

**UNIVERSIDAD CENTRAL
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DEL PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN EL
LABORATORIO DE SOLUCIONES PARENTERALES DE LA
CCSS EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
MANTENIMIENTO.**

PROYECTO FINAL

ESTUDIANTE: ROBERTO CARLOS HERNÁNDEZ MONGE

PROFESOR: ING. KEVIN CORDERO SOLÍS

SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA

Agosto , 2025

CONTENIDO

CONTENIDO	2
TABLAS.....	6
FIGURAS	7
DEDICATORIA.....	9
AGRADECIMIENTOS.....	10
EPÍGRAFE	11
RESUMEN.....	12
CAPÍTULO I. PROBLEMA	13
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	15
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	15
1.3 JUSTIFICACIÓN	15
1.4 ANTECEDENTES	17
1.4.1 ANTECEDENTES NACIONALES	17
1.4.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	21
1.5 PROYECCIONES.....	24
1.5.1 <i>Alcances</i>	24
1.5.2 <i>Limitaciones</i>	25
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	26
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES.....	27
2.1.1 <i>Metodología DMAIC</i>	27
2.1.2 <i>Project Charter</i>	27
2.1.3 <i>Diagrama de análisis de Stakeholders</i>	28
2.1.4 <i>Sipoc</i>	29
2.1.5 <i>Diagrama de árbol de CTQ</i>	30
2.1.6 <i>Diagrama de flujo</i>	31
2.1.7 <i>FODA</i>	32
2.1.8 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	33
2.1.9 <i>Multivoto</i>	34
2.1.10 <i>Lluvia de ideas</i>	36
2.1.11 <i>Diagrama de Gantt</i>	36

2.1.12	<i>Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)</i>	38
2.1.13	<i>Evento Kaizen</i>	39
2.1.14	<i>Análisis estadístico</i>	40
2.1.15	<i>Matriz de estrategias</i>	41
2.1.16	<i>Gemba Walk</i>	43
2.1.17	<i>Análisis de costos</i>	44
2.1.18	<i>Método de ruta crítica</i>	44
2.1.19	<i>Fórmula ROI</i>	45
2.1.20	<i>Gráfico de control</i>	46
2.1.21	<i>Matriz de criticidad</i>	47
2.1.22	<i>Activos</i>	47
2.2	IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	48
2.2.1	<i>Visión/Misión</i>	48
2.2.2	<i>Antecedentes históricos</i>	49
2.2.3	<i>Ubicación geográfica</i>	50
2.2.4	<i>Estructura organizacional</i>	50
2.2.5	<i>Cantidad de empleados</i>	52
2.2.6	<i>Tipos de productos</i>	52
2.2.7	<i>Mercado de exportación</i>	52
2.2.8	<i>Descripción general del proceso productivo</i>	52
	CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	54
3.1	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.2	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	57
3.2.1	ENFOQUE PROYECTIVO	57
3.2.2	ENFOQUE DESCRIPTIVO	58
3.2.3	ENFOQUE EXPLICATIVO	58
3.3	FUENTES DE INFORMACIÓN	59
3.3.1	<i>Sujetos de información</i>	59
3.4	VARIABLES DE ANÁLISIS	59
3.5	INSTRUMENTOS	62
3.5.1	OBSERVACIÓN NATURAL	62
3.5.2	ENTREVISTAS NO DIRIGIDAS	62
3.5.3	UTILIZACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS	62
3.5.4	REGISTROS HISTÓRICOS	63
3.6	PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	63
3.6.1	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	64
3.6.2	ELABORACIÓN DE LAS PROPUESTAS	66

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	67
4.1 DEFINIR.....	68
4.1.1 PROJECT CHARTER	68
4.1.2 ANÁLISIS DEL ENTORNO (FODA)	70
4.1.3 MATRIZ DE ESTRATEGIAS	75
4.1.4 ANÁLISIS DE STAKEHOLDERS	79
4.1.5 ÁRBOL CTQ.....	81
4.1.6 DIAGRAMA SIPOC	83
4.1.7 DIAGRAMA DE FLUJO	86
4.2 MEDIR	89
4.2.1 IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DIARIA	89
4.2.2 GRÁFICOS DE CONTROL ESTADÍSTICO	101
4.2.3 MODO DE FALLA POTENCIAL Y ANÁLISIS DE EFECTOS (AMEF).....	108
4.2.4 ACTIVOS DE MANTENIMIENTO	110
4.2.4 MATRIZ DE CRITICIDAD	113
4.2.4 INDICADORES KPI.....	118
4.2.4.1 RESULTADO DE LOS INDICADORES KPI.....	119
4.3 ANALIZAR.....	120
4.3.1 LLUVIA DE IDEAS	121
4.3.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	122
4.3.3 MULTIVOTO.....	127
4.3.4 DIAGRAMA DE PARETO	129
CAPÍTULO V. PROPUESTA	132
5.1 MEJORAR.....	133
5.1.1 PROPUESTA DEL CARTEL PARA PUESTOS TÉCNICOS.....	133
5.1.2 CAPACITACIÓN CONSTANTE DEL PERSONAL	134
5.1.3 CUMPLIMIENTO Y SEGUIMIENTO DE ÓRDENES DE TRABAJO.....	135
5.1.4 ADQUISICIÓN DE HERRAMIENTAS PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO	135
5.1.5 CREAR CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	136
5.1.6 DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO (CMMS)	138
5.1.7 IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA 5S EN EL TALLER DE MANTENIMIENTO	139
5.1.8 REDUCIR COSTOS POR MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE TERCEROS	141
5.2 CONTROLAR.....	143
5.2.1 REUNIONES KAIZEN	143
5.2.2 AUDITORÍAS	143
5.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	145

5.2.3 DIAGRAMA ESTRUCTURAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE IMPRESORAS.....	147
5.2.4 DIAGRAMA RUTA CRÍTICA	150
5.2.5 REPUESTOS PARA IMPRESORAS	152
5.3 CRONOGRAMA.....	153
5.4 ESTIMACIÓN DE COSTOS.....	154
5.4 PROPUESTAS DE CONTROL DEL PROYECTO.....	155
5.4.1 KAIZEN	155
5.4.2 GEMBA WALK.....	156
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	159
RECOMENDACIONES	160
CONCLUSIONES	160
REFERENCIAS	163
APÉNDICES Y ANEXOS.....	169
APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS	170
APÉNDICE 1: IMAGEN DE IMPRESORA TOMADA DE MANUAL	172
APÉNDICE 2: IMPRESORA #4 FUERA DE SERVICIO	173
APÉNDICE 3: AUTOCLAVE #1 FUERA DE SERVICIO.....	174
APÉNDICE:4: AUTOCLAVE #5 FUERA DE SERVICIO	175
APÉNDICE 5: PRODUCCIÓN DE SUEROS ESTERILIZADOS LISTOS PARA EMPACAR.....	176
APÉNDICE 6: CARRO PARA INGRESAR EN LA AUTOCLAVE	177
APÉNDICE 7: BOLSA DE SUERO ANTES DE SALIR A SELLADO DE SEGUNDA BOLSA.....	178
APÉNDICE 8: CONTROL Y REGISTRO DE AUTOCLAVES	179
APÉNDICE 9: REGISTRO DE CARGA POR CADA BANDEJA	180
APÉNDICE 10: CONTROL DE ESTERILIZACIÓN DEL 30 DE MAYO DE 2025.....	181
APÉNDICE 11: BITÁCORA DE REPORTE DE AVERÍAS DE IMPRESIÓN.....	182
APÉNDICE 12: CONTROL PARA REALIZAR PRUEBAS DE IMPRESIÓN.....	183
APÉNDICE 13: CRONOGRAMA DE PRODUCCIÓN DE LA SEMANA DEL 26 AL 30 DE MAYO DE 2025.....	184
APÉNDICE 14: TALLER DE MANTENIMIENTO (APLICAR 5 s)	185
ANEXO 1: COTIZACIÓN REPUESTOS DE IMPRESORAS.....	186

TABLAS

Tabla 3.1: diferencias entre investigación cuantitativa e investigación cualitativa	57
Tabla 3.2: variables de la investigación por objetivo específico	60
Tabla 4.1: Project charter de la investigación	69
Tabla 4.2: matriz de estrategias FODA del Laboratorio Soluciones Parenterales CCSS.....	77
Tabla 4.3: análisis de Stakeholders del Laboratorio Soluciones Parenterales CCSS.....	80
Tabla 4.4: Sipoc del proceso intervención de mantenimiento	84
Tabla 4.5: producción diaria y producción esperada de la semana 1	90
Tabla 4.6: producción diaria y producción esperada de la semana 2	93
Tabla 4.7: producción diaria y producción esperada de la semana 3	96
Tabla 4.8: producción diaria y producción esperada de la semana 4	99
Tabla 4.9: producción mes de mayo de 2025	102
Tabla 4.10: gráfico de probabilidad cantidad producida mes de mayo de 2025.....	103
Tabla 4.11: cantidad de carros por turno	105
Tabla 4.12: análisis AMEF	108
Tabla 4.13: modo de falla potencial y análisis de defectos	109
Tabla 4.14: activos de mantenimiento	111
Tabla 4.15: consecuencia de fallos	113
Tabla 4.16: frecuencia de fallos	114
Tabla 4.17: matriz de criticidad	115
Tabla 4.18: matriz de criticidad	116
Tabla 4.19: equipos según su porcentaje de criticidad	117
Tabla 4.20: indicadores de tiempo	118
Tabla 4.21: resultado de los indicadores de tiempo	119
Tabla 4.22: etapa analizar el proceso investigativo	121
Tabla 4.23: lluvia de ideas de las posibles causas que pueden afectar la producción diaria	122
Tabla 4.24: multivoto	128
Tabla 4.25: multivoto con resultados ordenados.....	129
Tabla 5.1: salario compuesto y global	134
Tabla 5.2: costo equipo para mantenimiento predictivo.....	136
Tabla 5.3: costo desarrollador de software	139
Tabla 5.4: costo y ahorro anual en mantenimiento preventivo	142
Tabla 5.5: lista de verificación para auditorías de mantenimiento preventivo	145
Tabla 5.6: actividades para mantenimiento preventivo de impresoras	149
Tabla 5.7: diagrama de Gantt para el proyecto	152
Tabla 5.8: repuestos para impresoras	153
Tabla 5.9: diagrama de Gantt	154
Tabla 5.10: gastos anuales.....	154

FIGURAS

Figura 1.1: producción diaria.....	16
Figura 2.1: ejemplo de metodología DMAIC.....	27
Figura 2.2: ejemplo de un Project Charter.....	28
Figura 2.3: ejemplo de análisis de Stakeholders	29
Figura 2.4: ejemplo de Sipoc.....	30
Figura 2.5: ejemplo de árbol de CTQ.....	31
Figura 2.6: ejemplo de diagrama de flujo	32
Figura 2.7: ejemplo de FODA.....	33
Figura 2.8: ejemplo de diagrama de Ishikawa	34
Figura 2.9: ejemplo de multivoto.....	35
Figura 2.10: ejemplo de lluvia de ideas.....	36
Figura 2.11: ejemplo de diagrama de Gantt	38
Figura 2.12: ejemplo de FMEA-AMEF	39
Figura 2.13: ejemplo de un evento Kaizen	40
Figura 2.14: ejemplo de un análisis estadístico	41
Figura 2.15: ejemplo de matriz de estrategias FODA	42
Figura 2.16: ejemplo de Gemba Walk.....	43
Figura 2.17: ejemplo de un análisis de costos.....	44
Figura 2.18: ejemplo de método de ruta crítica	45
Figura 2.19: ejemplo de la fórmula ROI	46
Figura 2.20: ejemplo de un gráfico de control	46
Figura 2.21: matriz de criticidad.....	47
Figura 2.22: activos	48
Figura 2.23: mapa satelital Laboratorio Soluciones Parenterales	50
Figura 2.24: organigrama Laboratorio Soluciones Parenterales.....	51
Figura 2.25: diagrama de flujo proceso productivo	52
Figura 3.1: descripción de la metodología que se utiliza en cada etapa del ciclo DMAIC	63
Figura 4.1: FODA del área de mantenimiento	70
Figura 4.2: árbol de CTQ	82
Figura 4.3: diagrama de flujo.....	87
Figura 4.4: producción diaria realizada y esperada del 05 de mayo de 2025 al 09 de mayo de 2025	91
Figura 4.5: porcentaje de producción semana 1, del 05 de mayo de 2025 al 09 de mayo de 2025.....	92
Figura 4.6: producción diaria realizada y esperada del 05 de mayo de 2025 al 09 de mayo de 2025	94
Figura 4.7: porcentaje de producción semana 2, del 12 de mayo de 2025 al 16 de mayo de 2025.....	95
Figura 4.8: producción diaria realizada y esperada del 19 de mayo de 2025 al 23 de mayo de 2025	97
Figura 4.9: porcentaje de producción semana 3, del 19 de mayo de 2025 al 23 de mayo de 2025.....	98
Figura 4.10: producción diaria realizada y esperada del 26 de mayo de 2025 al 30 de mayo de 2025	100
Figura 4.11: porcentaje de producción semana 4, del 26 de mayo de 2025 al 30 de mayo de 2025.....	101
Figura 4.12: gráfico I-MR con especificación.....	104
Figura 4.13: gráfico Xbarra-R.....	106

Figura 4.14: gráfico Xbarra R especificación aplicada	107
Figura 4.15: porcentaje equipos de mantenimiento más críticos	118
Figura 4.16: diagrama de Ishikawa.....	123
Figura 4.17: diagrama de Pareto	130
Figura 5.1: estampado en bolsa de suero	136
Figura 5.2: diagrama de flujo para el mantenimiento preventivo	146
Figura 5.3: diagrama flujo mantenimiento preventivo de impresoras	148
Figura 5.4: diagrama de ruta crítica	151

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a Dios; gracias a Él, he podido cumplir mis sueños y anhelos en el tiempo que Él decidió que era lo mejor para mí.

A mi familia, por sacrificar su tiempo y brindarme apoyo, porque, aun en tiempos difíciles, estuvieron presentes durante este proceso, creyendo que todo se puede lograr si se pone en manos de Dios.

Agradezco, por último, a todas aquellas personas y amigos que mantuvieron su confianza en que todo lo que me propongo lo puedo lograr.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primero a Dios, quien me permitió cumplir un sueño que estuvo durante muchos años en mi corazón. Era el niño que soñaba con algún día estudiar una carrera y hoy puedo decir que lo logré, no en mi tiempo, sino en el de Dios.

Agradezco a mis padres que, a pesar de las muchas dificultades que tuvimos en el camino, me enseñaron a ser una persona sencilla, humilde y generosa.

A mis hermanos, les agradezco que siempre creyeron en mí como si fuera el sueño que ellos quisieran cumplir, apoyándome y animándome a no bajar los brazos.

