \frac{\text{Tiempo real}}{\text{Tiempo estándar}} \cdot 100$$

Tabla 5.18 Eficiencia propuesta

PROCESO	CÁLCULO DE LA EFICIENCIA	EFICIENCIA % PROPUESTA
CORTE	$\text{Eficiencia} = \frac{31,83 \text{ min}}{35,02 \text{ min}} \cdot 100$	90,89%
ENSAMBLE	$\text{Eficiencia} = \frac{39,67 \text{ min}}{44,44 \text{ min}} \cdot 100$	89,27%
PINTADO	$\text{Eficiencia} = \frac{88,71 \text{ min}}{100,25 \text{ min}} \cdot 100$	88,48%

A continuación, se procede a calcular la eficiencia general de los procesos, aplicando la fórmula correspondiente para determinar su desempeño general.

$$\text{Tiempo propuesto total} = 31,83 + 39,67 + 88,71 = 160,21 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo estándar propuesto total} = 35,02 + 44,44 + 100,25 = 179,71 \text{ min}$$

$$\text{Eficiencia general} = \frac{\text{Tiempo actual total}}{\text{Tiempo estándar total}} \cdot 100$$

$$\text{Eficiencia general propuesta} = \frac{160,21 \text{ min}}{179,71 \text{ min}} \cdot 100 = \mathbf{89,14\%}$$

5.2.4.1. Incremento de la eficiencia actual y propuesta

Es necesario determinar la productividad actual y productividad propuesta de los procesos productivos de corte, ensamble y pintado. Al restar la productividad propuesta de la actual, se obtiene el incremento, que refleja las mejoras del proceso. En ecuación 5.6 se presenta la fórmula para calcular el incremento en la Tabla 5.19 se presenta los cálculos del incremento de cada proceso.

Fórmula del incremento:

$$\text{Incremento} = \text{Eficiencia Propuesta} - \text{Eficiencia Actual} \quad (5.6)$$

Tabla 5.19 Cálculo del incremento de la eficiencia

PROCESO	CÁLCULO DEL INCREMENTO	INCREMENTO
CORTE	Incremento = 90,89 – 85,48	5,41%
ENSAMBLE	Incremento = 89,27 – 86,95	2,32%
PINTADO	Incremento = 88,48 – 86,95	1,53%
GENERAL	Incremento = 89,14 – 88,66	2,78%

5.2.4.2. Eficiencia actual vs la eficiencia propuesta

La eficiencia general actual del proceso es del 88.66%, mientras que la eficiencia general propuesta tras la implementación de mejoras es del 89,14%. Esto representa una mejora significativa en el rendimiento del sistema. La reducción total de tiempo observada fue de 198,78 minutos a 179,71 minutos, lo que resulta en una disminución de 19,07 minutos, evidenciando una optimización efectiva en los tiempos de producción. A continuación, se presenta en la Tabla 5.20 el cuadro comparativo de la eficiencia actual vs la eficiencia propuesta.

Tabla 5.20 Cuadro comparativo de la eficiencia actual vs la eficiencia propuesta

SUBPROCESO	EFICIENCIA ACTUAL (%)	EFICIENCIA PROPUESTA (%)	INCREMENTO (%)
CORTE	85,48	90,89	5,41
ENSAMBLE	86,95	89,27	2,32
PINTADO	86,95	88,48	1,53
GENERAL	88,66	89,14	0,48

5.2.4.3. Productividad propuesta

Una vez calculados nuevamente el tiempo normal y el tiempo estándar de los cuatro subprocesos: corte, ensamble y pintura, se procede a determinar la productividad de cada uno. Posteriormente, se utiliza la fórmula de productividad general para calcular la productividad total del proceso. En la ecuación 5.4 se presenta la fórmula para calcular la productividad y en la Tabla 5.21 se presenta los cálculos de la productividad propuesta de cada proceso.

Formula de productividad:

$$\text{Productividad propuesta} = \frac{\text{Salidas (T. promedio)}}{\text{Entradas (T. estándar)}}$$

Tabla 5.21 Cálculo de la productividad propuesta

PROCESO	CÁLCULO DE PRODUCTIVIDAD	PRODUCTIVIDAD
CORTE	Productividad = $\frac{33,87 \text{ (T. promedio)}}{35,02 \text{ (T. estándar)}}$	0,97
ENSAMBLE	Productividad = $\frac{42,21 \text{ (T. promedio)}}{44,44 \text{ (T. estándar)}}$	0,95
PINTADO	Productividad = $\frac{94,38 \text{ (T. promedio)}}{100,25 \text{ (T. estándar)}}$	0,94

$$\text{Productividad general propuesta} = \frac{\text{Productividad 1} + \text{Prod. 2} + \text{Prod. 3} + \text{Prod. 4}}{n}$$

$$\text{Productividad general propuesta} = \frac{0,97 + 0,95 + 0,94}{3} = \mathbf{0.95}$$

5.2.4.4. Incremento de la productividad actual y propuesta

Para calcular el incremento se debe medir la productividad actual, y la productividad propuesta, entre estos valores se resta la productividad propuesta menos la productividad actual y se divide entre la productividad actual finalmente, al multiplicar por 100, se convierte este valor en un porcentaje que indica el nivel de incremento en productividad alcanzado con las mejoras. En la ecuación 5.7 se presenta la fórmula para calcular el incremento y en la Tabla 5.22 se presenta los cálculos del incremento de cada proceso.

Fórmula del incremento:

$$\text{Incremento} = \left(\frac{\text{Productividad Propuesta} - \text{Productividad Actual}}{\text{Productividad Actual}} \right) \cdot 100 \quad (5.7)$$

Tabla 5.22 Cálculo del incremento de la productividad

PROCESO	CÁLCULO DEL INCREMENTO	INCREMENTO
CORTE	$\text{Incremento} = \left(\frac{0,97 - 0,91}{0,91} \right) \cdot 100$	6,59%
ENSAMBLE	$\text{Incremento} = \left(\frac{0,95 - 0,93}{0,93} \right) \cdot 100$	2,15%
PINTADO	$\text{Incremento} = \left(\frac{0,94 - 0,93}{0,93} \right) \cdot 100$	1,08%
GENERAL	$\text{Incremento} = \left(\frac{0,95 - 0,92}{0,92} \right) \cdot 100$	3,26%

La productividad general del proceso mejoró de 0.92 a 0.95, representando un incremento del 3,26%. El subproceso con mayor mejora fue corte, con un aumento del 6,59%, seguido por ensamble, y pintado, que alcanzaron cada uno una productividad de 0.95. Estas mejoras reflejan un uso más eficiente de los recursos y un desempeño optimizado en todas las etapas del proceso. En la Tabla 5.23 se refleja el cuadro comparativo de la productividad actual vs la productividad propuesta.

Tabla 5.23 Cuadro comparativo de la productividad actual y propuesta

SUBPROCESO	PRODUCTIVIDAD ACTUAL	PRODUCTIVIDAD PROPUESTA	INCREMENTO (%)
CORTE	0.91	0.97	6,59
ENSAMBLE	0.93	0.95	2,15
PINTADO	0.93	0.94	1,08
GENERAL	0.92	0.95	3,26

5.3. Capacidad de producción actual vs la propuesta

En la situación actual, la capacidad de producción diaria es de 27 unidades, limitada principalmente por los tiempos estándar elevados en los procesos de pintura 110 minutos y ensamble 49,81 minutos. Es necesario reducir los tiempos en estas áreas para mejorar la eficiencia general del sistema. En la Tabla 5.24 se evidencia la capacidad actual.

Tabla 5.24 Capacidad actual

ACTUAL			
PROCESO	TE	UNID/DÍA	UNID PRODUCIDAS
CORTE	38,97	1,54	12,32
ENSAMBLE	49,81	1,20	9,64
PINTURA	110	0,55	4,36
TOTAL, UNID/DÍA			26,32

Con la implementación de la propuesta de optimización, la capacidad de producción diaria se incrementa a 30 unidades, debido a la disminución de los tiempos estándar, particularmente en las áreas de pintura 100,25 y ensamblaje 44,44. El resultado refleja un procedimiento de producción más equilibrado y eficiente. A continuación, se evidencia en la Tabla 5.25 la capacidad propuesta.

Tabla 5.25 Capacidad propuesta

PROPUESTA			
PROCESO	TE	UNID/DÍA	UNID PRODUCIDAS
CORTE	35,02	1,71	13,71
ENSAMBLE	44,44	1,35	10,80
PINTURA	100,25	0,60	4,79
TOTAL, UNID/DÍA			29,30

La optimización propuesta genera un incremento de 3 unidades diarias, pasando de 27 a 30 unidades/día, lo que representa una mejora en capacidad de producción. En consecuencia, refleja la disminución de los tiempos estándar en los procesos necesarios obteniendo un resultado favorable en consecuencia del proyecto. En la Tabla 5.26 se refleja la optimización obtenida en unidades producidas por día.

Tabla 5.26 Mejoramiento de la producción

MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN	
UND ACTUAL	27
UND PROPUESTA	30
OPT	3

5.4. RESULTADOS OBTENIDOS EN BASE AL TERCER OBJETIVO

5.4.1. Primera actividad. Diagramación de los procesos de trabajo

La elaboración de áreas desarrolladas en FlexSim es una herramienta necesaria para elaborar el flujo de trabajo y la estructuración de las áreas en un proceso productivo. En los procesos de corte, ensamblaje y pintura, una interpretación adecuada dentro del software permite asemejar las áreas de mejora y distribución de los espacios, disminuir los tiempos de movilización y optimizando la sucesión de las operaciones de los trabajadores de la empresa SERSOLEM. Este guía facilita la identificación de cuellos de botella, mejorando la retribución de recursos y incrementa la productividad en general. Al diagramar estos espacios en FlexSim, es válido simular varios escenarios y valorar los cambios en la distribución inquietan el proceso, generando cargos más eficientes. Como se refleja en la Figura 5.20

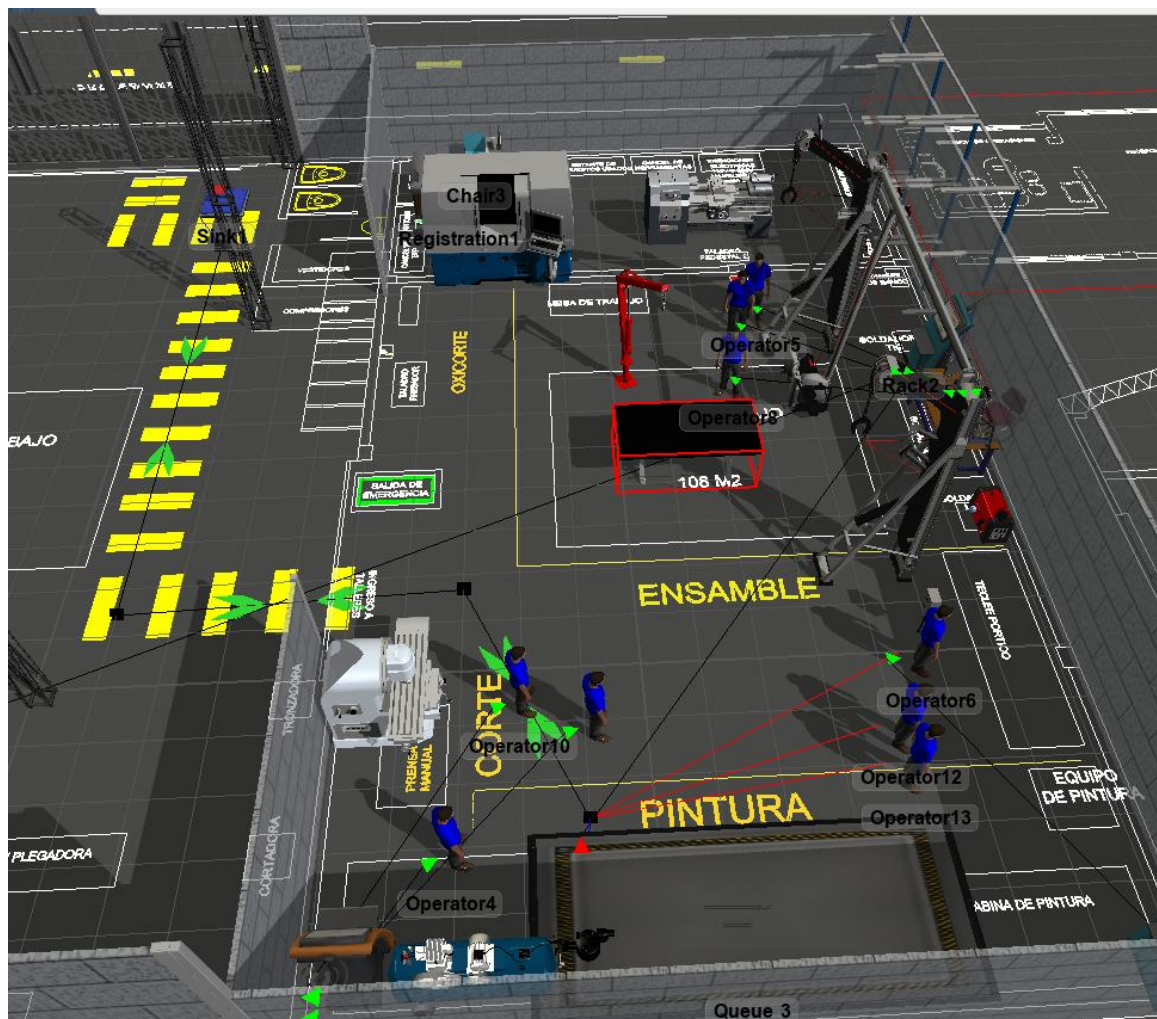


Figura 5.20 Diagramación de proceso productivos

5.4.2. Segunda actividad. - Simular el desarrollo de actividades mediante tiempos estandarizados.

Para la simulación mediante los tiempos estándares (Tiempo de ciclo) de cada proceso se realizó una escala de 10 minutos es igual a 1 segundo, por ende, los tiempos para la herramienta FlexSim. En la Tabla 5.26 se refleja tiempo estándar (min) y tiempo escala (seg).

Tabla 5.27 Tiempo estándar (min) y Tiempo escala (seg)

N	Proceso	Tiempo Estándar (min)		Tiempo Escala (seg)	
		Actual	Propuesto	Actual	Propuesto
1	CORTE	38,97	35,02	3,897	3,502
2	ENSAMBLE	49,81	44,44		4,444
3	PINTADO	110	100,25	11,000	10,025
TOTAL		198.78	179.71	19,878	17,971

Para comenzar la simulación en FlexSim, es necesario contar con el layout de la empresa, el cual debe incluir medidas precisas. Este layout es la base sobre la cual se construye toda la simulación, asegurando que cada detalle refleje fielmente las dimensiones y distribución del espacio real. Como se muestra en la Figura 5.21

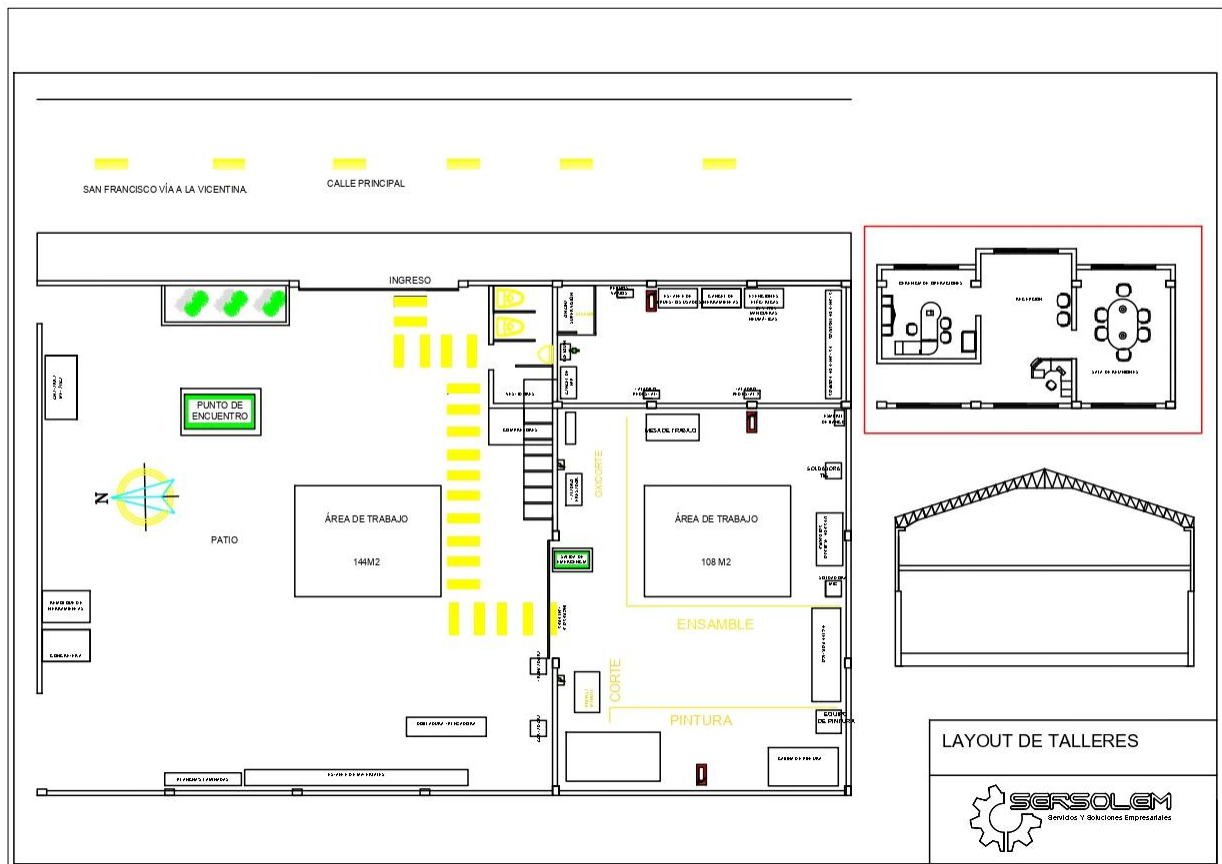


Figura 5.21 Layout de la empresa

Consideración de jornada laboral

Para la simulación tanto del tiempo actual como propuesto se tomó en cuenta la jornada laboral de 8 horas equivalentes a 480 minutos diarios, durante los 5 días laborables de la empresa, en la Figura 5.22, se muestra la configuración del horario de trabajo.

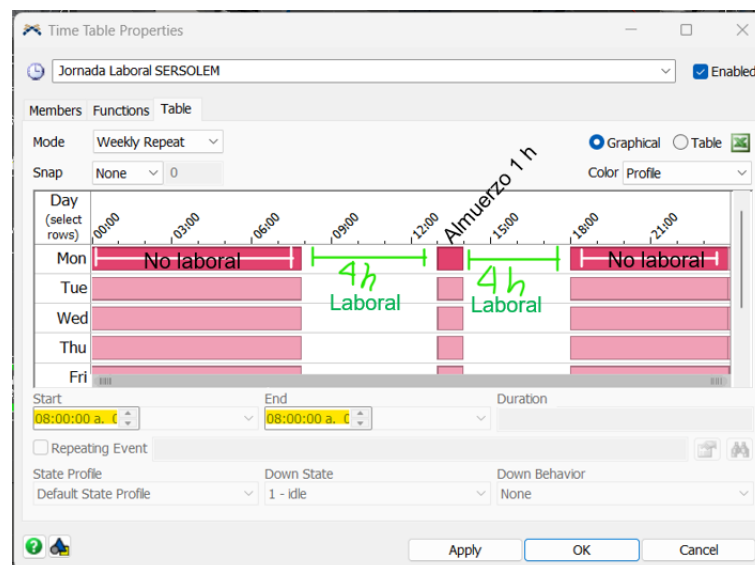


Figura 5.22 Configuración de jornada laboral

Posteriormente se configura el número de mercadería (aceros), que ingresa al área para ser procesada, en nuestro caso es de 100 unidades como se muestra en la Figura 5.23. Cabe destacar que el valor exacto de mercadería ingresa es restringido, por ende, se realiza una estimación basada en la observación y preguntas sobre cuántas unidades son recibidas semanalmente, lo que se pudo recopilar es que mensualmente se reciben 500 unidades de aceros, esto quiere decir que al día llegan 100 unidades promedio.