A mi esposa, por siempre mantener su constancia en la oración y a que la familia se fortalezca en todo lo que hagamos y soñemos. A mis niños, gracias, porque intentaban entender, aún a su corta edad, que su papá estaba en clases y me brindaban el espacio para poder hacerlo.

Quiero agradecer a la Universidad Central, por abrirme las puertas y a todas las personas docentes que siempre dieron lo mejor de sí para formar excelentes futuros profesionales.

A todos, que Dios les bendiga y, sobre todo, les agradezco sinceramente por siempre creer en mí.

EPÍGRAFE

*Encomienda al Señor tus obras,
y tus pensamientos serán afirmados.*

Proverbios 16:3

RESUMEN

El presente proyecto de investigación y la posterior propuesta se realizaron en el Laboratorio Soluciones Parenterales de la CCSS, ubicado en La Rusia, Heredia, Belén, una empresa que se dedica a la producción de sueros que utilizan los diferentes hospitales nacionales, Ebais y centros de salud en sus aplicaciones diarias. Este trabajo se centra en el área de Ingeniería y Mantenimiento, con el objetivo de fortalecer los sistemas implementados que presentan más deficiencias y así crear un diseño de plan de gestión en esta área, aplicable, tanto para el mantenimiento correctivo como para el preventivo y predictivo del Departamento de Mantenimiento. Lo anterior tiene el fin de reducir los paros prolongados de los equipos de manufactura en el Área de Producción. Con el fin de llevar a cabo este proyecto, se decidió utilizar la metodología DMAIC y otras herramientas ingenieriles, como el FODA, para comprender el entorno de la organización y establecer la estrategia para seguir. Mediante el *gemba walk* se realizó la observación de las causas de los problemas y del desarrollo de las diferentes actividades en el campo. Asimismo, el diagrama de Pareto, el diagrama de Ishikawa, el multivoto y el diagrama de CTQ fueron pilares para determinar las principales causas y factores que contribuyen a los paros de los equipos en producción.

A partir de los resultados en los diferentes análisis realizados, se plantearon las alternativas de solución que influyen directamente, como un *software* CMMS que se utiliza para gestionar todas las operaciones de mantenimiento, centralizar datos, automatizar procesos, órdenes de trabajo, inventarios y más. Estas alternativas ayudan a disminuir los tiempos de paro en producción. Lo anterior implica una inversión en algunos equipos, así como cambios en los procedimientos e instrucciones de trabajo. Todo esto genera un rendimiento positivo en las métricas del Departamento de Mantenimiento y en el Área de Manufactura, así como un beneficio económico importante para la organización.

Palabras clave: DMAIC, matriz de criticidad, sueros, TMEF, TMMT, CMMS, mantenimiento predictivo.

CAPÍTULO I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio se realiza en la empresa Laboratorio Soluciones Parenterales de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), planta que elabora 34 productos diferentes de sueros, los cuales utilizan los hospitales nacionales en sus operaciones diarias. El laboratorio se ubica en calle La Rusia, en la provincia de Heredia, Belén. El estudio se realiza en el Departamento de Mantenimiento, el cual se encarga de atender y solucionar averías en una serie de máquinas que brindan soporte en el proceso de manufactura de los productos mencionados. Históricamente, se identificaron los siguientes equipos como aquellos que presentan una alta frecuencia de intervenciones debido al mantenimiento preventivo y predictivo, lo que provoca la acumulación de órdenes de trabajo para los técnicos.

El proyecto pretende, en una primera etapa, estudiar en profundidad el comportamiento de los equipos mediante análisis estadístico y el análisis de registros históricos, con el propósito de identificar las principales causas de fallo, así como indicadores de mantenimiento como el tiempo medio entre reparaciones (MTTR) y el tiempo medio entre fallas (MTBF). Además, se realiza un plan para la gestión de mantenimiento que permita llevar a cabo un levantamiento de los equipos a cargo del Departamento de Mantenimiento. Lo anterior tiene el fin de reconocer los equipos más críticos, junto con sus respectivas métricas y costos de repuestos para la reparación.

Dentro de las posibles causas se encuentran: la inexistencia de un inventario de repuestos para equipos industriales de manufactura y mantenimiento, la falta de digitalización de la documentación, la actualización tecnológica de máquinas obsoletas, los deficientes controles de inventarios y la ausencia de capacitación, tanto del Departamento de Mantenimiento como del de Producción. Esto puede deberse a la planificación inadecuada de las jefaturas y a la supervisión constante de equipos, a una mala distribución, a controles poco estrictos en los datos y análisis, así como a costos operativos adicionales por el pago a terceros.

Esto ha provocado paros y averías constantes en la producción de sueros, personal ocioso debido a la inactividad de los equipos y atrasos en las compras de repuestos.

Por lo tanto, se realiza un plan de gestión robusto que permita llevar un registro adecuado de los equipos, aplicando la metodología DMAIC, para disminuir las intervenciones de

mantenimiento antes de que ocurran las fallas y así cumplir con la producción diaria establecida.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un plan de gestión de mantenimiento en la empresa Laboratorio de Soluciones Parenterales de la CCSS, mediante la metodología DMAIC, aplicando el mantenimiento preventivo correcto para disminuir los tiempos de intervención y reparación de los equipos a partir del último trimestre del 2025.

1.2.2 Objetivos específicos

- Definir por medio de indicadores el desempeño aplicado en el mantenimiento preventivo y predictivo, el cual provoca demoras en la intervención de los equipos de manufactura.
- Evaluar mediante un análisis de criticidad e histórico de registros el impacto que generan los atrasos en el área de mantenimiento y el área de producción.
- Analizar las causas que provoca un incorrecto plan de gestión, mediante la utilización de las distintas herramientas ingenieriles de análisis de causas, para obtener la causa más influyente en el problema actual.
- Proponer un plan de implementación de mejoras y controles que permitan disminuir las fallas en los equipos de producción, y así cumplir con los estándares del Laboratorio.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto surge como una necesidad del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento del Laboratorio de Soluciones Parenterales de la CCSS, el cual se ve afectado directamente por el Departamento de Producción, donde los equipos industriales no cuentan con un plan adecuado de mantenimiento predictivo ni preventivo, lo que provoca una reducción en los productos elaborados a diario.

Por lo expuesto, es conveniente realizar este trabajo de investigación, ya que la empresa establece entre sus políticas asegurar la calidad de las materias primas, controlar los procesos de producción, garantizar equipos de calidad, mejorar continuamente las técnicas y métodos de trabajo y mantener los mecanismos de evaluación y control.

El Departamento de Ingeniería y Mantenimiento no cuenta con un plan de gestión robusto que garantice la rápida solución de problemas en el Área de Manufactura. La escasez de personal técnico en el departamento y la falta de capacitación en el sector público dificultan el trabajo y la atracción de nuevos talentos se complica cada día más en este sector, que pierde credibilidad en el ámbito nacional.

Los estudios mediante análisis estadístico y registros históricos ayudan a las empresas del gremio a mejorar la calidad y, así, competir con mayor fuerza en un mercado tan innovador. Esto permite optimizar en la intervención de tiempos, la eficiencia de los equipos y fomenta una competencia que impulse a la empresa a alcanzar los objetivos diarios, implementando controles más estrictos que garanticen una mejor productividad laboral.

Este proyecto enriquece el día a día profesional desde la óptica de la ingeniería mediante la aplicación de herramientas ingenieriles, las cuales resultan de gran utilidad en la solución de problemas en los diferentes departamentos de una empresa.

Lo expuesto justifica la búsqueda de una reducción de los tiempos en la intervención de los equipos de manufactura mencionados en el Laboratorio de soluciones Parenterales de la CCSS. El siguiente gráfico indica la producción del viernes de mayo de 2025, donde se detalla el registro histórico:

Figura 1.1: producción diaria



Fuente: Autor, 2025.

El gráfico de barras anterior muestra la producción diaria solicitada por las jefaturas, que asciende a un total de 20,240 piezas de suero con un volumen de 500 ml. Esta producción se distribuye en 22 carros, cada uno con 10 bandejas y cada bandeja

contiene un total de 920 piezas de 500 ml cada una. Por parte del equipo de producción, se realizaron 14,067 piezas de suero, lo que corresponde a un total de 16 carros esterilizados y genera un faltante de 6,173 piezas de suero según lo solicitado para ese día.

El motivo de la falta de 6,173 piezas de suero se debió a un sobrecalentamiento en los compresores principales, lo que generó un atraso de 5 horas en su reparación por parte de la empresa contratada para los mantenimientos correctivos y preventivos. Estos compresores distribuyen el aire hacia las diferentes líneas de producción y proporcionan el aire necesario para las autoclaves, que se encargan de esterilizar los carros con el producto terminado, que es el suero.

1.4 ANTECEDENTES

La siguiente información recopila datos a partir de trabajos ya expuestos que estudian los problemas que pueden surgir al diseñar un plan de gestión de mantenimiento. Cabe destacar que, en primer lugar, se redactarán los antecedentes nacionales y, seguidamente, los internacionales.

1.4.1 Antecedentes nacionales

En cuanto a los antecedentes nacionales, Camacho Salazar (2009) llevó a cabo una tesis en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, en la cual desarrolló un diseño de un plan modelo de mantenimiento para edificios del ICE:

El objetivo de este proyecto es documentar las herramientas utilizadas para planificar el mantenimiento de edificios. Se espera que el diseño propuesto pueda ser emulado y aplicado a otros edificios del ICE. Para demostrar el funcionamiento se toma como base el edificio Torre Z, el cual consta de 4 409 m² de construcción. Se ubica en zona de San Pedro de Montes de Oca, San José y alberga oficinas administrativas de la División de Servicios y División de Seguridad del ICE principalmente.

El plan estaba enfocado en integrar el mantenimiento preventivo a un sistema donde se trabaja de forma correctiva, además se centra en crear una herramienta que permita generar históricos de mantenimiento. Mediante guías de ciclos de mantenimiento, inspecciones periódicas, intervenciones programadas y un sistema generador de base de datos se obtuvo un método para generar históricos

de mantenimiento (estadísticas). A partir de estos registros se puede conocer los índices de bienes y servicios utilizados para atender las necesidades de cada edificio (s. p.).

Este trabajo se relaciona con la presente investigación debido a que la CCSS crea un plan operativo cada año, el cual se analiza desde el punto de vista de la gestión del manejo, almacenamiento, control y uso de los inventarios de insumos almacenables en el nivel central:

Objetivo: Evaluar la gestión de almacenamiento, manejo, custodia y registro de los inventarios institucionales.

Justificación: El Área de Almacenamiento y Distribución, custodia, almacena y distribuye los productos adquiridos por la Gerencia de Logística para abastecer a los centros de salud de los materiales y medicamentos necesario a fin de brindar servicios de salud. Para el año 2020 la partida de Materiales y Suministros alcanzó un monto de ₡ 398 620,3 millones de colones (Caja Costarricense de Seguro Social [CCSS], 2021, p. 7).

El texto anterior hace referencia a analizar anualmente si el plan de gestión de almacenamiento se lleva a cabo de forma correcta, asegurando que todos los centros de salud sean abastecidos con lo necesario (CCSS, 2021).

La Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) creó un plan estratégico institucional para el período 2023-2033, con el fin de gestionar un plan en todos los ámbitos, así como en el ámbito de la investigación. En este caso, se analizan en el ámbito nacional y en todos los departamentos donde se busca crear un plan de gestión en cada área:

La Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) tiene el compromiso de generar valor público en el país y para lograrlo, debe enfrentar desafíos importantes como influir positivamente sobre el aumento de la esperanza de vida, el bienestar económico y social de la población cotizante y sus beneficiarios, además de contribuir en la reducción de la pobreza y pobreza extrema de la población beneficiaria del Régimen No Contributivo RNC y la mejora en la calidad de vida de los asegurados. Para cumplir con estos retos, la CCSS debe garantizar el acceso integral, eficiente, oportuno, sostenible y de calidad en los servicios de salud y pensiones. Estos retos, aunque han sido afrontados por la Institución a lo largo de

su historia, actualmente presentan una complejidad particular debido a un entorno que se encuentra en constante transformación y a factores de cambio tendenciales y emergentes que inciden o podrían incidir en su quehacer. Estos cambios generan incertidumbre sobre el comportamiento futuro de la Institución, siendo necesario orientar el accionar institucional sobre la base de estudios de futuro y de largo plazo que sustenten los procesos de planificación en todos los niveles, a partir de los cuales se gesten acciones que busquen preparar a la CCSS ante los cambios esperados y provoquen cambios deseados, por medio de los cuales se construya el futuro idóneo y se generen los resultados de mejor forma (CCSS, 2023, p. 2).

La institución, a lo largo de la historia ha buscado transformar y obtener resultados anualmente. En este contexto, se creó un plan estratégico con una duración de 10 años (CCSS, 2023).

Uno de los problemas que presentaba el Hospital Dr. Tomás Casas era su infraestructura. En este contexto, Barboza Arguedas (2013) llevó a cabo un trabajo de investigación y planteó el siguiente tema: *Plan integral de Mantenimiento para la Infraestructura Física, Hospital Dr. Tomás Casas*:

Recientemente ha sido de conocimiento público las deficiencias de mantenimiento hospitalario que afectan a los centros médicos de la Caja Costarricense del Seguro Social, por lo cual se han presentado situaciones críticas que conllevaron a cierre de establecimientos por parte del Ministerio de Salud. Esto provocó situaciones sumamente incómodas para los asegurados que vieron afectados los servicios brindados, y en algunos casos vieron sus vidas comprometidas por la ausencia de los servicios demandados. La ausencia del mantenimiento programado o preventivo en la infraestructura hospitalaria de la Caja Costarricense de Seguro Social o cualquier otra edificación, genera un mayor gasto asociado con el mantenimiento correctivo que se debe dar, y además un costo económico social por no poder brindar un servicio en forma oportuna. El mantenimiento en una edificación es de suma importancia y debe tomarse en cuenta como parte integral desde la concepción de la obra. En sus primeras etapas es necesario ir generando metodologías aplicables de mantenimiento que se deben realizar a futuro cuando

se termine la construcción y está entre en servicio, sin importar el tamaño y complejidad de la misma. Los hospitales, al tratarse de sitios de gran afluencia de personas, aceleran su deterioro, esto se agrava si el centro médico es de carácter público. Muchas veces se ven afectados por vandalismo de parte de algunos usuarios y funcionarios, de modo que son estructuras que requieren de un mantenimiento continuo, que ataque estos daños dentro de su configuración. El mantenimiento periódico es una herramienta valiosa para lograr que este tipo de deterioro no afecte su desempeño y reduzca la vida útil del hospital, además este tipo de mantenimiento disminuye los costos más elevados de mantenimiento correctivo y permite un control más estricto de las actividades efectuadas (p. 69).

Este proyecto de investigación desarrolla la ausencia de mantenimiento correctivo y preventivo en los diferentes sectores de este hospital. Por lo tanto, se puede relacionar con el presente estudio.