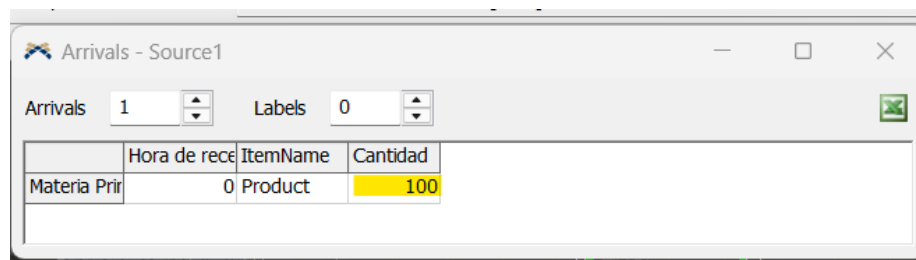


Figura 5.23 N° de unidades que ingresan

A continuación, se desarrolla el flujo de proceso del área, donde se detalla cada subproceso y sus actividades dentro del sistema productivo, como se muestra en la Figura 5.24. Esta parte es

fundamental, ya que simulación incorrecta de cualquier subproceso podría afectar la precisión del resultado final, impidiendo el cumplimiento del objetivo de la simulación.

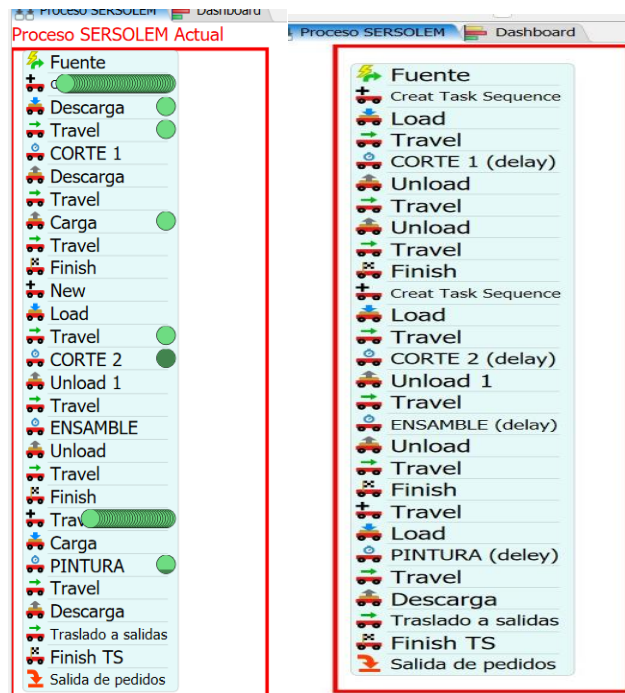


Figura 5.24 Modelado del flujo del proceso

La simulación comienza con los operarios encargados de recoger la materia prima para el proceso de corte. Como se muestra en la Figura 5.25.



Figura 5.25 Proceso de corte

Durante el proceso de corte, la materia prima es llevado al proceso de ensamblaje, donde se prepara para realizar los subprocesos respectivos, como se refleja en la Figura 5.26

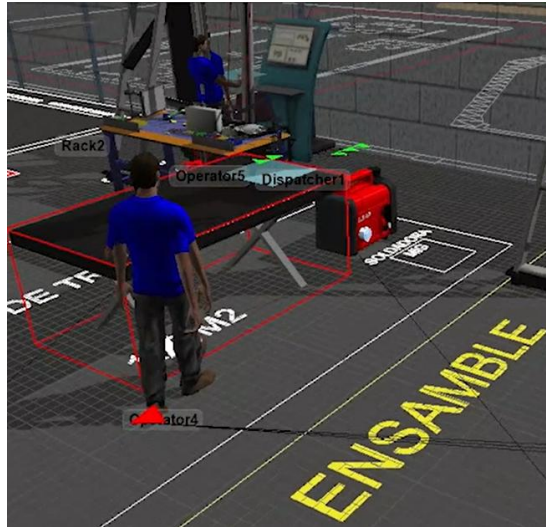


Figura 5.26 Proceso de ensamble

Después de que se realiza el proceso de ensamblaje, el material se envía a la zona de pintura, donde se prepara cuidadosamente para garantizar una aplicación homogénea, como se refleja en la Figura 5.27.



Figura 5.27 Proceso de ensamble

Y, por último, se obtiene el producto final y se entrega al cliente, que asegura que se implemente bajo los requisitos y parámetros de calidad establecidos, como se refleja en la Figura 5.28



Figura 5.28 Producto terminado

Como resultado de la simulación elaborada en FlexSim, proporciona un nuevo impacto significativo que genera un aumento de 3 unidades en la producción, pasando de 27 a 30. Este resultado demuestra una eficiencia optimizada en relación al enfoque experimental. Los datos actuales del proceso fueron recopilados en un estudio de tiempos y la solicitud mejorada fue probada en un entorno simulado con estudios de tiempos de la propuesta.

5.5. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Diferencia del tiempo actual y propuesto

La Tabla 5.28 muestra una comparación entre los valores actuales y propuestos de diferentes indicadores en tres procesos de producción: corte, ensamble y pintado. Se analizan el tiempo estándar, la eficiencia, la productividad y la capacidad de producción en unidades. Los datos reflejan mejoras en todos los aspectos tras la implementación de cambios, con reducciones en el tiempo estándar y aumentos en eficiencia, productividad y capacidad de producción.

Tabla 5.28 Valores actuales y propuestos

N	Proceso	Tiempo Estándar (min)		Eficiencia (%)		Productividad		Cap. de producción (und)	
		Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto
1	CORTE	38,97	35,02	85,48	90,89	0,91	0,97	13	14
2	ENSAMBLE	49,81	44,44	86,96	89,27	0,93	0,95	10	11
3	PINTADO	110	100,25	86,95	88,48	0,93	0,94	4	5
TOTAL		198,78	179,71	86,66	89,14	0,92	0,95	27	30

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL PROYECTO

6.1. Conclusiones

- El diagnóstico del proceso productivo en la empresa SERSOLEM permitió reconocer los procesos que intervienen en área de producción que son corte, ensamble y pintado. Con esta información se reconocieron las actividades involucradas, lo que ayudó a identificar posibles áreas de mejora. Posteriormente, se realizó un levantamiento de datos detallado para detectar problemas específicos que pudieran impactar en la eficiencia y productividad de la empresa.
- La estandarización de los procesos en SERSOLEM permitió reducir la variabilidad en los tiempos de producción, logrando una disminución total de 19,07 minutos. Como resultado la eficiencia general mejoró de 88,66% a 89,14%, con mejoras específicas del 5,41% en corte, 2,32% en ensamble y 1,53% en pintura. Además, la productividad se incrementó un 3,26% y la capacidad de producción aumentó de 27 a 30 unidades logrando un proceso más ágil, eficiente y con mejor aprovechamiento de los recursos.
- La comprobación del tiempo total de ciclo y aumento de la productividad de los procesos productivos se realizó mediante la herramienta FlexSim, utilizando la simulación de un escenario en condiciones normales. Los datos obtenidos permitieron verificar la validez del estudio de tiempos y la propuesta de mejora.

6.2. Recomendaciones

- El uso de sistemas de monitoreo en tiempo real para supervisar los tiempos de producción y detectar posibles cuellos de botella de manera inmediata. Esto permitiría tomar decisiones correctivas con mayor rapidez y mantener la estabilidad en la eficiencia del proceso.
- Para asegurar que las mejoras realizadas se mantengan y desarrollen, es fundamental realizar capacitaciones periódicas para el personal involucrado en la producción. Esto garantizará el correcto uso de las herramientas y la aplicación de mejores prácticas en cada etapa del proceso.
- Seguir utilizando herramientas como FlexSim para realizar simulaciones periódicas del sistema productivo. Esto permitirá evaluar nuevos escenarios de optimización y ajustar estrategias de producción.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] O. Prieto, «TRabajo fin de grado,» 2023. [En línea].
- [2] C. A. Flores Cadena, Optimizacion de los indicadores de productividad de los procesos de manufactura de una empresa lactea mediante la simulacion de FlexSim integrado la filosofia Lean Manufacturing, Universidad Tecnica de Ambato, Facultad de Ingenieria en Sistemas, Electronica e Industrial , 2021.
- [3] O. E. Asaquibay Rigcha y E. A. Orellana Lozano , Propuesta de optimizacion de mejora de la distribucion de planta para un taller mecanico en la ciudad de Guayaquil, Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador/ Carrera de Ingenieria Industrial, 2021.
- [4] L. M. Novillo Lopez, Estandarización de los procesos productivos en la empresa INDUPALETS CIA.LTDA, Universidad Nacional de Chimborazo/ Facultad de Ingeniería , 2019.
- [5] L. A. Salazar Guadalupe , «DSpace ESPOCH,» 22 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19029>.
- [6] J. J. C. Caymacho Morales y C. A. Mendoza Morales , Estandarizacion de los procesos para la mejora de la productividad en la linea de ensamble de una empresa fabricante de tuberias automotrices, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingenieria , 2019.
- [7] H. B. Guano Cando y C. R. Moposita Maiquiza , ESTUDIO DE TIEMPOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCION EN LA EMPRESA FUNDYMEC, Universidad Tecnica de Cotopaxi/ Ingenieria Industrial, 2022.
- [8] M. V. Castellano Travez, Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento del proceso productivo en la empresa BALANVALLE CIA.TLDA, Facultad de Ingenieria/Sistemas Electronica e Industrial, 2023.
- [9] L. V. Barrera Cabezas , ESTANDARIZACION DEL PROCESO DE PRODUCCION DE AFRECHO TIPO A Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA MOLINOS SAN JOSÉ, AMBATO, Universidad Nacional de Chimborazo/Facultad de Ingenieria Industrial, 2019.