La siguiente investigación muestra cómo, mediante una auditoría interna, se determinaron aspectos de mejora en el Área Regional de Ingeniería y Mantenimiento Brunca, donde se resaltó la planificación de proyectos de baja complejidad, así como el cumplimiento y la trazabilidad de proyectos bajo un plan de gestión:

Con el propósito de alcanzar los objetivos del presente estudio, se aplicaron los siguientes procedimientos metodológicos:

- Análisis de la información suministrada por la Dirección de Mantenimiento Institucional para el registro del PRUT.
- Verificación del desarrollo de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo del nivel local.
- Revisión de los instrumentos utilizados para la gestión de proyectos a nivel regional.
- Evaluación de la gestión de proyectos del ARIM RB 2022-2023.
- Revisión del Plan Presupuesto del ARIM RB 2022-2023.
- Clasificación de las actividades sustantivas del ARIM RB.
- Verificación de las condiciones de conservación del recurso físico.
- Revisión de los diagnósticos del estado de conservación de los inmuebles regionales.

- Análisis de los riesgos definidos por la DRIPSSB-ARIM RB para los períodos 2022-2023.
- Análisis de los mecanismos implementados por la ARIM RB para el fortalecimiento del sistema de control interno en operación (Fonseca Valerio, 2022, p. 4).

Estos son los antecedentes nacionales que se relacionan y enfatizan en los planes de gestión para el mantenimiento y las mejoras de operación.

1.4.1 Antecedentes internacionales

El primer trabajo corresponde a la investigación titulada *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento industrial para mejorar la eficiencia de los molinos del área de elaboración de compañía cervecera de nicaragua durante el período febrero - mayo del año 2022*, realizada por Moisés Herrera Cruz et al. (2022), en la empresa cervecera de Nicaragua:

El corazón de una Cervecería se centra en los procesos de la Elaboración de la cerveza, por lo tanto, garantizar el flujo del proceso es vital. Las herramientas utilizadas en la gestión del mantenimiento ayudan a optimizar el rendimiento de los equipos, sin embargo, es de mucha importancia la existencia de indicadores de eficiencia y productividad de las máquinas, el cual ayudan a tener una visión más clara sobre los puntos críticos que deben ser atacados, y los objetivos que no se están cumpliendo. Así mismo, una buena gestión en función del Manto industrial es de suma importancia ya que es una manera segura de garantizar la disponibilidad, rendimiento del activo, la eficiencia en las actividades planeadas y la calidad en el sistema productivo. Por esta razón se plantean las siguientes incógnitas: ¿Cuál es la disponibilidad y la eficiencia de los molinos del área de elaboración con el modelo de gestión del mantenimiento vigente? ¿Cómo podría mejorar la disponibilidad y la eficiencia del área de elaboración con un modelo de Gestión del mantenimiento mejorado? (p. 15).

La investigación busca mejorar el rendimiento y el aseguramiento de las máquinas que aporten mayor eficiencia y calidad al sistema productivo, garantizando la fiabilidad y estabilidad de la empresa. Para lograr esto, es necesario implementar un modelo de gestión del mantenimiento que ayude a ejercer un control sobre las maquinarias y a evitar

intervalos no provechosos debido a correcciones en el proceso (Herrera Cruz *et al.*, 2022).

La siguiente investigación es una propuesta de gestión de mantenimiento en la empresa Futech Group S. A., elaborada por Vásquez Vélez en 2011, en la ciudad de Medellín:

La planeación de la capacidad de mantenimiento determina los recursos necesarios para satisfacer las demandas de trabajo. Estos recursos incluyen: mano de obra, materiales, equipos y herramientas. Entre los aspectos fundamentales de la capacidad de mantenimiento se encuentra la cantidad de técnicos y sus habilidades, como las herramientas especiales requeridas para el mantenimiento. Debido a que la carga de mantenimiento es una variable aleatoria, no será posible realizar una planeación exacta de la demanda (p. 15).

Otro antecedente internacional es el artículo titulado *La planificación del mantenimiento, su importancia en la gestión de los activos*, escrito por Marrero-Hernández en el año 2022, de la Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba:

El estudio bibliográfico realizado y la aplicación de los métodos teóricos y empíricos, se realiza el análisis del fondo de tiempo, como aspecto fundamental para el cálculo de las capacidades, reales y efectivas de producción. Con el objetivo de realizar el estudio se obtienen datos primarios, asociados a los tiempos definidos para las intervenciones de mantenimiento, según lo planificado dentro del ciclo de vida del activo. Estas intervenciones son resultado de la planeación del mantenimiento, en este se definen los tiempos que como promedio se demoran las intervenciones y si son con medios propios o tercerizados. La estructura de estos tiempos se apoya en su definición, asociados a la realización de los estudios de organización del trabajo y la estructura de la jornada laboral, como parte de los tiempos de interrupción. Estos tiempos deben estar correctamente definidos y ajustados considerando además los tiempos de interrupción por causas no eliminables, por deficiencias técnico-organizativas, entre otros. Se recopilan con antelación los datos de los tiempos, por lo que se propone que los planes de mantenimiento estén diseñados con un año de antelación, para contar con esta información y calcular las capacidades efectivas de producción del próximo período (p. 5).

La siguiente investigación es una propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo, publicada en la revista chilena Ingeniare (2013):

El modelo propuesto surge de la necesidad de contemplar en la gestión de mantenimiento el contexto estratégico y operacional existente. Esto se consigue atendiendo a una serie de aspectos reales (no contemplados en otros modelos) necesarios para convertir un modelo teórico en un modelo real de gestión del mantenimiento. Así, el modelo tiene en cuenta las restricciones reales que podrían limitar el diseño de los planes de mantenimiento preventivo y los recursos necesarios para ello. También considera el proceso de selección de repuestos críticos (costos de inventario vs costos por indisponibilidad de equipos críticos) y la afectación positiva de las e-tecnologías (e-maintenance) en la gestión moderna del mantenimiento a nivel global.

Por otra parte, este modelo ha sido diseñado teniendo en consideración la existencia de dos posibles puntos de partida en el análisis e implementación: Si el proyecto está en fase de diseño, se debe partir con el Análisis del ciclo de vida LCCA3. Por otro lado, si el proceso ya existe y está en funcionamiento, el análisis comienza con la Jerarquización de equipos críticos, requiriendo de una evaluación para la respectiva optimización.

Adicionalmente, el modelo describe cómo gestionar y optimizar de una manera real y continua todos los procesos que tienen que ver con la planificación, programación y ejecución del mantenimiento. Todo ello contemplando un contexto operacional real ya que tiene en cuenta ciertas restricciones que pueden afectar en la eficiencia y/o eficacia de la gestión del mantenimiento industrial (s. p.).

Como último antecedente, la investigación brinda una pregunta muy importante, como *¿Qué es el mantenimiento planificado?*, realizada por Gomstyn y Jonker en 2023:

El mantenimiento planificado consiste en identificar y delimitar las tareas de mantenimiento y los recursos, como herramientas y piezas de repuesto, necesarios para la conservación, reparación o sustitución de un activo.

Como su nombre indica, el mantenimiento planificado implica preparar las actividades de mantenimiento con antelación como parte del programa de gestión

de activos de una organización. Esto contrasta con el mantenimiento no planificado, durante el cual un equipo de mantenimiento o un individuo debe abordar un problema sin el beneficio de una planificación anticipada.

Entre los beneficios del mantenimiento planificado para las organizaciones se incluyen: minimizar el tiempo de inactividad no planificado y los costes causados por fallos inesperados de los equipos, ampliar la vida útil de un activo y mejorar la seguridad en el lugar de trabajo (s. p.).

1.5 PROYECCIONES

En este proyecto se espera reducir el tiempo de demora de los equipos de manufactura en el Área de Producción del Laboratorio Soluciones Parenterales de la CCSS.

- Crear un plan de gestión de mantenimiento que garantice la eficiencia en el Departamento de Producción.
- Se propone un plan de mejora y un sistema de inventario eficiente y constante para intervenir de inmediato en los equipos de manufactura.
- Aumentar la producción diaria sin grandes demoras en la reparación de las máquinas.
- Mejora en la intervención de los equipos para evitar demoras en la producción.
- Se busca reducir costos y pagos a terceros encargados del mantenimiento preventivo.
- Crear un plan de mantenimiento preventivo para anticipar daños y fallas en los equipos de manufactura.

1.5.1 Alcances

El estudio se realiza en el Laboratorio Soluciones Parenterales de la CCSS, en el área de Ingeniería y Mantenimiento, donde se analiza el plan de gestión de mantenimiento predictivo y preventivo, el cual se encarga de mantener en las mejores condiciones los equipos industriales que utiliza el personal de producción del laboratorio, que se ocupa de la elaboración de los sueros.

A continuación, se presentan los alcances como parte del desarrollo de este proyecto:

- Determinar las causas que más provocan la intervención y reparación de equipos.

- Mejorar las condiciones actuales de los procesos en el Área de Manufactura en lo que respecta a la intervención de equipos, con el propósito de generar mejores condiciones operativas para quienes ejecutan esta actividad.
- Aplicar los indicadores de tiempo para contribuir al máximo en el estudio de este problema y orientar mediante estas técnicas o procedimientos a la disminución de paros y tiempos de los equipos.
- Mejorar, mediante un *software* CMMS, la disminución de órdenes de trabajo, gestionar los activos e inventarios y realizar programas de mantenimiento preventivo y predictivo con base en criterios como el tiempo, busca una mayor eficiencia, reducción de costos y mayor seguridad.
- Bajo la implementación de las propuestas que se plantearon, el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, en un plazo de 5 años, busca reducir entre un 20 % y un 25 % el pago por trabajos de mantenimiento preventivo a terceros. Esto representaría un ahorro de entre 26.000.000 a 32.000.000 millones anuales después del quinto año.

Para el desarrollo y la obtención de la información del proyecto, se cuenta con la colaboración de las jefaturas de Ingeniería, Producción y el supervisor de mantenimiento.

1.5.2 Limitaciones

No se presentaron limitaciones durante el desarrollo del presente estudio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

Seguidamente, se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles que se tomaron en cuenta para el desarrollo del presente estudio.

2.1.1 Metodología DMAIC

La metodología DMAIC es una herramienta fundamental en la mejora de procesos dentro de las organizaciones. Su nombre proviene de las iniciales de las cinco fases que la componen: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Esta metodología se ha utilizado por empresas líderes, como Motorola, para optimizar sus procedimientos y aumentar la eficiencia. En un entorno empresarial cada vez más competitivo, la capacidad de optimizar continuamente los procesos resulta esencial para el éxito a largo plazo (Arturo, 2025).

Figura 2.1: ejemplo de metodología DMAIC



Fuente: Hesam (s. f.).

2.1.2 Project Charter

El *project charter* o acta de constitución del proyecto es una presentación de alto nivel de los objetivos, el alcance y las responsabilidades del proyecto, destinada a obtener la aprobación de las partes interesadas clave al inicio. En el *project charter* se debe

proporcionar una justificación del proyecto que incluya una descripción breve y concisa de sus elementos principales como punto de partida. Al elaborar el *project charter* o acta de constitución del proyecto antes de comenzar con otros documentos de planificación más detallados, se puede conseguir la aprobación por parte de los primordiales *stakeholders*, así como corregir el curso si fuera necesario (Martins, 2024).

Figura 2.2: ejemplo de un Project Charter

ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO	
Fecha	Nombre de Proyecto
25 de Febrero de 2022	SABANNAH GREEN HOUSE
Fecha de inicio del proyecto	Fecha tentativa de finalización del proyecto
01 de abril de 2022	01 de Mayo de 2024
Sector y Área	
Privado, construcción inmobiliaria.	
Planteamiento del problema	
A través de la investigación realizada se tiene que las empresas dedicadas a la construcción inmobiliaria en estratos 3 y 4 en el municipio de Villavicencio son muy pocas, puesto que estas están dedicadas mayoritariamente a los estratos altos y bajos. La empresa actualmente cuenta con un posicionamiento en el mercado puesto que ha realizado distintos proyectos, los cuales han sido completamente exitosos y esto hace que muchos clientes confíen en la empresa para brindar solución a su necesidad de vivienda propia.	
Objetivos del proyecto (general y específicos)	
Objetivo general Brindar solución a las necesidades de vivienda de los estratos 3 y 4 en la ciudad de Villavicencio Objetivos específicos 1. Realizar la formulación del proyecto 2. Gestionar los trámites y permisos legales necesarios para la ejecución del proyecto 3. Generar un departamento de ventas del proyecto 4. Realizar la construcción de las viviendas en sus distintas etapas 5. Atender adecuadamente las necesidades de posventas del proyecto 6. Organizar un programa de gerencia de proyectos	
Justificación o propósito del proyecto (Porqué y/o Para qué)	
Este proyecto es importante dentro del entorno debido a que brinda una solución a la problemática de vivienda en la ciudad de Villavicencio, ya que este proyecto realiza una combinación entre el medio ambiente campestre y la ciudad, de ahí su nombre, además en Villavicencio actualmente se construye mucho en estratos 5 y 6, lo cual hace el mercado de estratos medios una oportunidad de negocio y posicionamiento mayor en el mercado, lo que puede generar un gran crecimiento en la Empresa mediante el desarrollo de este proyecto.	
Descripción del producto o servicio que generará el proyecto – Entregables finales del proyecto	

1

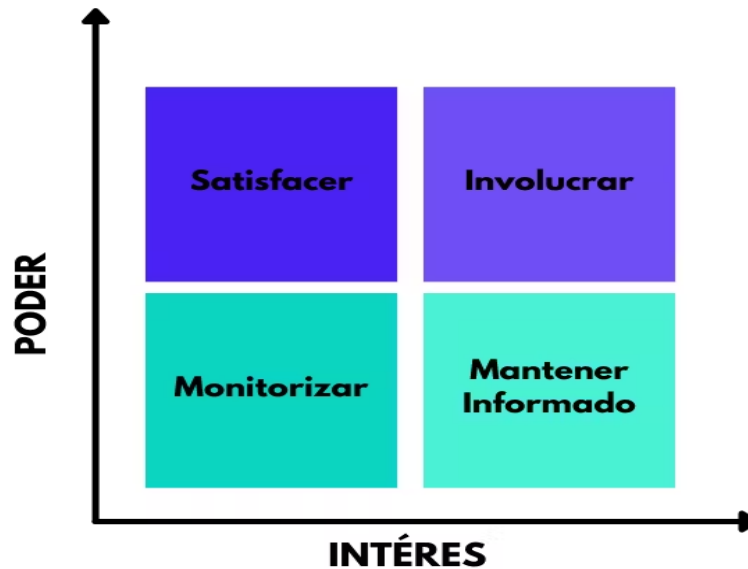
Fuente: Cruz (2025).

2.1.3 Diagrama de análisis de Stakeholders

Los *stakeholders* son cualquier persona o grupo involucrado en —o afectado por— un proyecto, organización o acción. Algunos ejemplos comunes de *stakeholders* incluyen a los empleados, los accionistas, los clientes, los organismos gubernamentales, los

miembros del público, las empresas y los organismos reguladores. Otros nombres que se utilizan para referirse a los *stakeholders* son *partes interesadas* o *grupos de interés* (Simply Stakeholders, 2022).

Figura 2.3: ejemplo de análisis de Stakeholders



Fuente: Castelan (2021).

2.1.4 Sipoc

Un diagrama Sipoc sirve para representar un proceso para entender su funcionamiento, con lo que se tiene mayor facilidad para comprender los requisitos o lo que espera el cliente con la salida que se genera, así como las condiciones o requerimientos que se necesitan en la entrada para asegurar que lo que se genere sea lo requerido. Además, esta representación permite identificar los puntos débiles que generan problemas en el proceso. Asimismo, se logra comunicar de forma asertiva cómo un proceso genera resultados, ya que esta es una descripción concreta de lo que hace un procedimiento (Betancourt, 2017).

Figura 2.4: ejemplo de Sipoc

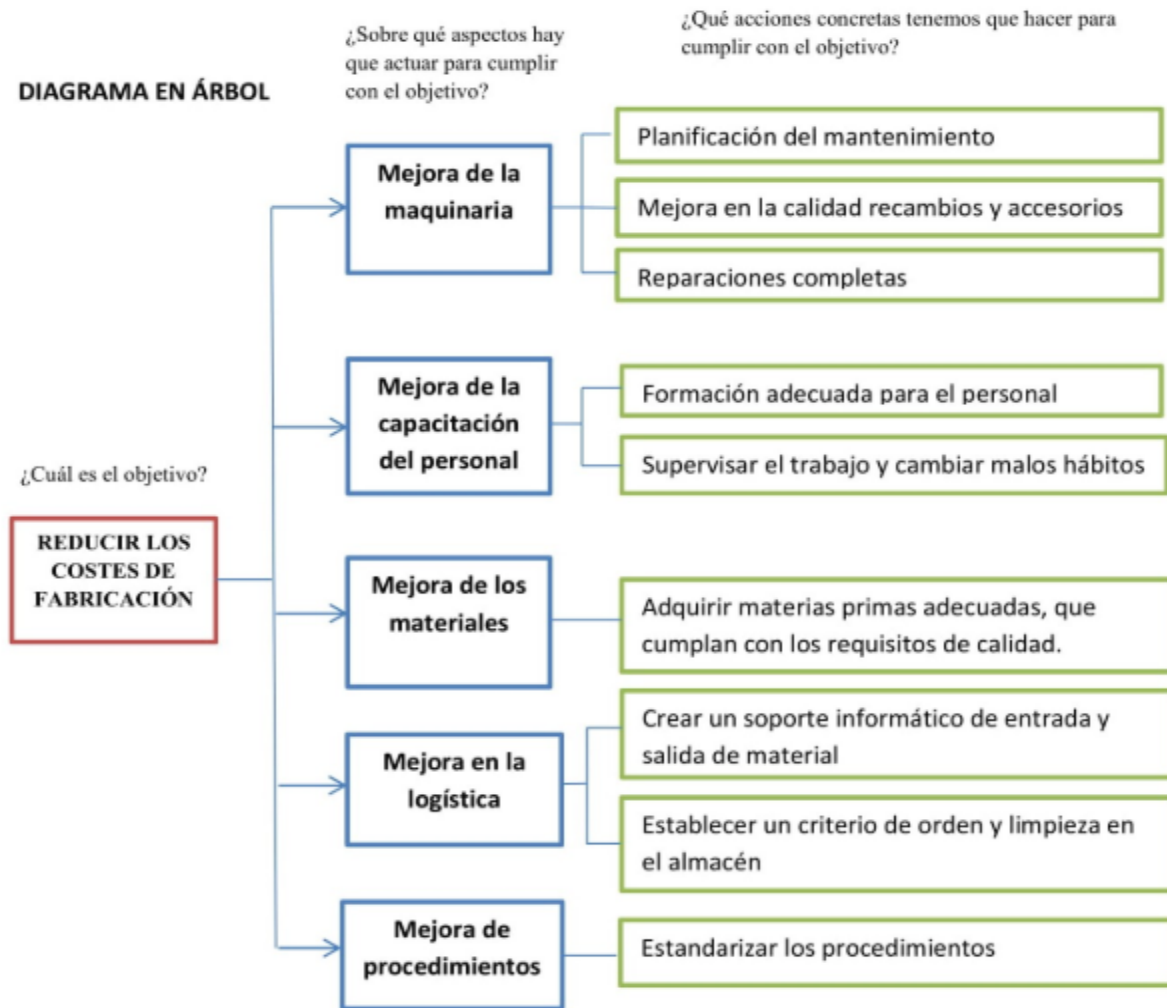


Fuente: Edit. Org (s. f.).

2.1.5 Diagrama de árbol de CTQ

Un árbol CTQ, también conocido como *CTQ tree* o árbol crítico para la calidad, es un diagrama que se utiliza para identificar las necesidades del cliente y traducir esa información en requisitos medibles de productos y procesos. De esta manera, los árboles CTQ permiten a las organizaciones comprender las características de un producto o servicio que los clientes valoran más, como la calidad (Probabilidad y estadística. 2025).

Figura 2.5: ejemplo de árbol de CTQ



Fuente: Posting komentar (2022).

2.1.6 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo sirve para ordenar los procesos por entrada y salida para saber qué hacer en cada escenario. De este modo, se puede determinar fácilmente cuáles son los procedimientos que aportan mayor valor al proyecto.

Además, ayuda a definir límites en los procesos y a establecer una comunicación eficaz, porque todos los miembros de la entidad, después de haber recibido la capacitación, comprenden el lenguaje. También ayuda a establecer mecanismos de control y medición en los procesos.

Cuanto más sencillo sea el diagrama de flujo, más comprensible y manejable es para aquellos que se familiaricen con él. Los diagramas de flujo son muy utilizados para mostrar los procesos en las empresas (Gestionar fácil, 2025).

Figura 2.6: ejemplo de diagrama de flujo

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Terminal. Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso		Actividad. Representa una actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión. Indica un punto en el flujo en que se produce una bifurcación del tipo "SÍ" – "NO"		Documento. Se refiere a un documento utilizado en el proceso, se utilice, se genere o salga del proceso.
	Multidocumento. Refiere a un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente que agrupa distintos documentos.		Inspección/ firma. Empleado para aquellas acciones que requieren supervisión (como una firma o "visto bueno")
	Base de datos/ aplicación. Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de flujo. Proporciona una indicación sobre el sentido de flujo del proceso.

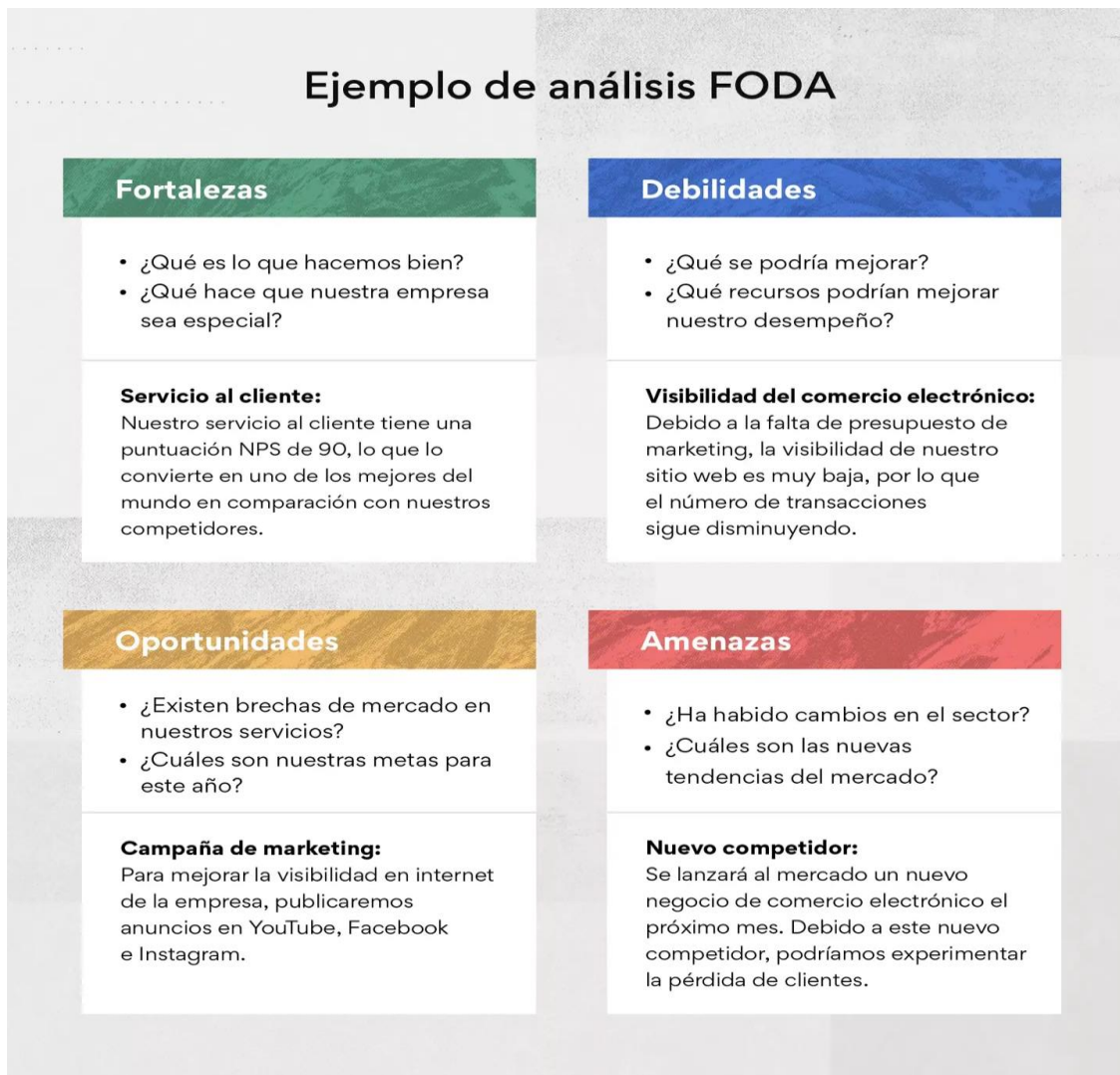
Fuente: Gestionar fácil (2025).

2.1.7 FODA

Un análisis FODA se puede llevar a cabo de diferentes maneras. Si bien algunos equipos prefieren reunirse y proponer ideas en una pizarra, otros optan por crear una matriz FODA formal. Si se elige elaborar el análisis FODA, se debe saber que la aplicación del proceso creativo de planificación puede despertar ideas nuevas que, al ser puestas en práctica, derivan en buenos resultados y soluciones únicas.

Existen diversas maneras de garantizar que el análisis FODA sea profundo y correcto. Algunos métodos incluyen reunir al equipo, de una manera que favorezca el trabajo colaborativo, prepararse de antemano para utilizar el tiempo de forma efectiva y aplicar la creatividad en la selección de las ideas. Enseguida, se observan más de cerca ciertos consejos útiles para iniciar el análisis (Raeburn, 2024).

Figura 2.7: ejemplo de FODA



Fuente: Raeburn (2024).

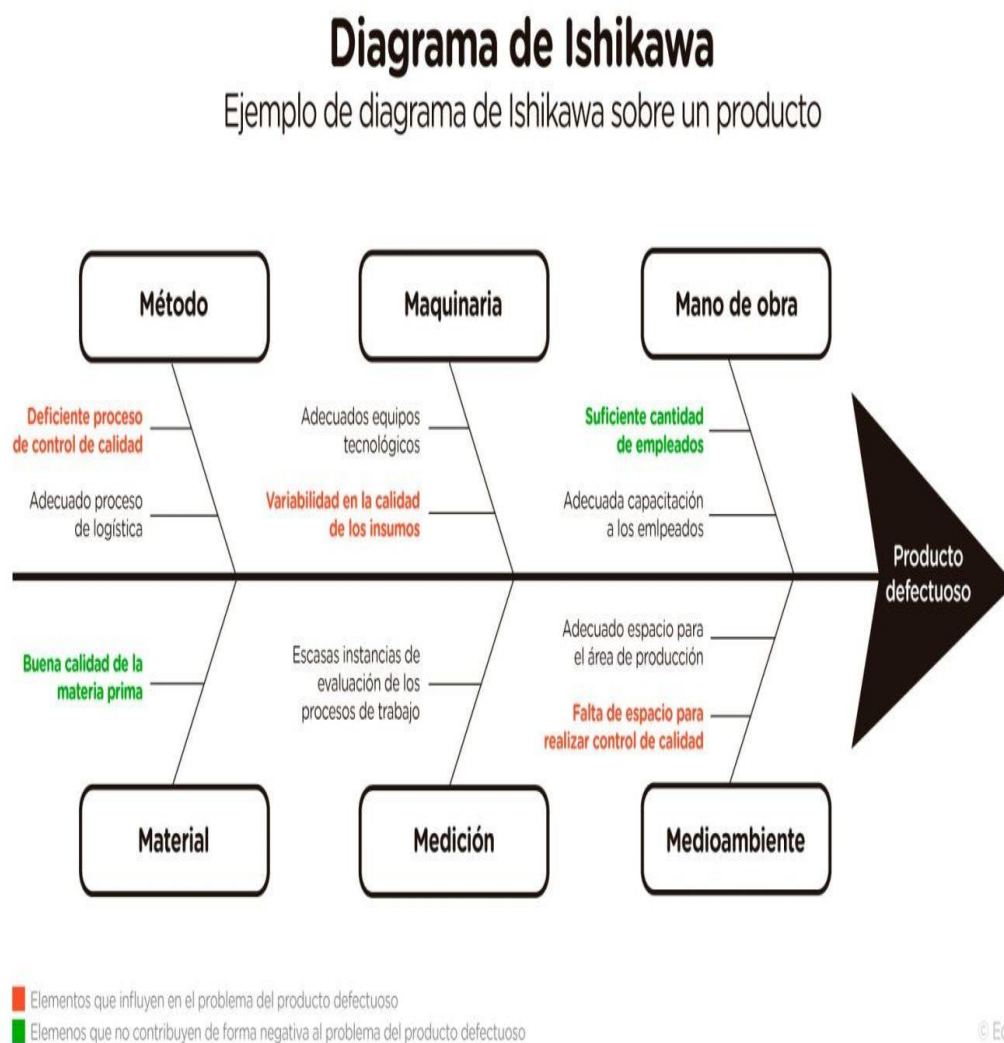
2.1.8 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también denominado diagrama de causa y efecto o diagrama de espina de pescado, es un organizador gráfico que representa las distintas causas de un problema, con el objetivo de encontrar una solución o de un hecho, con la finalidad de conocer cuáles eventos lo produjeron.