- [10] M. Bidarte, «Sistemas ERP y estandarización de procesos,» *Mundonova*, vol. III, n° 23, pp. 99-101, 2023.
- [11] J. H. y. B. Render, «Principios de administración de operaciones,» de *Pearson Educación*, 12, 2021.
- [12] B. W. Niebel y A. Freivalds, *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*, México: McGraw-Hill, 2019.
- [13] R. O. Bello Parra, C. Parra Ferié y M. J. Valarezo Molina, «Diseño de un procedimiento para la estandarización de procesos en empresas agroproductivas como vía de incremento de su competitividad,» *Revista Episteme*, vol. 10, n° 2, pp. 234-248, 2023.
- [14] B. Niebel y A. Freivalds, *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*, vol. 12, Mexico: McGraw-Hill, 2019.
- [15] J. L. García-Alcaraz, A. Maldonado-Macías y G. Cortes-Robles, «Lean Manufacturing: Herramientas, Casos de Éxito y Aplicaciones,» *México: Pearson*, vol. 1ra , 2018.
- [16] J. Welch y S. Welch, *Winning: El arte de competir*, Barcelona: Ediciones Urano, 2021.
- [17] M. Groover, «Diseño y análisis de sistemas de manufactura,» Pearson, 2023.
- [18] F. W. Taylor, «Los Principios de la Administración Científica,» Harper & Brothers, 2015.
- [19] A. M, «Estudio de Tiempos: Valoración del Ritmo del Trabajo,» 13 agosto 2016. [En línea]. Available: <https://lawebdelingenieroindustrial.blogspot.com/2016/08/estudio-de-tiempos-valoracion-del-ritmo.html>. [Último acceso: 22 diciembre 2024].
- [20] R. O. Bello Parra, C. Parra Ferié y M. J. Valarezo Molina, «Diseño de un procedimiento para la estandarización de procesos en empresas agroproductivas como vía de incremento de su competitividad,» de *Revista Episteme*, 2023, pp. 234-248.
- [21] M. P. Groover, *Diseño y análisis de sistemas de manufactura*, Person.
- [22] J. M. P. Álvarez, *Gestión por procesos y riesgo operacional*, AENOR, 2017.
- [23] J. Martínez, *Análisis de Tiempos para la Mejora de la Productividad,* Madrid: Alfaomega, 2017.

- [24] S. Nahmias y T. Cheng, Producción y Operaciones: Análisis y Contro, Mexico: McGraw-Hill, 2021.
- [25] E. Banks y P. Carson, Simulación de Procesos con FlexSim: Aplicaciones y casos de estudio, España: Editorial Paraninfo, 2018.
- [26] M. Hernández y J. Barrera, «Simulación de procesos industriales: Modelado y optimización de sistemas productivos,» *McGraw-Hill*, vol. III, 2019.
- [27] A. E. Gómez, Introducción a la simulación de procesos: Teoría y aplicaciones, Ediciones Pirámide, 2021.
- [28] A. López y M. Rodríguez, Gestión de la producción y simulación de sistemas, Editorial Pearson, 2021.
- [29] M. G. y. F. Pérez, Herramientas computacionales en la mejora de procesos industriales: FlexSim y otros simuladores, Editorial Reverté, 2022.
- [30] C. Giani, «Diagrama de Flujos,» 15 12 2024. [En línea]. Available: <https://concepto.de/diagrama-de-flujo/>. [Último acceso: 22 01 2025].
- [31] D. Betancourt, «El cursograma: Herramienta del ingeniero industrial.,» 09 06 2016. [En línea]. Available: www.ingenioempresa.com/cursograma.. [Último acceso: 22 01 2025].
- [32] M. E. T. PILICITA, «INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD,» julio 2018. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19610/1/CD-9013.pdf>. [Último acceso: 10 01 2025].
- [33] M. A. D. Martínez, «Simulación Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba,» 11 abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/614/61458109002/html/>. [Último acceso: 28 diciembre 2024].

ANEXOS

ANEXO A. Justificación del cálculo de numero de muestras del proceso de corte ensamble y pintado.

Una vez registrados los tiempos cronometrados para cada subproceso que forma parte del proceso de diseño, corte, ensamble y pintado, se procede a calcular la media aritmética y la desviación estándar (S) de cada subproceso. Con estos datos, se calculan los límites de control superior (LCS) e inferior (LCI), los cuales servirán para verificar si las muestras obtenidas se encuentran dentro o fuera de dichos límites. Si los datos se encuentran fuera de los límites, se procederá a sustituirlos por nuevos tiempos cronometrados, los cuales se presentan en la Tabla A-1

Tabla A-1 Cálculo para la asignación de los límites de control

PROCESO DE CORTE								
MUESTRAS					MEDIA	DS	R	R/X
1,2	1,17	1,33	1,45	1,22	1,27	0,12	1,39	1,16
1,38	1,45	1,55	1,46	2,01	1,57	0,25	1,82	1,32
1,45	2,1	2,13	2,17	2,07	1,98	0,30	2,28	1,68
7,17	7,35	7,26	7,1	7,45	7,27	0,14	7,41	7,13
0,59	1,02	1,07	0,56	1,01	0,85	0,25	1,10	0,60
9,02	9,26	9,45	9,49	9,11	9,27	0,21	9,47	9,06
8,25	8,35	8,51	8,17	8,44	8,34	0,14	8,48	8,21
2,33	2,09	2,29	2,52	2,55	2,36	0,19	2,54	2,17
1,11	1,36	1,31	1,46	1,22	1,29	0,13	1,43	1,16
1,17	1,25	1,49	1,23	1,11	1,25	0,14	1,39	1,11
PROCESO DE ENSAMBLE								
MUESTRAS					MEDIA	DS	R	R/X
4,16	5,11	4,35	4,56	5,05	4,65	0,42	5,07	4,22
1,25	1,55	1,31	1,29	1,45	1,37	0,13	1,50	1,24
2,17	2,56	2,48	2,52	2,41	2,43	0,15	2,58	2,27
2,11	2,45	2,22	2,39	2,47	2,33	0,16	2,48	2,17
2,45	3,13	3,05	3,15	3,09	2,97	0,30	3,27	2,68
20,01	20,25	20,17	20,13	20,2	20,15	0,09	20,24	20,06
8,12	8,16	8,45	8,33	8,41	8,29	0,15	8,44	8,15
4,15	4,37	4,20	4,36	4,4	4,30	0,11	4,41	4,18
PROCESO DE PINTADO								
MUESTRAS					MEDIA	DS	R	R/X
2,11	2,32	2,36	2,21	2,41	2,28	0,12	2,40	2,16
5,45	6,35	5,25	5,35	5,48	5,58	0,44	6,02	5,13
6,23	6,35	6,51	6,49	6,39	6,39	0,11	6,51	6,28
15,22	15,57	15,37	15,42	15,43	15,40	0,13	15,53	15,28

9,56	9,58	10,01	9,49	9,53	9,63	0,21	9,85	9,42
30,32	30,35	31,2	31,25	30,55	30,73	0,46	31,19	30,28
1,21	1,25	1,36	1,29	1,37	1,30	0,07	1,37	1,23
20,1	21,25	20,47	20,53	20,56	20,58	0,42	21,00	20,17
4,29	4,52	4,34	4,21	4,55	4,38	0,15	4,53	4,23
5,55	5,43	5,39	5,45	5,13	5,39	0,16	5,55	5,23

Una vez reemplazados los datos que se encontraban fuera de los límites de control, se calcula nuevamente la media aritmética y la desviación estándar del proceso de corte. Con estos nuevos datos, se identifica el valor con la mayor desviación estándar(R/X). En nuestro caso, se utiliza el valor 0.16, ya que presenta la mayor desviación estándar entre los subprocessos. Este valor se indica que el número de muestras es igual a 4 según la Tabla 38. En el siguiente paso, consiste en determinar el número de observaciones necesarias para cronometrar en los procesos en la Tabla A.2. se indica el número de observaciones.