Este diagrama fue inventado alrededor de 1940 y, posteriormente, mejorado por Kaoru Ishikawa, un químico y administrador de empresas nacido en Japón, para analizar los distintos factores que intervienen en un proceso empresarial y determinar cuáles son los que producen un problema.

Una vez que se detecta qué elemento genera el inconveniente, es posible plantear una solución para mejorar la calidad de un servicio o de un producto, alcanzar la eficiencia en un proceso o lograr un objetivo (Enciclopedia Concepto, 2025).

Figura 2.8: ejemplo de diagrama de Ishikawa



Fuente: Enciclopedia Concepto (2025).

2.1.9 Multivoto

Pérez (2017) lo explica de la siguiente forma:

Pasos:

Planificar

- 1.- definir el problema
- 2.- describir el problema actual
- 3.- identificar las causas raíz
- 4.- desarrollar la solución y el plan de implementación

Surgen dificultades cuando no se conoce bien el objetivo, el problema o composición. Pues pueden surgir criterios de enfoques difusos o errados.

Muchas opiniones o personalidades causen un conflicto o ambiente perturbador o que diferentes niveles de estatus puedan causar intimidación en un ambiente cara a cara. Es por eso se recomienda eliminar las oportunidades para la interacción interactiva.

La multivotación es una técnica en grupo para reducir una larga lista de elementos a unos pocos manejables.

Se utiliza cada vez que la técnica de lluvia de ideas o una técnica similar ha producido una lista larga que necesita reducirse.

También deberá utilizarse al final de un diagrama de causa y efecto para seleccionar las primeras 3 a 5 causas a ser investigadas (s. p.).

Figura 2.9: ejemplo de multivoto

MATRIZ DE MULTIVOTACIÓN DE CAUSAS					
Tema: <i>Problemas que afectan la Demanda irregular en el primer semestre del año en una Franquicia</i>					
Propósito: Elegir las causas raíz de mayor impacto en el problema de existir desconocimiento de la marca en el mercado local , a través de la multivotación.					
Item	Problemas	VOTACIÓN			
		1ra.	2da.	Prom.	Orden
1	<i>Exigen materiales especiales para sus productos</i>	3	1	2	
2	<i>Falta de una mejor estrategia de marketing</i>	5	5	5	1ro.
3	<i>Desmotivación del personal</i>	4	4	4	3ro.
4	<i>Mayor preferencia del público por la informalidad</i>	3	4	3.5	5to.
5	<i>La competencia tiene tecnología avanzada</i>	4	5	4.5	2do.
6	<i>En el proceso de producción se presentan cambios del cliente</i>	4	4	4	4to.
7	<i>Influencia de Fenómenos Externos: Mercado Globalizado</i>	3	0	1.5	

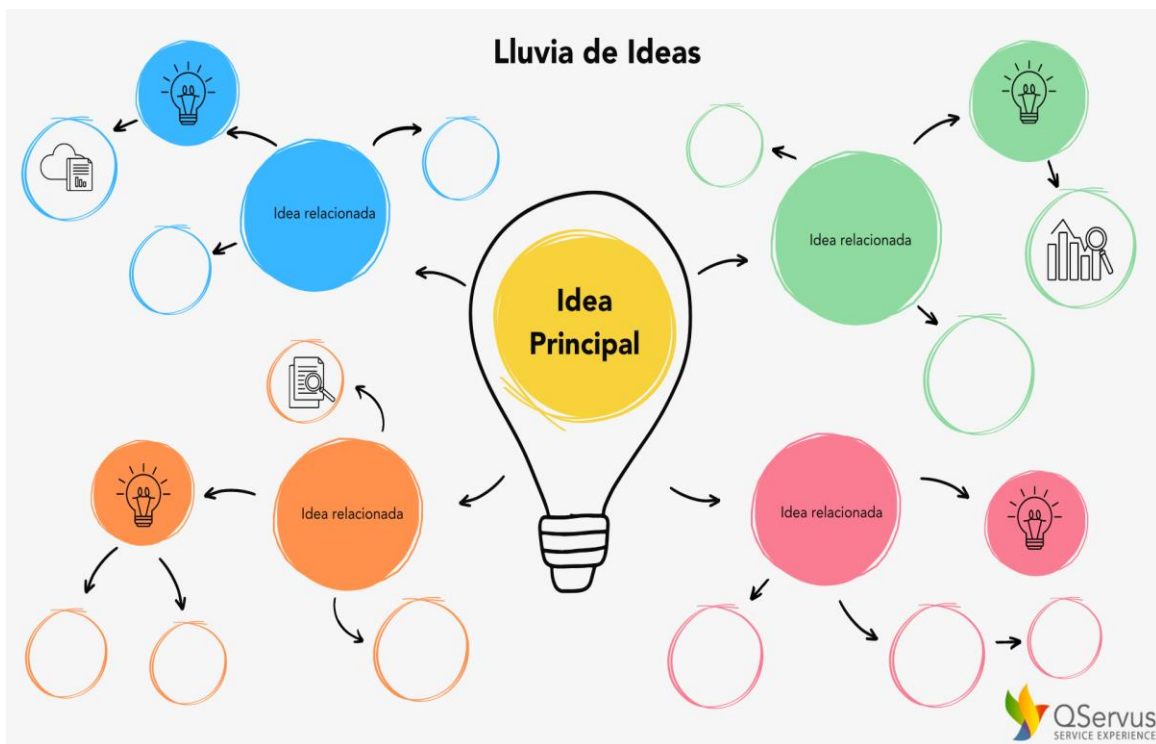
Fuente: Wikidot (2016).

2.1.10 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas es un procedimiento de trabajo en el que participa un grupo de personas y se promueve que cada individuo aporte sugerencias o comentarios novedosos y originales sobre un asunto o sobre la forma de resolver un problema. Esta herramienta se utiliza en empresas, en departamentos de *marketing* o de publicidad, así como en cualquier ambiente en el que se esté llevando a cabo un proyecto o en el que se necesite encontrar una solución a un problema.

Este procedimiento consta de tres etapas. En primer lugar, se establece cuál es el eje central que se trata y que debe explicarse a todo el equipo. En segundo lugar, las personas participantes sugieren ideas libremente, las cuales no siempre parecen lógicas y se anotan de una manera determinada, por ejemplo, en una lista o en un mapa mental. Por último, a partir de una idea o de una combinación de varias se llega a una conclusión (Enciclopedia de ejemplos, 2025).

Figura 2.10: ejemplo de lluvia de ideas



Fuente: marketing QServus, 2022.

2.1.11 Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt sirve para:

Representar la planificación y la organización de un proyecto de manera visual, lo que permite observar las actividades necesarias para su desarrollo y el momento en que se realiza cada una.

Programar y ordenar proyectos complejos. Se utiliza para determinar el orden en que se llevan a cabo las actividades de proyectos en los que participan muchas personas.

Administrar cuáles personas o áreas realizarán cada actividad. Se utiliza para distribuir tareas y para determinar en qué momento comienza y termina el trabajo de cada individuo o sector, así como cuándo debe iniciar el siguiente.

Calcular los tiempos, la mano de obra y el costo de un proyecto. Se utiliza para determinar aproximadamente cuándo está listo el proyecto, la cantidad de personas que trabajarán y cuánto costará.

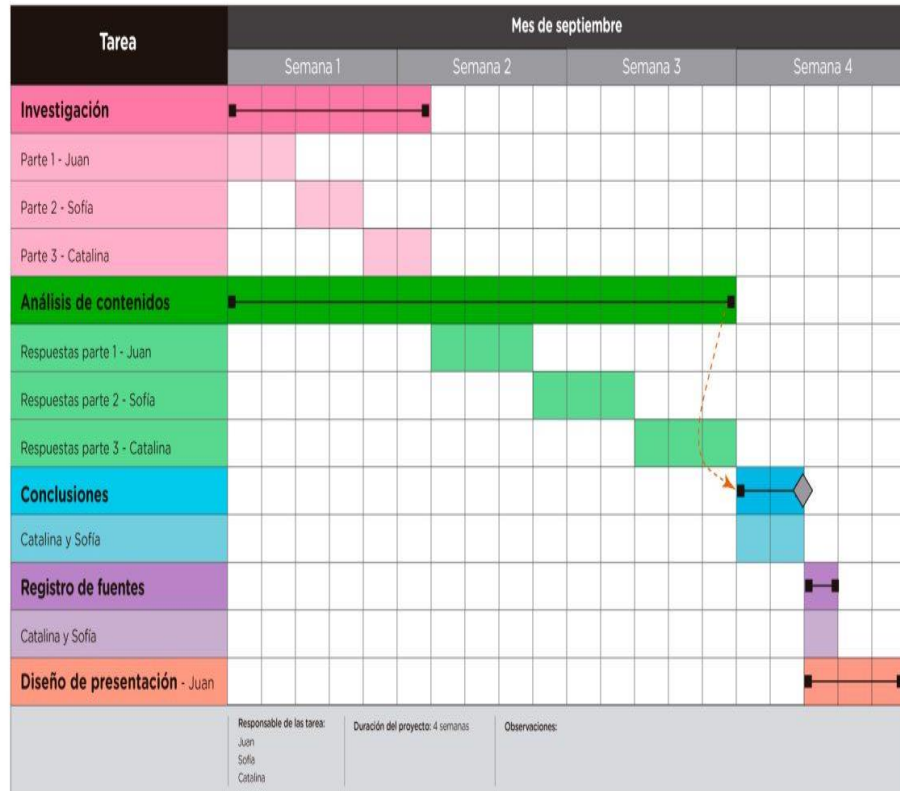
Visualizar el avance del proyecto, lo que permite observar cuáles tareas están completas, cuáles se llevan a cabo y cuáles aún no han comenzado, así como controlar que todo funcione correctamente.

Reorganizar el trabajo. Una vez que el proyecto haya comenzado, en este diagrama se pueden realizar las modificaciones necesarias para adaptarlo al ritmo y al modo de trabajo (Enciclopedia Concepto, 2025).

Figura 2.11: ejemplo de diagrama de Gantt

Diagrama de Gantt

Ejemplo de diagrama de Gantt sobre un trabajo práctico final



© Editorial Etecé

Fuente: Enciclopedia Concepto (2025).

2.1.12 Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

El AMEF es un procedimiento que enriquece a las organizaciones, de manera que considerar su implementación no requiere condiciones específicas de las operaciones. Sin embargo, pueden detectarse situaciones en las cuales el AMEF es una herramienta vital de soporte, por ejemplo:

Diseño de nuevos productos y servicios.

Diseño de procesos.

programas de mantenimiento preventivo.

Etapas de documentación de los procesos y productos.

Etapas de recopilación de datos como recurso de formación.

Por exigencias de los clientes.

El AMEF es, por excelencia, la metodología propuesta como mecanismo de acción preventiva en el diagnóstico y la implementación del Lean Manufacturing. Esta se activa mediante los indicadores cuando se requiere prevenir la generación de problemas (López Salazar, 2019).

Figura 2.12: ejemplo de FMEA-AMEF

Nº	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia
1	CORTAR	Cortar un área menor a la especificada	No se puede armar el bolsillo con las dimensiones correctas. Parte descartada.	6	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	4
2	CORTAR	Cortar un área mayor a la especificada	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas.	3	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	5
3	CORTAR	Romper el centro de la tela con las tijeras	No se puede ensamblar un bolsillo con rotos en el centro. Parte descartada.	8	Falta de pericia del operador; instrumento de corte defectuoso; condiciones de luz deficientes.	3
4	CORTAR	Manchar la tela con suciedad de las tijeras.	Alteración del color de la tela. Producto terminado no conforme.	5	Falta de limpieza, orden y estandarización	6
5	CORTAR	Cortar el cuerpo del operario.	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido, alteración del color de la tela.	10	Falta de pericia del operador; uso inadecuado o falta de elementos de protección personal.	2
6	CORTAR	Cortar o entregar piezas incompletas.	No se puede coser un bolsillo con piezas incompletas. Proceso siguiente afectado. Reproceso	3	Falta de pericia del operador; carencia de herramientas de control de unidades en proceso.	6

Fuente: López Salazar (2019).

2.1.13 Evento Kaizen

Un evento Kaizen™ debe llevarse a cabo en el gemba, en el lugar de trabajo real donde se agrega valor. Es en este entorno donde se desarrolla el proceso o área que requiere mejora. Realizar el evento en el gemba permite que el equipo observe directamente el proceso en funcionamiento e identifique la muda (desperdicio), los problemas y las oportunidades de mejora. De esta manera, las personas participantes pueden obtener una comprensión completa del contexto e implementar soluciones efectivas (Kaizen Institute, 2025).

Figura 2.13: ejemplo de un evento Kaizen

Evento KAIZEN™:		
FECHA DE PUESTA EN MARCHA / /	FECHA DE CONCLUSIÓN / /	ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN / /
1. DEFINIR EL DESAFÍO ✓	4. ENCONTRAR CAUSAS RAÍZ ✓	7. ACTUALIZAR EL PLAN DE ACCIONES ✓
2. VERIFICAR SITUACIÓN ACTUAL ✓	5. DISEÑAR SOLUCIONES ✓	8. CONFIRMAR RESULTADOS E ESTÁNDAR ✓
3. DEFINIR SITUACIÓN OBJETIVO ✓	6. PRUEBA DE SOLUCIONES ✓	9. EVALUAR, DESPLEGAR Y PERSEVERAR ✓
Líder del proyecto:	Equipo:	Responsable:

Fuente: Kaizen Institute (2025).

2.1.14 Análisis estadístico

Un análisis estadístico se refiere a la recopilación, interpretación y validación de los datos. Gracias a esta información es posible tomar decisiones más acertadas, ya que se basan en la experiencia.

Por ejemplo, si se supone que una empresa tiene interés en conocer la preferencia por un producto y realiza una encuesta. Los datos reflejados en ella ayudan a determinar cuál es el producto preferido por sus clientes y a aumentar su producción. Algo importante por mencionar sobre estos análisis es que se debe aplicar una operación estadística para obtener una interpretación clara y precisa (LatAm Network Business, 2024).

Figura 2.14: ejemplo de un análisis estadístico

		Variable dependiente	
		Categoría	Continua
Variable independiente	Categoría	• Tabulación cruzada • Regresión Logística	• Prueba t para muestras independientes • ANOVA unidireccional
	Continua	• Regresión logística • Regresión ordinal	Correlación Regresión Lineal

Fuente: Godoy Rodríguez (2020).

2.1.15 Matriz de estrategias

Diversos autores e investigadores coinciden en que el análisis FODA, también conocido como matriz o análisis (DOFA) o en inglés como SWOT, es una metodología para estudiar la situación competitiva de una empresa en su mercado (situación externa) y las características internas (situación interna) de esta. Lo anterior tiene el fin de que se determinen sus debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas. El estado interno se compone de dos factores controlables: fortalezas y debilidades, mientras que el externo se compone de dos factores no controlables: oportunidades y amenazas.

Durante la etapa de planificación estratégica y a partir del análisis FODA, se debe contestar cada una de las siguientes preguntas:

¿Cómo se puede explotar cada fortaleza?

¿Cómo se puede aprovechar cada oportunidad?

¿Cómo se puede detener cada debilidad?

¿Cómo se puede defender de cada amenaza?

Es importante resaltar que este recurso se creó a principios de la década de los 70 y existen muchas dudas en cuanto a quién fue su verdadero creador, lo que produjo una revolución en el campo de la estrategia empresarial.

El objetivo principal del análisis FODA es determinar las ventajas competitivas de la empresa bajo análisis y la estrategia genérica que más le convenga, en función de sus características propias y de las del mercado en el que se desenvuelve. Este importante análisis consta de cuatro pasos:

Análisis externo, también conocido como el modelo de las cinco fuerzas de Michael Porter (1980).

Análisis interno.

Confección de la matriz FODA.

Determinación de la estrategia por emplear (Diario del Exportador, 2025).

Figura 2.15: ejemplo de matriz de estrategias FODA

	FORTALEZAS Enlista las FORTALEZAS identificadas	DEBILIDADES Enlista las DEBILIDADES identificadas
OPORTUNIDADES Enlista las OPORTUNIDADES identificadas	1 F – O <i>Estrategia MAX – MAX</i> Estrategias que utilizan las FORTALEZAS para MAXIMIZAR las OPORTUNIDADES	D – O 2 <i>Estrategia MIN – MAX</i> Estrategias para MINIMIZAR las DEBILIDADES aprovechando las OPORTUNIDADES
AMENAZAS Enlista las AMENAZAS identificadas	3 F – A <i>Estrategia MAX – MIN</i> Estrategias que utilizan las FORTALEZAS para MINIMIZAR las AMENAZAS	D – A 4 <i>Estrategia MIN – MIN</i> Estrategias para MINIMIZAR las DEBILIDADES evitando las AMENAZAS

Fuente: Portillo (2025).

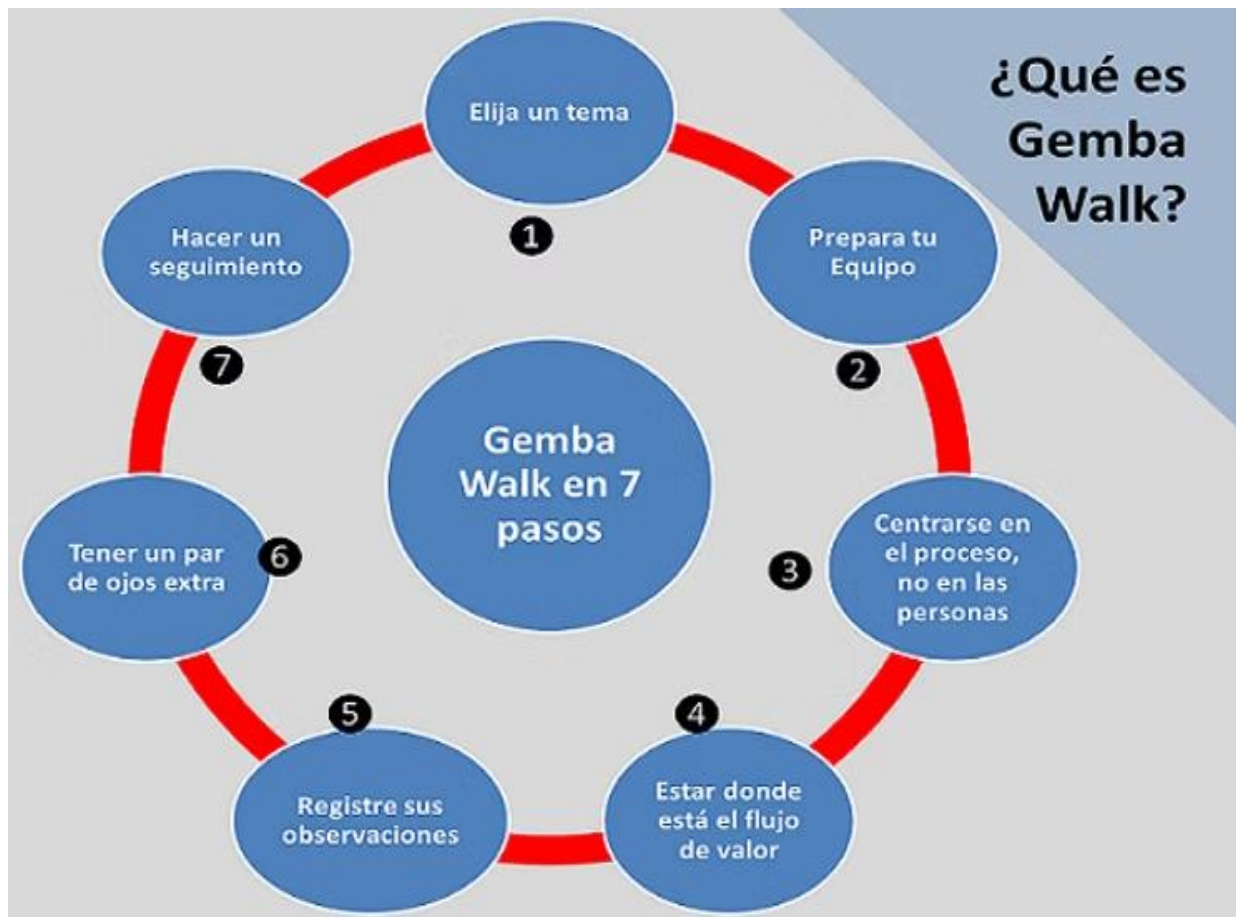
2.1.16 Gemba Walk

El término *gemba* proviene del japonés y significa *lugar real*. De esta manera, el *gemba walk* consiste en un ejercicio que implica caminar por la planta de producción y observar los procesos. Esta práctica forma parte de la metodología de gestión Lean.

El objetivo principal es proporcionar una visión directa del desarrollo de las actividades, lo que permite extraer las propias conclusiones. De esta manera, se estará en una mejor posición para tomar decisiones más informadas y alineadas con la realidad cotidiana del lugar.

Es crucial subrayar que el *gemba walk* se centra en la observación. Aunque se pueden llevar a cabo entrevistas y realizar preguntas, se recomienda que estas actividades se efectúen en momentos separados para evitar la mezcla de procesos y garantizar una evaluación más precisa (Abreu, 2025).

Figura 2.16: ejemplo de Gemba Walk



Fuente: Medina (2022).

2.1.17 Análisis de costos

El análisis de costos es el proceso de examinar y desglosar los costos asociados con la producción de bienes o la prestación de servicios, con el fin de comprender su estructura y comportamiento. Este análisis implica identificar y categorizar los diferentes tipos de costos, calcular su impacto en los resultados financieros y utilizar esta información para tomar decisiones informadas sobre la gestión de costos y la rentabilidad (Financiero, 2025).

Figura 2.17: ejemplo de un análisis de costos

Industria Carper S.A.			
Estado de resultados del año 2020			
que finaliza el 31 de diciembre (en miles de Q)			
Ventas		Q 5,075,000.00	
Costo de ventas		<u>Q 3,704,000.00</u>	73%
Margen de contribución		Q 1,371,000.00	27%
Gasto de operación			
Gastos de distribución y ventas	Q 650,000.00		
Gastos de administración	Q 416,000.00		21%
Depreciación del período	<u>Q 152,000.00</u>		
Total gastos de operación		<u>Q 1,218,000.00</u>	24%
Utilidad en operación		Q 153,000.00	
Gastos por intereses		<u>Q 93,000.00</u>	2%
Utilidad antes de impuestos		Q 60,000.00	
Impuestos tasa 40%		<u>Q 24,000.00</u>	
Utilidad después de impuestos		Q 36,000.00	
Menos dividendos preferentes		<u>Q 3,000.00</u>	
Utilidad disponible para accionistas comunes		<u>Q 33,000.00</u>	
Acciones		100000	
Utilidad por acción	Q	0.33	

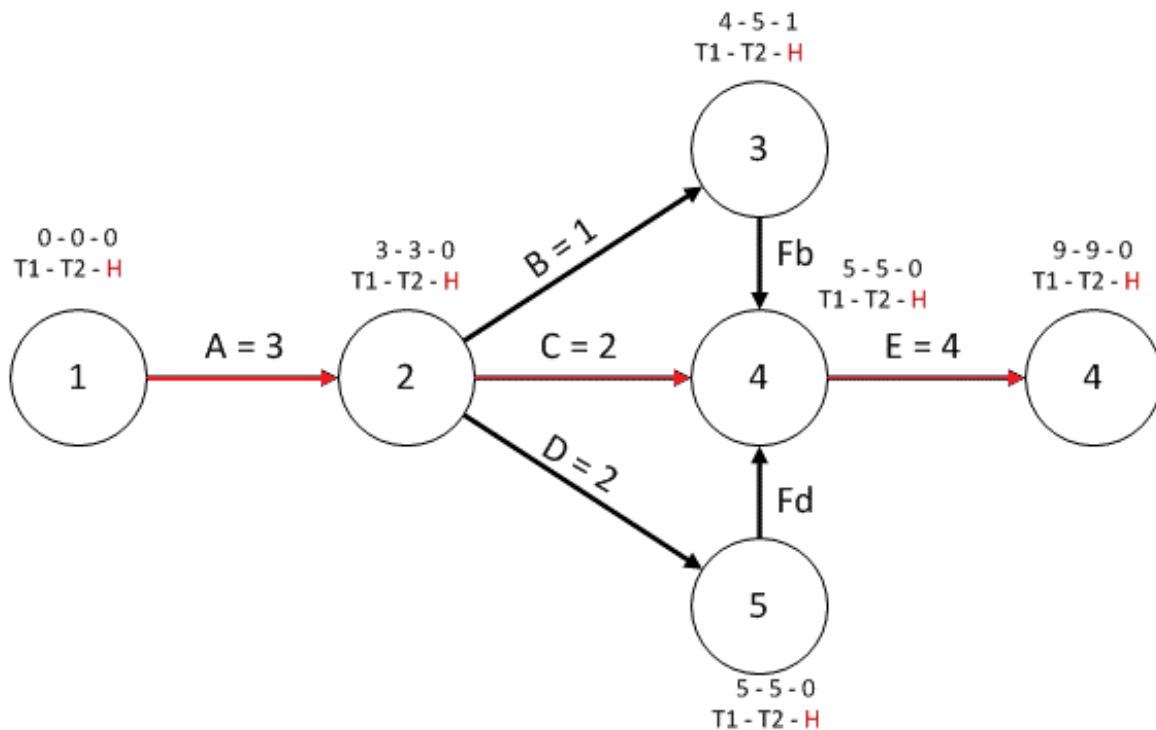
Fuente: Studypool Inc. (2025).

2.1.18 Método de ruta crítica

El método de la ruta crítica (MRC) es una estrategia de organización que permite evaluar el alcance de las actividades de un proyecto. Es decir, lo que debe hacerse, los recursos que se necesitan para su desarrollo y determinar quiénes son responsables de ellas. Asimismo, ayuda a ordenarlas según su duración estimada, de manera que sea más sencillo trazar una ruta para seguir y saber con claridad cuándo está listo el resultado. Este procedimiento es idóneo para proyectos, tanto pequeños como grandes, por lo que ha ganado popularidad para asegurar la consistencia en la gestión de proyectos.

Además, resulta muy útil para que los líderes de equipo creen líneas de tiempo realistas para sus colaboradores, puesto que pueden prever *el peor de los casos* y establecer expectativas más precisas, a la vez que ofrecen a sus profesionales un período amplio para perfeccionar su trabajo (Rojas, 2023).

Figura 2.18: ejemplo de método de ruta crítica



Fuente: Sinnaps (2020).

2.1.19 Fórmula ROI

ROI es un acrónimo en inglés que significa *return on investment*. En español se traduce el término como *retorno de la inversión*. Esta es una métrica de rendimiento que se utiliza para evaluar cuán beneficiosa fue una inversión en relación con su costo.

Es decir, aprender a calcular el ROI permite evaluar la efectividad de una inversión. Por lo tanto, comparar cuáles estrategias son las más adecuadas para lograr un objetivo específico. Por ejemplo, el ROI promedio de la industria tabacalera es del 800 %, mientras que el ROI de los mayoristas alcanza el 20 %, según un estudio reciente (Zendesk, 2023).

Figura 2.19: ejemplo de la fórmula ROI

$$\text{ROI} = (\text{Rendimiento obtenido} - \text{inversión}) \div \text{inversión} \times 100$$

Fuente: Zendesk (2023).

2.1.20 Gráfico de control

El gráfico de control se creó en 1920 por Walter Andrew Shewhart, por este motivo, también se conoce como diagrama de Shewhart. En la gestión de la calidad, los gráficos de control tienen diversas aplicaciones. Por ejemplo, se puede utilizar un gráfico de control para supervisar la cantidad de unidades defectuosas en un proceso de producción o para analizar la variación del rendimiento de una operación financiera.

El gráfico de control resulta muy útil en el control estadístico de procesos; de hecho, se considera una de las siete herramientas básicas de calidad (Probabilidad y Estadística, 2025).

Figura 2.20: ejemplo de un gráfico de control



Fuente: Probabilidad y Estadística (2025).

2.1.21 Matriz de criticidad

En el mantenimiento, la criticidad es un indicador que se utiliza para determinar el grado de relevancia de uno o varios activos en un determinado proceso de producción. Su principal objetivo es entender cuáles son los efectos y los riesgos que un equipo puede causar en toda la industria y su producción en caso de que se presente una falla funcional. A través del análisis de la matriz de criticidad se definen las estrategias de mantenimiento, ya que indica cuál activo debe atenderse con prioridad (Alex Vedan, 2025).

Figura 2.21: matriz de criticidad

Probabilidad	Alta	Media	Alta	Alta
	Media	Baja	Media	Alta
	Baja	Baja	Baja	Media
		Insignificante	Moderado	Catastrófico
TRACTIAN		Impacto		

Fuente: Alex Vedan (2025).

2.1.22 Activos

Un activo es todo bien, propiedad o derecho que posee una persona física o jurídica, del cual puede obtener beneficios y que puede convertirse en liquidez en caso de que sea necesario. Los activos pueden brindar beneficios mientras estén en posesión de la

persona, es decir, mientras formen parte de su patrimonio, ya que tienen la posibilidad de ser liquidados en cualquier momento por su propietario. Dicho beneficio puede ser económico o no, pero se mantiene en posesión de la empresa por el valor que aporta (Enciclopedia Iberoamericana, 2025).

Figura 2.22: activos



Fuente: Drip Capital Inc. USA (2025).

2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

El estudio para diseñar un plan de gestión de mantenimiento se realiza en el Laboratorio Soluciones Parenterales de la CCSS, ubicado en Heredia. Se lleva a cabo un análisis en el Área de Mantenimiento con el objetivo de mejorar la eficiencia y la productividad en el Área de Producción.