Tabla A-2 cálculo de número de observaciones en el corte

PROCESO DE CORTE									
MUESTRAS					MEDIA	DS	R	R/X	
1,2	1,17	1,33	1,37	1,22	1,26	0,09	0,2	0,16	
1,38	1,45	1,55	1,46	1,36	1,44	0,08	0,19	0,13	
2,18	2,1	2,13	2,17	2,07	2,13	0,05	0,11	0,05	
7,17	7,35	7,26	7,15	7,39	7,26	0,11	0,24	0,03	
1,03	1,02	1,07	1,05	1,01	1,04	0,02	0,06	0,06	
9,08	9,26	9,45	9,43	9,11	9,27	0,17	0,37	0,04	
8,25	8,35	8,43	8,26	8,44	8,35	0,09	0,19	0,02	
2,33	2,22	2,29	2,52	2,43	2,36	0,12	0,3	0,13	
1,23	1,36	1,31	1,42	1,22	1,31	0,09	0,20	0,15	
1,17	1,25	1,15	1,23	1,11	1,18	0,06	0,14	0,12	

Una vez reemplazados los datos que se encontraban fuera de los límites de control, se calcula nuevamente la media aritmética y la desviación estándar del proceso de ensamble. Con estos nuevos datos, se identifica el valor con la mayor desviación estándar(R/X). En nuestro caso, se utiliza el valor 0.11, ya que presenta la mayor desviación estándar entre los subprocessos. Este valor se indica que el número de muestras es igual a 2 según la Tabla A.5. En el siguiente paso, consiste en determinar el número de observaciones necesarias para cronometrar en los procesos como se indica en la Tabla A-3

Tabla A-3 cálculo de número de observaciones en el ensamble

PROCESO DE ENSAMBLE								
MUESTRAS					MEDIA	DS	R	R/X
5,03	5,06	4,35	4,56	5,05	4,81	0,33	0,02	0,00
1,25	1,27	1,31	1,29	1,45	1,31	0,08	0,02	0,02
2,34	2,56	2,48	2,52	2,41	2,46	0,09	0,22	0,09
2,35	2,45	2,22	2,39	2,47	2,38	0,10	0,25	0,11
3,01	3,13	3,05	3,15	3,09	3,09	0,06	0,14	0,05
20,07	20,23	20,17	20,13	20,2	20,16	0,06	0,06	0,00
8,18	8,16	8,38	8,33	8,41	8,29	0,12	0,15	0,02
4,25	4,37	4,20	4,36	4,4	4,32	0,09	0,20	0,05

Una vez reemplazados los datos que se encontraban fuera de los límites de control, se calcula nuevamente la media aritmética y la desviación estándar del proceso de pintado. Con estos nuevos datos, se identifica el valor con la mayor desviación estándar (R/X). En nuestro caso, se utiliza el valor 0.10, ya que presenta la mayor desviación estándar entre los subprocesos. Este valor se indica que el número de muestras es igual a 2 según la Tabla 41. En el siguiente paso, consiste en determinar el número de observaciones necesarias para cronometrar en los procesos como se indica en la Tabla A-4

Tabla A-4 cálculo de número de observaciones en el pintado

PROCESO DE PINTADO								
MUESTRAS					MEDIA	DS	R	R/X
2,17	2,32	2,36	2,21	2,39	2,29	0,10	0,22	0,10
5,45	5,59	5,25	5,35	5,48	5,42	0,13	0,34	0,06
6,29	6,35	6,47	6,49	6,39	6,40	0,08	0,2	0,03
15,31	15,51	15,37	15,42	15,43	15,41	0,07	0,2	0,01
9,56	9,58	9,57	9,49	9,53	9,55	0,04	0,09	0,01
30,32	30,35	31,2	31,25	30,55	30,73	0,46	0,93	0,03
1,24	1,25	1,36	1,29	1,3	1,29	0,05	0,12	0,09
20,39	20,45	20,47	20,53	20,56	20,48	0,07	0,17	0,01
4,29	4,52	4,34	4,25	4,49	4,38	0,12	0,27	0,06
5,5	5,43	5,39	5,45	5,24	5,40	0,10	0,26	0,05

Cálculo de número de observaciones para tiempo estándar

En el método tradicional se calcula el rango (R), es decir, se resta el tiempo menor del tiempo mayor de la muestra. Luego, se calcula el cociente entre el rango y la media (R/X). Por último, se busca dicho cociente en la tabla, en la columna (R/X). Se localiza el valor correspondiente al número de muestras tomadas un valor de 5 se determina el número de observaciones necesarias para alcanzar un nivel de confianza del 95% y un nivel de precisión de $\pm 5\%$ y un

valor de 10 indica que se desea una precisión del 99%, es decir, que el intervalo de confianza del tiempo promedio sea de $\pm 10\%$. Como se muestra en la Tabla A-5

Tabla A-5 Cálculo de número de observaciones.

TABLA PARA EL CÁLCULO DE NUMERO DE OBSERVACIONES					
R/X	5	10	R/X	5	10
0	0	0	0,48	68	39
0,01	0	1	0,5	74	42
0,02	1	1	0,52	80	46
0,03	1	1	0,54	86	49
0,04	1	1	0,56	93	53
0,05	1	1	0,58	100	57
0,06	1	1	0,6	107	61
0,07	1	1	0,62	114	65
0,08	1	1	0,64	121	69
0,09	1	1	0,66	129	74
0,1	3	2	0,68	137	78
0,12	4	2	0,7	145	83
0,14	6	3	0,72	153	88
0,16	8	4	0,74	162	93
0,18	10	6	0,76	171	103
0,2	12	7	0,78	180	108
0,22	14	8	0,8	190	119
0,24	13	10	0,82	199	126
0,26	20	11	0,84	209	131
0,28	23	13	0,86	218	126
0,3	27	15	0,88	229	131
0,32	30	17	0,9	239	138
0,34	34	20	0,92	250	143
0,36	38	22	0,94	261	149
0,38	43	24	0,96	273	156
0,4	47	27	0,98	284	162
0,42	52	30	1	296	169
0,44	57	33	1,02	303	173
0,46	63	36	1,04	313	179

ANEXO B

Estudio de tiempos del proceso de ensamble.

Considerando el tiempo total de ciclo en el proceso de corte es de 32,88 min, en el método General Electric, cuando el tiempo de ciclo, es entre 20 y 40 minutos, se recomienda realizar solo 5 observaciones porque las actividades más largas tienen menos variabilidad relativa entre una ejecución y otra. En la Tabla B-1. se presenta el número de observaciones recomendadas por el tiempo de ciclo.

Tabla B-1 Número de observaciones recomendadas en el proceso de corte

TIEMPO DE CICLO (min)	NUMERO DE OBSERVACIONES RECOMENDADAS
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
4,00 - 5,00	15
5,00 - 10,00	10
10,00 - 20,00	8
20,00 - 40,00	5
Mas de 40,00	3

- Para obtener el tiempo promedio (TP) se utilizó la siguiente ecuación 5.1:

$$\text{Tiempo promedio} = \frac{\text{Suma total}}{\text{Numero de muestras}}$$

- Para calcular el factor de desempeño (FD) de cada actividad se calculó a partir de los datos registrados. En la Tabla B-2 se presenta el factor de desempeño (FD) para el proceso de ensamble.

Tabla B-2 Factor de valoración del proceso de ensamble

		FACTOR DE VALORACIÓN		
		Proceso	ENSAMBLE	
HABILIDAD		ESFUERZO		
D	Regular	0	E1	Acceptable - 0,04
CONDICIONES		CONSISTENCIA		
E	Acceptables	-0,03	C	Buena 0,01
TOTAL (S)				- 0,06
FACTOR DE DESEMPEÑO (FD)				0,94

- Para calcular el tiempo normal (TN) se utilizó la siguiente ecuación 5.2:

$$\text{Tiempo normal} = \frac{\text{Tiempo promedio}}{\text{Factor de desempeño}}$$

- Para calcular el suplemento (S) de cada actividad se calculó a partir de los datos registrados. En la Tabla B-3 se presenta suplemento (S) para el proceso de ensamble.

Tabla B-3 Suplementos del proceso de ensamble

SUPLEMENTOS	
Suplementos constantes	
Suplementos constantes	Hombre (%)
Necesidades personales	5
Fatiga	4
Suplementos variables	
Suplementos variables	Hombre (%)
Trabajo de pie	2
Tensión visual	2
Tensión mental	1
Monotonía mental	1
Uso de energía o fuerza muscular KG	Hombre (%)
2,5	0
SUPLEMENTOS	15

- Para calcular el tiempo estándar (TS) se utilizó la siguiente ecuación 5.3:

$$T. \text{ estándar} = T. \text{ promedio} \cdot F. \text{ desempeño} \cdot (1 + \text{Suplemento})$$

Estudio de tiempos del proceso de pintado.

Considerando el tiempo total de ciclo en el proceso de pintado es de 101,76 min, en el método General Electric, el tiempo de ciclo es mayor de 40 minutos, se recomienda realizar solo 3 observaciones porque las actividades más largas tienen menos variabilidad relativa entre una ejecución y otra. Esto significa que, al tratarse de ciclos más prolongados, las diferencias entre los tiempos medidos en distintas observaciones tienden a ser pequeñas y no afectan significativamente el cálculo del tiempo promedio. En la Tabla B-4. se presenta el número de observaciones recomendadas por el tiempo de ciclo.

Tabla B-4 Número de observaciones recomendadas en el proceso de corte

TIEMPO DE CICLO (min)	NUMERO DE OBSERVACIONES RECOMENDADAS
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30

2,00	20
4,00 - 5,00	15
5,00 - 10,00	10
10,00 - 20,00	8
20,00 - 40,00	5
Mas de 40,00	3

- Para obtener el tiempo promedio (TP) se utilizó la siguiente ecuación 5.1:

$$\text{Tiempo promedio} = \frac{\text{Suma total}}{\text{Numero de muestras}}$$

- Para calcular el factor de desempeño (FD) de cada actividad se calculó a partir de los datos registrados. En la tabla B-5. se presenta el factor de desempeño (FD) para el proceso de pintado.

Tabla B-5 Factor de desempeño del proceso pintado

		FACTOR DE VALORACIÓN		
		Proceso	PNTADO	
HABILIDAD		ESFUERZO		
D	Regular	0	E1	Acceptable -0,04
CONDICIONES		CONSISTENCIA		
E	Acceptables	-0,03	C	Buena 0,01
TOTAL (S)				-0,06
FACTOR DE DESEMPEÑO (FD)				0,94

- Para calcular el tiempo normal (TN) se utilizó la siguiente ecuación 5.2:

$$\text{Tiempo normal} = \frac{\text{Tiempo promedio}}{\text{Factor de desempeño}}$$

- Para calcular el suplemento (S) de cada actividad se calculó a partir de los datos registrados. En la Tabla B-6. se presenta suplemento (S) para el proceso de pintado.

Tabla B-6 Suplementos del proceso de pintado

SUPLEMENTOS	
Suplementos constantes	
Suplementos constantes	Hombre (%)
Necesidades personales	5
Fatiga	4
Suplementos variables	

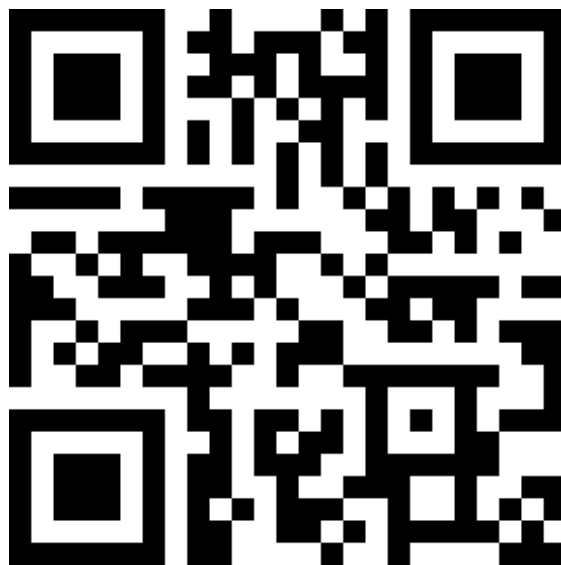
Suplementos variables	Hombre (%)
Trabajo de pie	2
Tensión visual	2
Tensión mental	1
Monotonía mental	1
Uso de energía o fuerza muscular KG	Hombre (%)
2,5	0
SUPLEMENTOS	15

- Para calcular el tiempo estándar (TS) se utilizó la siguiente ecuación 5.3:

$$T. \text{ estándar} = T. \text{ promedio} \cdot F. \text{ desempeño} \cdot (1 + \text{Suplemento})$$

ANEXO C

Podemos visualizar la simulación realizada en la herramienta FlexSim



Video explicativo de la simulación:

<https://goto.now/p0xZm>


Instructivo de la herramienta FlexSim.



**MANUAL PARA SIMULACIÓN EN
SOFTWARE FLEXSIM**

N°	UTC-FLX-MAN-001
Carrera	INDUSTRIAL
Fecha:	12/12/2024
Página	1/7
Versión	1


MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM

	MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM	N°	UTC-FLX-MAN-001
		Carrera	INDUSTRIAL
		Fecha:	12/12/2024
		Página	2/7
		Versión	1

CONTENIDO

1. OBJETO
2. ALCANCE
3. DIRIGIDO A
4. DESARROLLO

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Karen Toapanta Miriam Quinaucho ESTUDIANTES UTC	COORDINADOR DEL AREA	William Llango GERENCIA GENERAL

	MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM	N°	UTC-FLX-MAN-001
		Carrera	INDUSTRIAL
		Fecha:	12/12/2024
		Página	3/7
		Versión	1

1. OBJETIVO

Establecer un procedimiento detallado para la simulación en el software FlexSim, garantizando el uso adecuado del simulado y la aplicación de las áreas de trabajo sobre la plantilla simulada con sus dimensiones reales, herramientas y colaboradores respetivos de la empresa SERSOLEM

2. ALCANCE

Para dar inicio a este instructivo, es necesario disponer del layout de la empresa SERSOLEM con sus respectivas dimensiones reales, contar con el número de colaboradores, datos del tiempo estándar y la distribución de las áreas con sus respectivas herramientas, garantizando que la simulación concuerde con la fábrica real, ayudando de soporte para futuros alcances de la empresa.

3. DIRIGIDO A

- Usuario FlexSim.

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
4.1	Identificar herramientas para el flujo de tareas en FlexSim.	Usuario Flexsim
4.2	Añadir Layout formato CAD	Usuario Flexsim
4.3	Agregar Jornada Laboral	Usuario Flexsim
4.4	Añadir entradas	Usuario Flexsim
4.5	Añadir objetos 3D en FlexSim	Usuario Flexsim
4.6	Visualizar los KPI de la simulación	Usuario Flexsim





4. DESARROLLO


4.1. Identificar herramientas para el flujo de tareas en FlexSim.





Actividad realizada por: Usuario FlexSim.

Este conjunto de herramientas de las librerías de Flexsim, agrega tareas puntuales y específicas en la simulación, al programar con estas herramientas la simulación es más confiable que de lo habitual.

4.1.1. Analizar librería de FlexSim, para programación del flujo de tareas.

LIBRERÍA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
 Event-Triggered Source	Fuente activada	Añade la tarea de entradas de materia prima.
 Create Task Sequence	Crear Secuencia de tareas	Añade la tarea a realizar en la simulación
 Finish Task Sequence	Finalizar secuencia de tareas	Finaliza la secuencia de tareas previamente iniciada.
 Travel	Viajar	Selecciona el movimiento del objeto de un punto A a un punto B.

	MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM	Nº	UTC-FLX-MAN-001
		Carrera	INDUSTRIAL
		Fecha:	12/12/2024
		Página	4/7
		Versión	1

 Load	Carga	Añade la carga del objeto o materia prima, al transporte.
 Unload	Descarga	Descarga el objeto o materia prima, al transporte.
 Delay	Demora	Agrega el tiempo en realizar cada tarea dentro del procedimiento.
 Sink	Salidas	Ayuda a culminar el flujo de procedimientos.

4.1.2. Todos los objetos de la librería deben programarse dentro del apartado PROCESS FLOW.

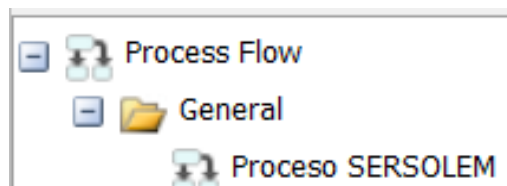


Ilustración 1 icono process flow.

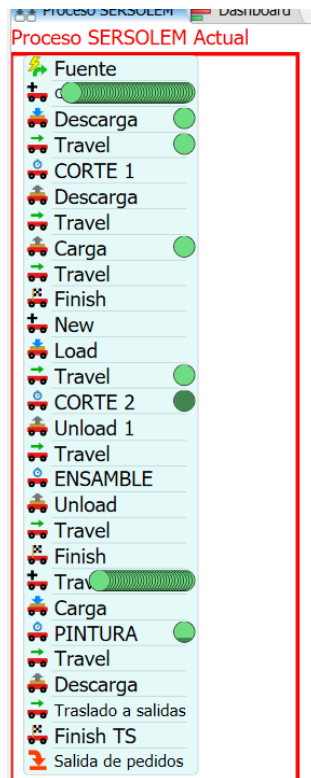



Ilustración 2 Flujo del procedimiento programado.

4.2. Agregar Layout formato CAD

Actividad realizada por: Usuario FlexSim

	MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM	N°	UTC-FLX-MAN-001
		Carrera	INDUSTRIAL
		Fecha:	12/12/2024
		Página	5/7
		Versión	1

4.2.1. Abrir el icono BACKGROUNDS.

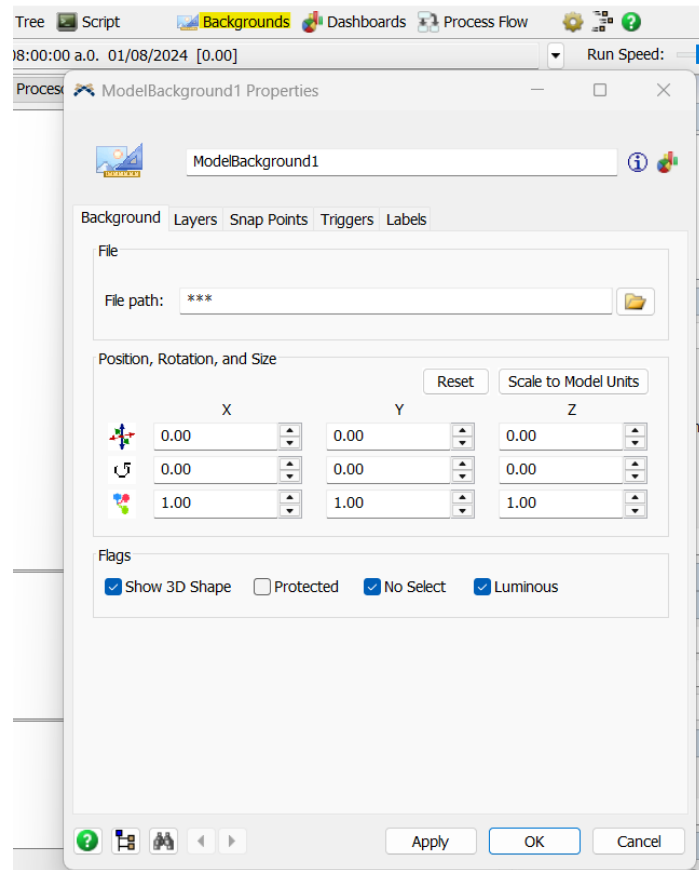



Ilustración 3 Abrir icono backgrounds

4.2.2. Seleccionar el icono de carpetas para buscar el layout en archivo CAD a utilizar.



Ilustración 4 icono carpeta.

	MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM	Nº	UTC-FLX-MAN-001
		Carrera	INDUSTRIAL
		Fecha:	12/12/2024
		Página	6/7
		Versión	1

- Seleccionar el layout en archivo CAD con formato DWG y al final dar clic en abrir.

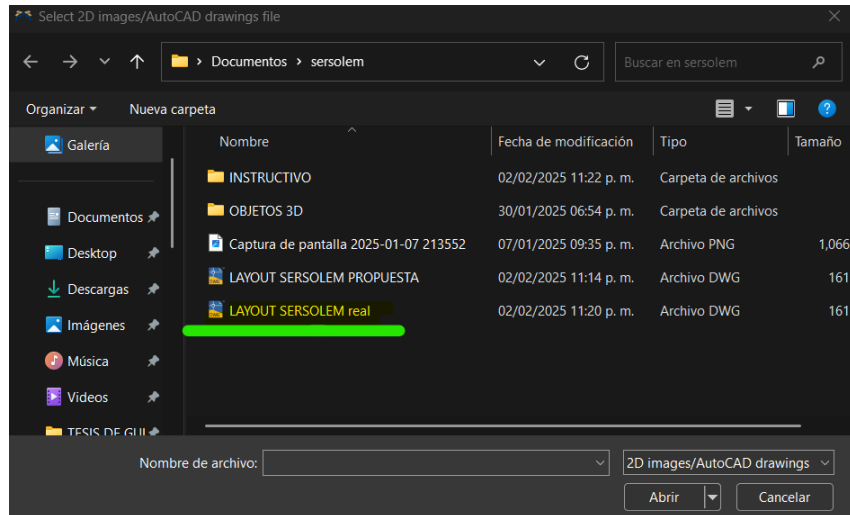


Ilustración 5 cajón, bodega suministros de oficina.