2.2.1 Visión/Misión

La visión y la misión de la empresa son las siguientes.

Visión

Proporcionar los servicios de salud en forma integral al individuo, la familia y la comunidad, y otorgar la protección económica, social y de pensiones, conforme la legislación vigente, a la población costarricense, mediante:

El respeto a las personas y a los principios filosóficos de la CCSS: Universalidad, Solidaridad, Unidad, Igualdad, Obligatoriedad, Equidad y Subsidiaridad.

El fomento de los principios éticos, la mística, el compromiso y la excelencia en el trabajo en los funcionarios de la Institución.

La orientación de los servicios a la satisfacción de los clientes.

La capacitación continua y la motivación de los funcionarios.

La gestión innovadora, con apertura al cambio, para lograr mayor eficiencia y calidad en la prestación de servicios.

El aseguramiento de la sostenibilidad financiera, mediante un sistema efectivo de recaudación.

La promoción de la investigación y el desarrollo de las ciencias de la salud y de la gestión administrativa (Laboratorio Soluciones Parenterales, 2025, s. p.).

Misión

La visión del Laboratorio de Soluciones Parenterales es producir soluciones parenterales y para hemodiálisis en forma eficiente, eficaz e innovadora, de acuerdo con la reglamentación vigente, con el fin de cubrir oportunamente la necesidad de las unidades proveedoras de atención integral de la salud. (Laboratorio Soluciones Parenterales, 2025, s. p.).

2.2.2 Antecedentes históricos

La Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) tiene su propio laboratorio de soluciones parenterales (son aquellas bolsas de suero que se administran vía intravenosa cuando los pacientes están hospitalizados) y, efectivamente, como costarricenses, se producen algunos insumos médicos, los cuales se encuentran bajo la dirección del Departamento de Producción Industrial. Este laboratorio se ubica en Heredia y cuenta con alrededor de 112 trabajadores en las áreas de producción, servicios generales y administrativos.

Sus colaboradores se han caracterizado históricamente por defender sus derechos laborales y por buscar siempre el bienestar colectivo. En 1990, llevaron a cabo una lucha como respuesta a los daños que la manipulación de la ciclohexanona (un compuesto químico altamente tóxico, que se utiliza para cerrar las bolsas de soluciones parenterales). Esta lucha se ganó con el respaldo de organizaciones sindicales, lo que ocasionó la creación de acuerdos en temas de salud ocupacional, tales como la realización de exámenes médicos anuales para las personas funcionarias del laboratorio, así como la implementación de espacios para desintoxicarse durante la jornada laboral, entre otros.

Otro punto que los trabajadores consideraron importante abordar desde la Asociación Nacional de Empleados Públicos y Privados (ANEP) fue el parqueo de la institución, para

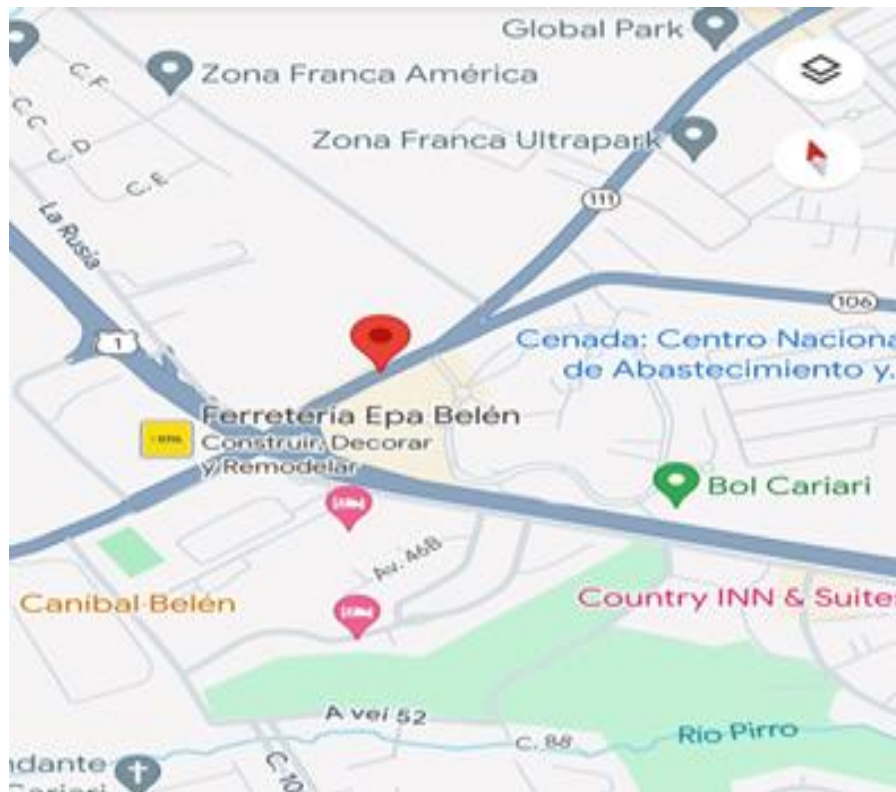
que sea de acceso a todas las personas funcionarias en igualdad de condiciones, lo cual antes no existía y estaba ocupado solo por unos pocos, lo que generaba un privilegio que caía en discriminación hacia el resto de la población trabajadora del laboratorio.

Entonces, se observa cómo las condiciones laborales y de salud han avanzado y mejorado en favor de los trabajadores gracias a la defensa de los derechos laborales a través de organizaciones sindicales que buscan la justicia social (Zúñiga Castro, 2024).

2.2.3 Ubicación geográfica

La ubicación de la empresa del Laboratorio Soluciones Parenterales de la CCSS se encuentra en Calle La Rusia, en la provincia de Heredia, Belén.

Figura 2.23: mapa satelital Laboratorio Soluciones Parenterales

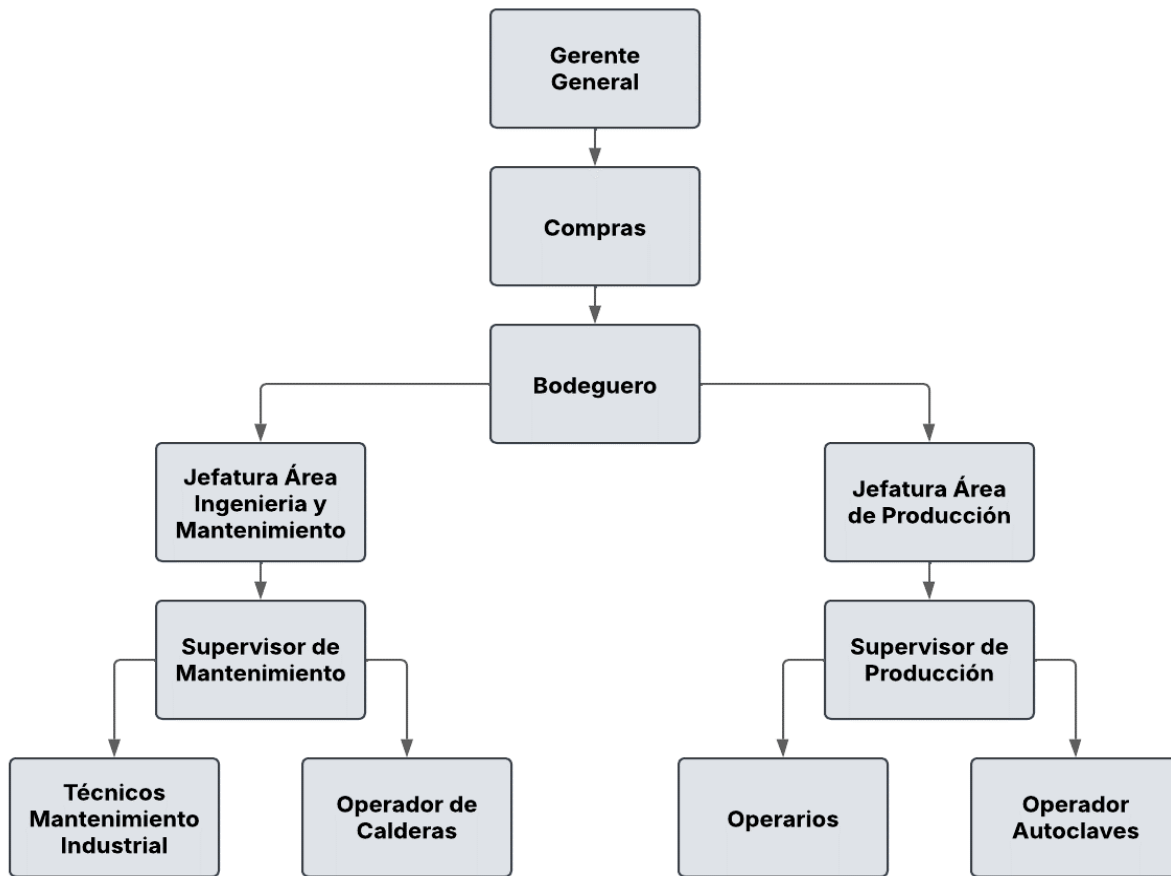


Fuente: Google Maps (2025).

2.2.4 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa está centrado en el Área de Mantenimiento y en el Área de Producción, donde se realiza el proyecto, como se muestra enseguida:

Figura 2.24: organigrama Laboratorio Soluciones Parenterales



Fuente: Autor, 2025

Este organigrama está dirigido al Área de Mantenimiento y al Área de Producción. Los técnicos se encargan de mantener los equipos de manufactura en las mejores condiciones. Como jefe principal se encuentra el gerente general. El Departamento de Compras realiza los pedidos solicitados por los jefes o supervisores de cada área respectiva. Además, está el bodeguero, quien se encarga de llevar el control de los repuestos existentes que llegan y de los que salen.

El jefe de mantenimiento está a cargo del funcionamiento y mantenimiento de todos los equipos en el laboratorio. El supervisor se encarga de realizar los mantenimientos correctivos y preventivos junto con los técnicos de mantenimiento industrial. Los operadores de caldera velan por el funcionamiento correcto de la caldera. En el otro departamento, se encuentra el jefe del Área de Producción, quien está a cargo de los supervisores y operarios, que son los responsables del llenado y sellado de sueros.

Asimismo, están los operadores de autoclaves, quienes se encargan de la esterilización del producto.

2.2.5 Cantidad de empleados

Este Laboratorio de Soluciones Parenterales cuenta con 105 funcionarios, entre ingenieros industriales, técnicos, operarios, médicos, farmacéuticos y microbiólogos, cuya misión es elaborar las soluciones parenterales que se utilizan en el proceso terapéutico de los pacientes.

2.2.6 Tipos de productos

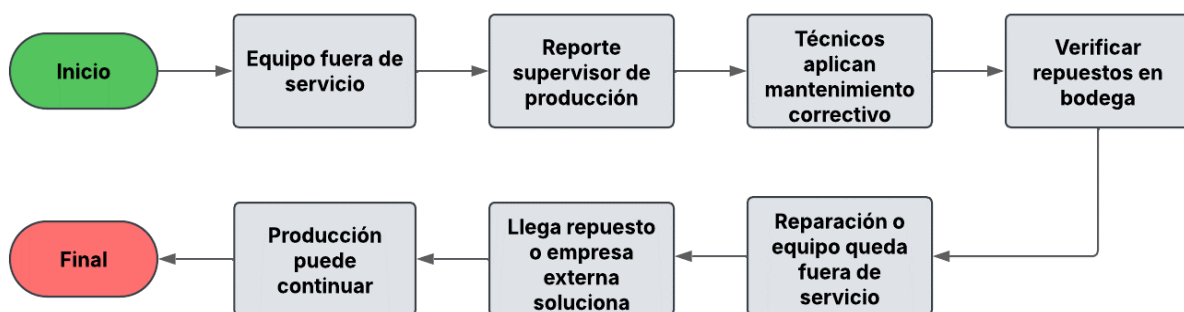
Dicho producto se fabrica en el Laboratorio de Soluciones Parenterales de la CCSS y, según Randall Herrera Muñoz, director de esa dependencia, el laboratorio fabrica 34 productos diferentes, los cuales tienen diversos usos, entre ellos suplementos de líquidos y calorías, restauradores de electrolitos, irrigación, sueros para realizar la diálisis peritoneal que se emplea en pacientes con enfermedad renal crónica y su uso también se extiende a las cirugías (elmundo.cr, 2015).

2.2.7 Mercado de exportación

En la actualidad, la empresa solo comercializa y distribuye en el ámbito nacional.

2.2.8 Descripción general del proceso productivo

Figura 2.25: diagrama de flujo proceso productivo



Fuente: Autor, 2025

El diagrama de flujo del proceso productivo, representado generalmente como se muestra, inicia cuando los equipos de manufactura presentan alguna avería y quedan fuera de servicio. A partir de ese momento, el proceso productivo se retrasa en cuanto a la producción diaria. Por lo tanto, el supervisor de producción realiza el reporte al supervisor de mantenimiento a cargo o a los técnicos de turno, quienes se presentan para

revisar los equipos. Si se requiere algún repuesto, lo verifican en bodega. Si hay repuesto disponible, el equipo se repara y la producción puede continuar con el proceso de elaboración de sueros. Si no existe el repuesto, el equipo queda fuera de servicio hasta que llegue el repuesto o una empresa externa haga la reparación, lo que permite que los equipos de manufactura continúen con el proceso.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo se ubica en el enfoque de investigación mixto, debido a que al ser de tipo ingenieril, las herramientas y métodos empleados combinan el análisis cuantitativo y el cualitativo. Se considera cuantitativo porque se recolectan datos de una variable para su análisis. En este proyecto, se realiza un análisis de los resultados de los tiempos de intervención de los equipos de manufactura por parte de los técnicos del Área de Mantenimiento e Ingeniería del Laboratorio Soluciones Parenterales de la CCSS.

Además, es cualitativo porque reúne datos sobre el contexto de los procesos, tomados de un histórico de registros anotados de forma manual en bitácoras por parte de los técnicos. Al obtener los resultados, se determina cuál es el procedimiento controlado y la documentación necesaria para el seguimiento y la atención adecuada.

Según Babativa Novoa (2017), el enfoque cuantitativo en una investigación es un proceso continuo y organizado mediante el cual se pretende analizar algún evento y se caracteriza por ser:

- Metódico: tiene procedimientos propios, organiza y planifica.
- Universal: los resultados contribuyen al desarrollo científico.
- Sistemático: las ideas, conocimientos e información que se obtienen se conectan lógicamente entre sí, de manera coherente.
- Innovador: es un procedimiento dinámico que facilita el intercambio y la complementación.
- Claro, conciso y preciso: esto depende del tipo de investigación y se basa en la definición, creación de lenguajes propios, símbolos a los que se les otorga significado, la mediación y el registro.
- Comunicable: los resultados se expresan en informes o documentos.
- Aplicable: son útiles y generan aportes.