4.2.3. Clic en Apply, luego en OK para finalizar la importación del layout a la simulación de FlexSim.

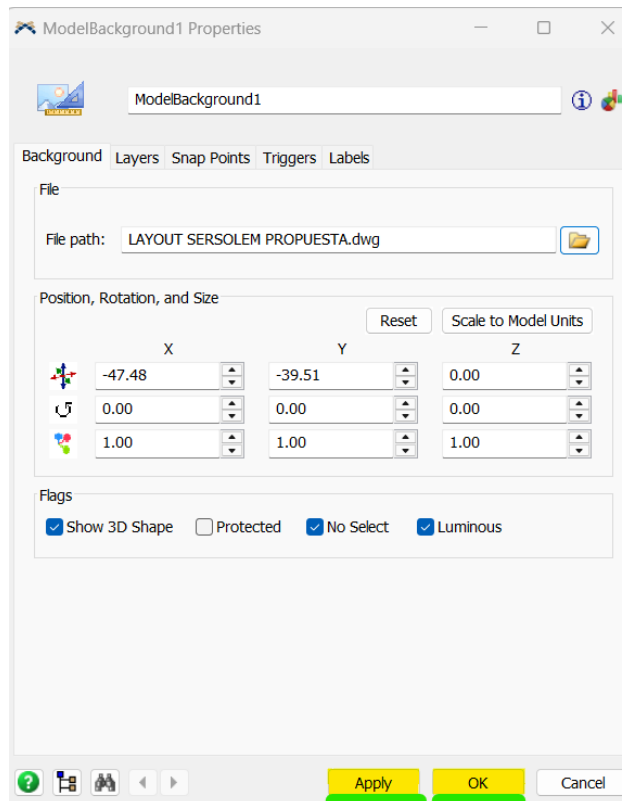



Ilustración 6 Añadir layout

	MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM	N°	UTC-FLX-MAN-001
		Carrera	INDUSTRIAL
		Fecha:	12/12/2024
		Página	7/7
		Versión	1

4.2.4. Para ajustar la posición del layout en el plano de la simulación, modificar la posición del eje X & Y en el módulo Background, hasta obtener la ubicación deseada dentro del mismo.

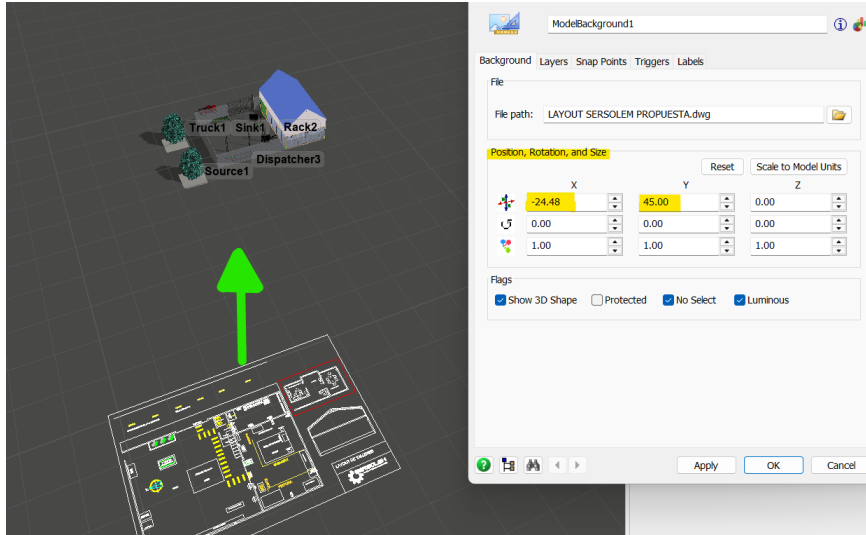


Ilustración 7 Ajustar ubicación del layout en la simulación.

4.3. Añadir Jornada laboral

Actividad realizada por: Usuario FlexSim

4.3.1. Seleccionar el apartado **Time Tables** dentro del módulo **Toolbox**.

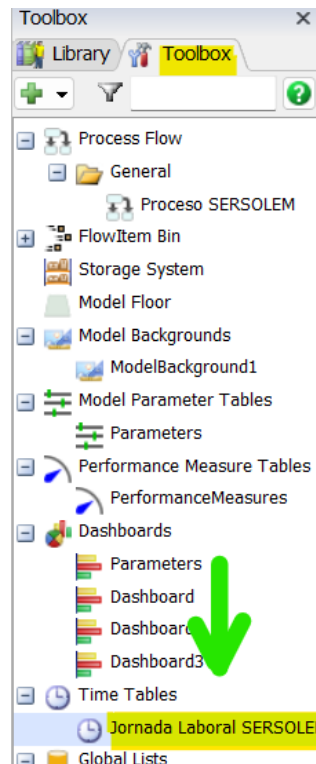



Ilustración 8 Icono Time Tables, para agregar jornada laboral.

	MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM	N°	UTC-FLX-MAN-001
		Carrera	INDUSTRIAL
		Fecha:	12/12/2024
		Página	8/7
		Versión	1

4.3.2. En el apartado **TABLE** configurar el horario laboral De la siguiente manera:

- 4.3.2.1. Arrastrar la barra roja hasta la hora de la jornada laboral en este caso desde las 8 am.
- 4.3.2.2. Dejar en blanco las horas laborales.
- 4.3.2.3. Volver a marcar en rojo la hora de almuerzo contemplada.
- 4.3.2.4. Marcar en rojo las horas de la noche que no serán laborales.
- 4.3.2.5. Dar clic en Apply & OK, para guardar los cambios.



Ilustración 9. Icono APPLY, OK

Nota: La barra roja representa las horas **no laborales** y el espacio en blanco las **horas laborales**, como se muestra en la siguiente imagen.

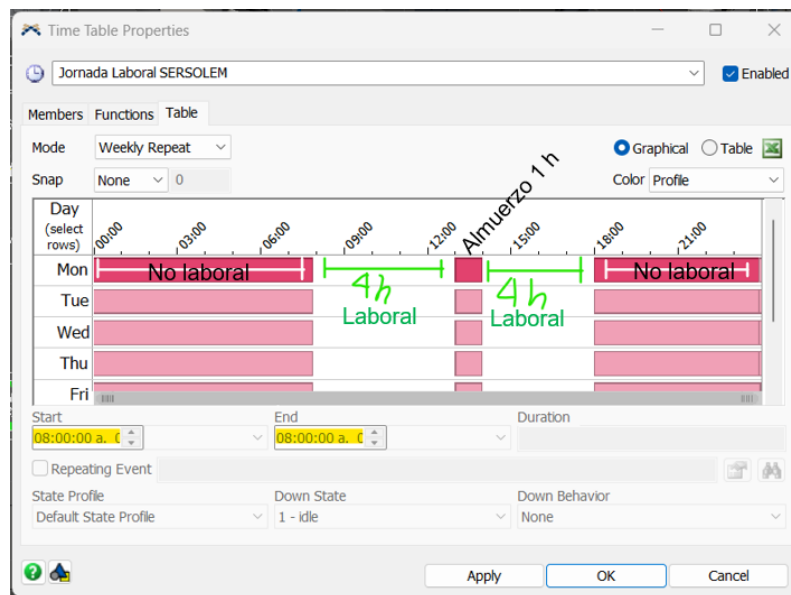


Ilustración 10 Configuración de horas laborales.

4.4. Añadir entradas.

Actividad realizada por: Usuario FlexSim

Este apartado del Manual describe como añadir la cantidad diaria de materia prima a la simulación:



MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM

N°	UTC-FLX-MAN-001
Carrera	INDUSTRIAL
Fecha:	12/12/2024
Página	9/7
Versión	1

- Arrastrar a la simulación el módulo SOURCE.

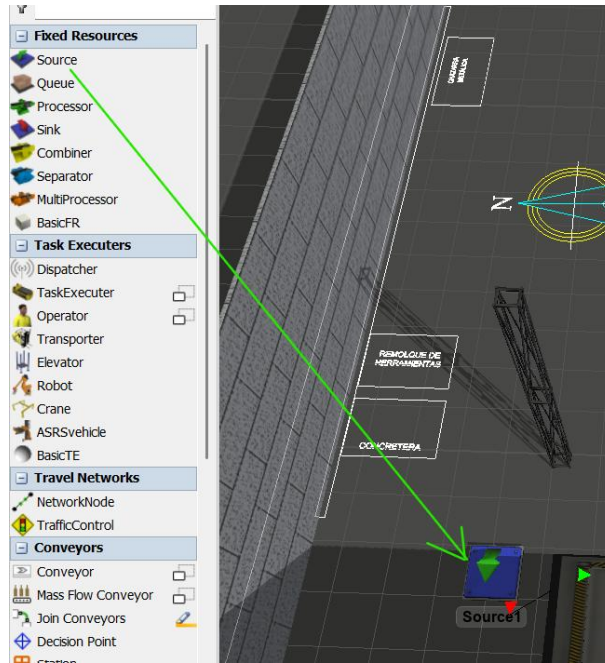
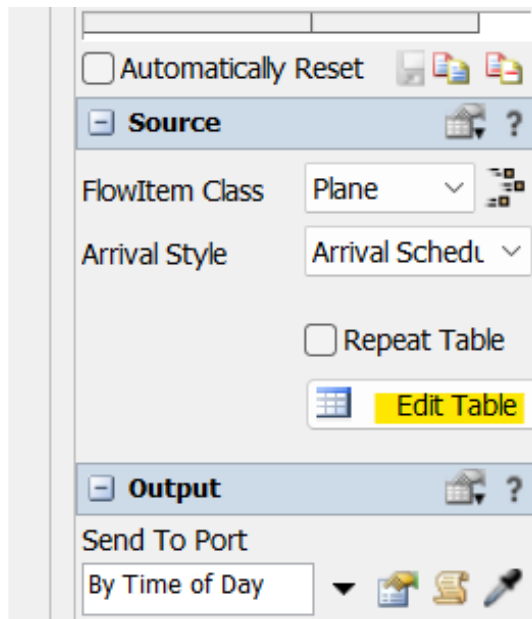



Ilustración 11 Arrastras el módulo de entradas "Source".

- Modificar la tabla de entradas del módulo **Source**, seleccionar dentro de las configuraciones del módulo el apartado **EDIT TABLE**.



	MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM	N°	UTC-FLX-MAN-001
		Carrera	INDUSTRIAL
		Fecha:	12/12/2024
		Página	10/7
		Versión	1

- Se despliega una tabla, editar la **cantidad** de unidades a ingresar de materia prima cada inicio de jornada.

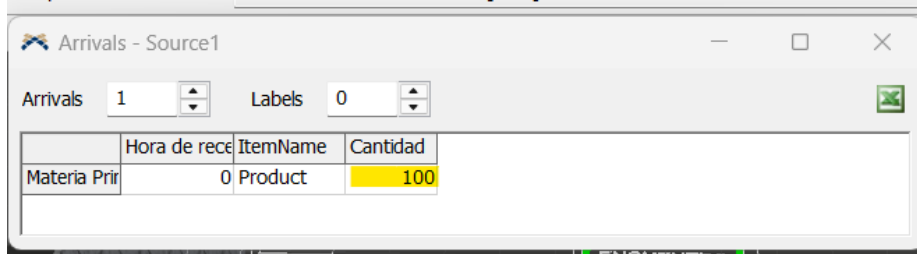


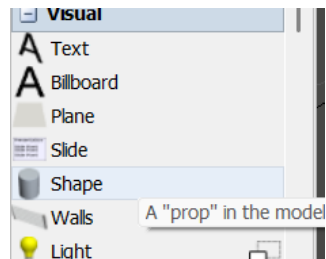
Ilustración 12 Tabla de materia prima receptada.

- Cerrar la tabla

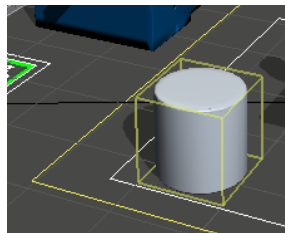
4.5. Añadir objetos 3D.

Actividad realizada por: Usuarios FlexSim.

- Seleccionar el módulo SHAPE.



- Seleccionar el cilindro SHAPE

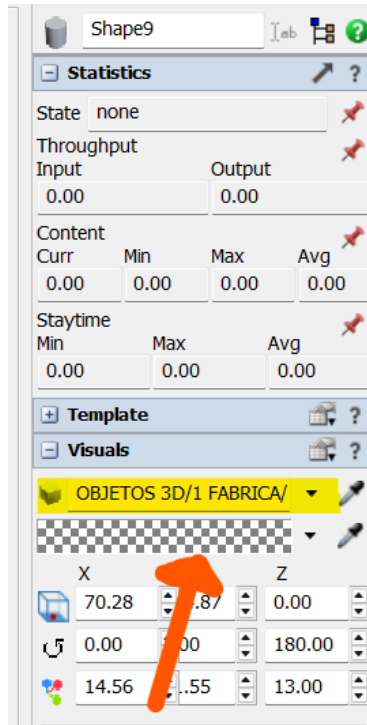


- Seleccionar la pestaña que muestra la siguiente imagen.

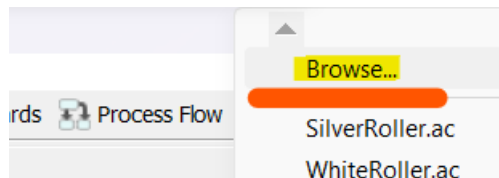


MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM

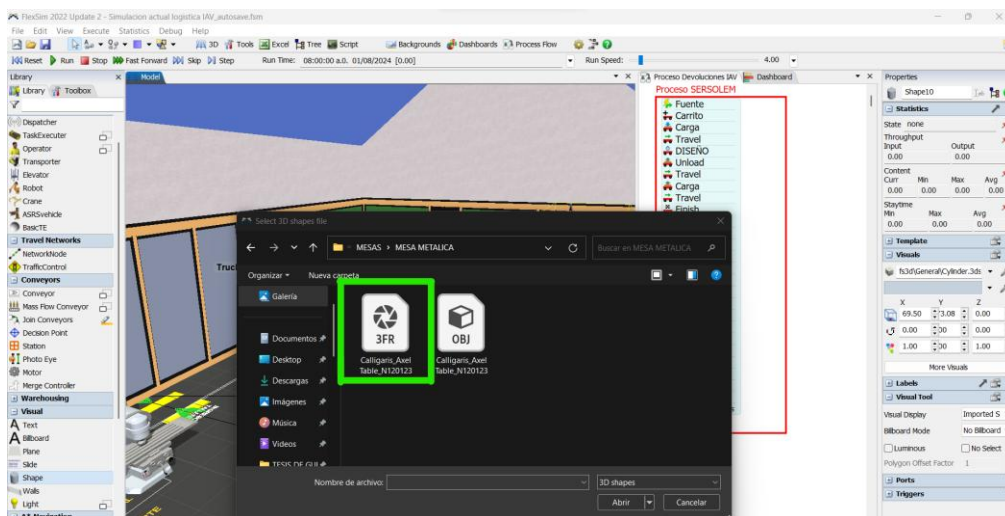
N°	UTC-FLX-MAN-001
Carrera	INDUSTRIAL
Fecha:	12/12/2024
Página	11/7
Versión	1




- Seleccionar el apartado BROWSE.

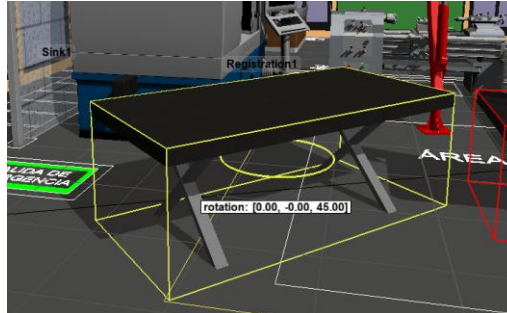


- Seleccionar el archivo 3D guardado en el PC.



- Ajustar la posición del objeto 3D añadido para culminar.

	MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM	N°	UTC-FLX-MAN-001
		Carrera	INDUSTRIAL
		Fecha:	12/12/2024
		Página	12/7
		Versión	1



4.6. Visualizar los KPI de la simulación

Actividad realizada por: Asistente de Cartera.

Para visualizar las salidas de productos y obtener análisis estadísticos dirigirse al apartado **DASHBOARDS**.

- En el icono Toolbox, seleccionar Dashboards, aparece una ventana con los indicadores.

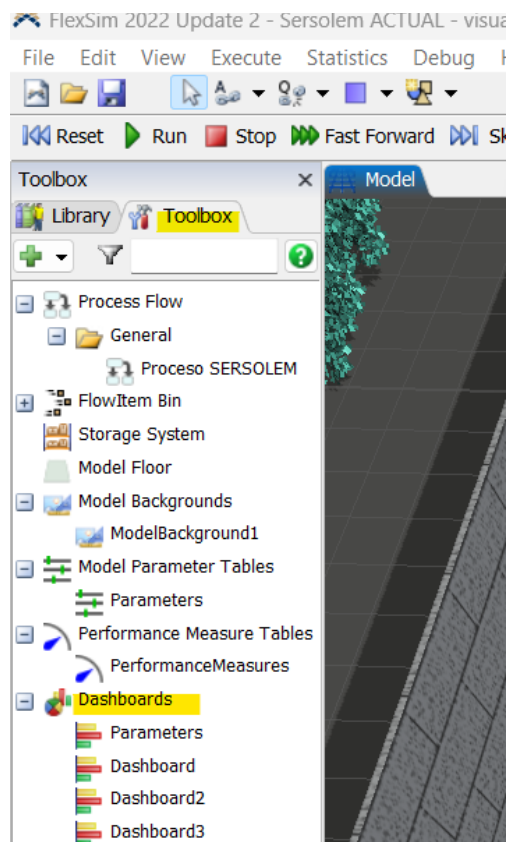


Ilustración 13 Apartado Dashboards



MANUAL PARA SIMULACIÓN EN SOFTWARE FLEXSIM

Nº	UTC-FLX-MAN-001
Carrera	INDUSTRIAL
Fecha:	12/12/2024
Página	13/7
Versión	1

- Visualizar los indicadores de la simulación, controlar las salidas obtenidas mediante la aplicación de la simulación.

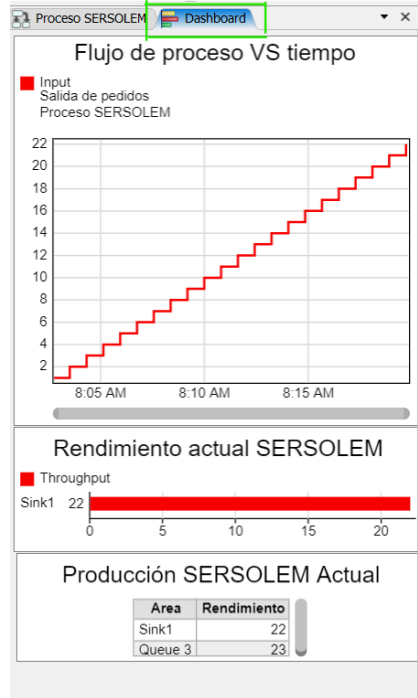


Ilustración 14 indicadores de la simulación.