El proceso del enfoque cuantitativo implica la recolección de datos con el objetivo de verificar hipótesis que se plantearon. Es decir, antes de llevar a cabo el estudio, se formulan suposiciones o predicciones que luego se someten a prueba mediante análisis estadísticos y matemáticos.

En resumen, el enfoque cuantitativo proporciona una base sólida para la investigación científica al permitir medir y analizar datos de manera objetiva. Su rigurosidad y capacidad

para verificar hipótesis lo convierten en una herramienta fundamental en el campo de las Ciencias Sociales.

En lo que respecta al enfoque cualitativo, Córdoba Salamanca (2017) indica que este estudia la realidad en su contexto natural, tal como se suceden los fenómenos, tomando e interpretando la realidad de acuerdo con las personas implicadas. Otro aspecto del enfoque cualitativo es que se vale de una variedad de instrumentos para la recolección de datos requeridos sobre el fenómeno que se estudia, tales como formatos de entrevistas, hojas de registro de campo, aparatos de audiograbación y videograbación, formatos de encuesta cualitativa, hojas de observación, hojas de registro de historias y relatos de vida, diarios de campo, bitácoras, entre otros. Al utilizar varios instrumentos, se facilita al investigador realizar las descripciones de las rutinas y las situaciones observadas, así como los significados en la vida de las personas participantes.

- El enfoque cualitativo utiliza instrumentos de recolección de datos no estandarizados, por lo tanto, no es estadístico. Le interesa recolectar datos y perspectivas desde el punto de vista de las personas participantes.

Las técnicas que utiliza el investigador cualitativo son: la observación no estructurada, las entrevistas abiertas, la revisión de documentos, la discusión en grupos y la evaluación de experiencias personales.

- El proceso de indagación es flexible y se desplaza entre los eventos y su interpretación, así como entre las respuestas y el desarrollo de la teoría.
- El enfoque cualitativo no manipula los sucesos, sino que investiga los hechos tal como se presentan en la realidad.
- La investigación cualitativa se basa en la interpretación de los datos, es decir, se interesa por entender el significado del fenómeno que se estudia.
- Los resultados cualitativos no pretenden generalizarse a poblaciones amplias ni obtener muestras representativas, por el contrario, particularizan los resultados a muestras significativas.

En resumen, la investigación cualitativa busca profundizar en la comprensión de los fenómenos sociales, considerando la subjetividad y el contexto. Esta no busca resolver una hipótesis, sino que las hipótesis surgen en el camino y, a partir de los datos recolectados, se logra llegar a la resolución de los problemas.

Tabla 3.1: diferencias entre investigación cuantitativa e investigación cualitativa

Investigación Cuantitativa	Investigación Cualitativa
Forma de conocimiento	
Es objetiva. Da la información de una relación causal	Es subjetiva, como resultado de la interacción comunicativa, de creencias y desacuerdos.
Objetivo	
Descubrir hechos para formular leyes, se apoya en la verificación y comprobación de teorías	Construir teorías en base a los hechos estudiados.
Finalidad	
Positivista. Busca resultados nomotéticos, dirigidos a la formulación de leyes generales.	Fenomenológico, describe los hechos como son. Es ideográfica, explica causa de los fenómenos. Orientada a procesos
Métodos	
Unico: Hipotético Deductivo. Razón analítica	Alternativas o pluralidad metodológica para interpretar y comprender la realidad.
Postura epistemológica	
Cientificismo apoyado en la Ciencias Naturales, Física, Matemáticas y Estadística.	Hermenéutica, Fenomenológica
Elementos de estudio	
Variables	Categorías
Hipótesis	
Se formulan al inicio de la investigación	Surgen en el estudio, pudiendo ser descartadas.
Datos	
Generalmente recogidos en un solo momento	Se recogen durante todo el proceso
Relación sujeto-objeto	
Hay dualidad sujeto objeto. Resalta la objetividad	Impera la subjetividad, interpretando el objeto (otro sujeto) de estudio.

Fuente: Martínez (2005).

3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Hay diferentes tipos de investigaciones, las cuales se clasifican en descriptivas, exploratorias, proyectivas, explicativas y correlacionales. En el caso de esta investigación, se emplean las siguientes:

3.2.1 Enfoque proyectivo

Este tipo de investigación consiste en elaborar una propuesta, un plan, un programa o un modelo como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, de una institución o de una región geográfica, en un área particular del conocimiento. Esto se realiza a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, de los procesos explicativos o generadores involucrados y de las tendencias futuras. Es decir, con base en los resultados de un proceso investigativo.

La investigación proyectiva se ocupa sobre cómo deben ser las cosas para alcanzar ciertos fines y funcionar adecuadamente. Además, involucra la creación, el diseño, la elaboración de planes o de proyectos, sin embargo, no todo proyecto es investigación proyectiva. Para que un proyecto se considere investigación proyectiva, la propuesta debe estar fundamentada en un proceso sistemático de búsqueda e indagación que requiere la descripción, el análisis, la comparación, la explicación y la predicción.

A partir del estadio descriptivo, se identifican necesidades y se define el evento por modificar; en los estadios comparativo, analítico y explicativo, se identifican los procesos causales que han originado las condiciones actuales del evento por modificar, de manera que una explicación plausible del evento permite predecir ciertas circunstancias o consecuencias en caso de que se produzcan determinados cambios. El estadio predictivo permite identificar tendencias futuras, probabilidades, posibilidades y limitaciones. A partir de esta información, el investigador debe diseñar o crear una propuesta capaz de producir las modificaciones deseadas (Hurtado de Barrera, 2008).

3.2.2 Enfoque descriptivo

La investigación descriptiva es aquella que intenta especificar las características de un fenómeno o tema de estudio mediante la recolección de datos, tanto cuantitativa como cualitativa y su procesamiento o medición. Su objetivo es ofrecer una descripción precisa del fenómeno, pero no obtener respuestas sobre por qué sucede o cómo se relacionan las variables que lo producen (Enciclopedia concepto, 2025).

3.2.3 Enfoque explicativo

La investigación explicativa, también denominada investigación causal, es aquella que intenta comprender un fenómeno mediante la identificación de sus causas. Se orienta a responder las preguntas sobre cómo y por qué se produce un hecho, así como por qué se relacionan las variables de la manera en la que lo hacen.

Por ejemplo, un análisis de los efectos del fuego sobre las estructuras de hormigón que indaga en las causas específicas o un estudio electoral que no solo describe cuántas personas votan por un candidato o cómo se correlaciona el voto con variables como la edad y el estrato social, sino que busca explicar por qué determinados sectores votan por cierto candidato y no por otro (Enciclopedia concepto, 2025).

3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

En este apartado se explica quiénes o qué constituye la fuente de información. Estas pueden ser personas o contenidos teóricos. En el caso de que se trate de personas, se debe indicar que se cuenta con consentimientos informados y el tipo de muestreo realizado.

3.3.1 Sujetos de información

Los sujetos de información son las personas objeto de estudio, también se les conoce como población o universo. Según Barrantes (2005): “La población: conjunto de elementos que tienen características en común [...]. Pueden ser finitas o infinitas” (p. 135).

Entre los sujetos de información considerados para realizar este estudio se encuentra el supervisor de mantenimiento, quien posee una amplia trayectoria y conocimiento del sitio, tanto en mantenimiento como en producción. Además, se incluyen los técnicos calificados del Área de Ingeniería y mantenimiento del Laboratorio de Soluciones Parenterales de la CCSS, específicamente el supervisor de las líneas de producción y los operarios de producción con mayor experiencia en los procesos. Asimismo, se pueden mencionar las gerencias, jefaturas, operadores de caldera y operadores de autoclaves, quienes también poseen un conocimiento cercano al ámbito en el que se desarrolla el proyecto. Esta investigación se basa en los datos recolectados a través de herramientas ingenieriles.

3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

Enseguida, se detalla la caracterización de las variables de análisis y su relación con los objetivos específicos del estudio. Las variables contribuyen al inicio de una investigación, ya que mediante ellas se pueden medir, controlar y analizar el proyecto en estudio.

Tabla 3.2: variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
Definir los factores que afectan el mantenimiento preventivo y predictivo, el cual provoca demoras en la intervención de los equipos de manufactura.	Factores que afectan	Ejecución de un conjunto de acciones siguiendo un orden específico. Estas acciones utilizan diversos recursos para alcanzar una meta.	Definir el estado actual en el que se encuentran los equipos de manufactura mediante análisis de contexto y caracterización de procesos.	<i>Project charter.</i> <i>Análisis de stakeholders.</i> Diagrama Sipoc. Árbol de CTQ. Diagrama de flujo. Análisis y estrategias FODA.
Evaluar mediante gráficos de análisis estadístico e histórico de registros el impacto que tienen los atrasos en el Área de mantenimiento y el Área de Producción.	Impacto actual	Resultado obtenido al inicio de una investigación.	Analizar de manera cuantitativa los datos recolectados utilizando especialmente análisis estadístico y registros históricos.	Gráficos I-MR/Xbarra-R FMEA-AMEF. Datos históricos. Matriz de criticidad Minitab Activos, indicadores de tiempo
Analizar las causas que provoca un mal plan de gestión para que se determinen las razones más críticas.	Causas más críticas	Se utiliza para explicar por qué algo sucede o cómo se relacionan diferentes elementos entre sí.	Se aplican diferentes herramientas de análisis de causas para determinar las más críticas que sean la base para aplicar mejoras.	Lluvia de ideas. Multivoto. Diagrama de Ishikawa. Diagrama de Pareto. Gemba Walk. Evento Kaizen. Análisis estadístico.
Proponer mejoras y controles que ayuden a que se disminuyan fallas	Mejoras y controles de calidad	Es un proceso fundamental para	Mejorar y controlar el proceso por medio de alternativas de solución	Auditorías de proceso Diagrama de flujo

de equipos en producción y así se cumpla con los estándares del laboratorio.		garantizar que los productos cumplan con los estándares de calidad.		Diagrama de Gantt. Contratación de personal. Compra de repuestos Ruta crítica 5S, costos, ROI
--	--	---	--	---

Fuente: Autor, 2025

3.5 INSTRUMENTOS

Para la recolección de datos, se emplean los siguientes instrumentos: observación, entrevistas, herramientas y registros históricos. A continuación, se detallan los instrumentos que más se utilizan en el estudio.

3.5.1 Observación natural

La técnica de observación es la relación establecida entre el investigador y el fenómeno de estudio para extraer información concreta. Esta técnica se aplica para recopilar datos relativos al proceso de manufactura, así como a las diferentes tareas previas y complementarias a dicho proceso. Respecto a la observación, Rodrigo (2020) explica:

La observación naturalista es la práctica de investigación de estudiar sujetos humanos, no humanos y no vivos en sus entornos naturales. Algunas cosas se observan mejor fuera de un laboratorio controlado. Este método se utiliza tanto en la investigación cualitativa, que cataloga y estudia las actividades que no se pueden desglosar en números, como en la investigación cuantitativa, que cataloga los fenómenos que se pueden representar mejor con números (s. p.).

Así, se observa el proceso actual de la investigación mediante un análisis cuantitativo y uno cualitativo para establecer las causas y consecuencias de las demoras en la intervención de los equipos de manufactura.

3.5.2 Entrevistas no dirigidas

La entrevista no dirigida es una técnica que se utiliza para obtener información mediante una conversación oral sobre los problemas que se plantearon en este proyecto. Se entrevista al supervisor del Área de Ingeniería y Mantenimiento, debido a que conoce ampliamente el sector, tanto de manufactura como de mantenimiento. Además, se entrevistan a técnicos, operarios de producción, jefaturas de mantenimiento, calidad y Producción, así como a la Gerencia encargada del laboratorio. Asimismo, el tipo de entrevista que se utiliza es la no estructurada.

3.5.3 Utilización de las herramientas

Se emplean diferentes herramientas para obtener datos importantes sobre las causas de las anomalías, tanto en el área de mantenimiento como en los procesos de manufactura.

3.5.4 Registros históricos

Son documentos que contienen información sobre datos anotados diaria, semanal o mensualmente. Estos documentos se escriben a mano con lapicero azul, lo que incluye la respectiva hora y fecha. Los registros históricos se utilizan para llevar datos importantes en el área de mantenimiento y para mantener un control más preciso en el Área de Producción. Estos registros deben ser firmados por la persona que haga el reporte y tome los datos.

3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Las guías metodológicas consisten en desarrollar proyectos de investigación que cumplan con un orden básico para la elaboración adecuada del estudio. El análisis de los datos que se obtienen debe proporcionar una prueba clara de la evidencia, ya que tanto en la recolección de datos como en la evaluación de las evidencias, el investigador busca constatar la confiabilidad y la validez de la información proporcionada.

Este proyecto se desarrolla mediante la metodología DMAIC, de la cual se presenta a continuación un diagrama que resume las actividades ejecutadas en cada una de las cinco etapas que la conforman, así como las herramientas requeridas:

Figura 3.1: descripción de la metodología que se utiliza en cada etapa del ciclo DMAIC

Fuente: Autor, 2025



Fuente: Autor, 2025

3.6.1 Descripción de la situación actual

Para el diagnóstico de la situación actual, se desarrollan las primeras tres fases del ciclo DMAIC:

Definir: se investiga el plan de gestión de mantenimiento actual, buscando información disponible en el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento y en el Departamento de Producción. Además, para llevar a cabo este estudio y, a la vez, encontrar propuestas de mejora al problema que se planteó, es importante conocer el plan de trabajo que colabora con este proyecto. Por lo tanto, mediante la herramienta de planificación del trabajo

llamada *project charter*, se determina el objetivo principal del proyecto y las personas colaboradoras involucradas o que participan en la investigación.

De este modo, se realiza un análisis FODA con el objetivo de tener un panorama claro respecto a las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que se presentan en el Área de Mantenimiento y Producción. Con esta guía, se pueden analizar aspectos que ayudan a identificar el problema o los problemas que afectan el plan de gestión por parte del equipo de trabajo de mantenimiento. Además, se realiza un análisis de *stakeholders*, buscando las partes interesadas, desde los principales involucrados hasta aquellos menos involucrados que casi no participan en el proyecto.

En el árbol de CTQ se examinan las necesidades y requerimientos críticos de los clientes en relación con lo que ofrece la entidad. Seguidamente, se lleva a cabo un análisis Sipoc, donde se analizan los proveedores, ingresos, el proceso actual, desde el inicio hasta el final, las salidas y los clientes. Asimismo, se elabora un diagrama de flujo para entender el proceso del plan de gestión del Departamento de Mantenimiento, con el propósito de mostrarlo en esta investigación.

Medir: a partir del *gemba walk*, se identifican, mediante la observación, todas las anomalías en el proceso en busca de mejoras en el plan de mantenimiento. Por otra parte, se utilizan los registros históricos de reportes de reparaciones de los equipos de producción elaborados por los técnicos y la herramienta de análisis de modo y efecto de fallas (AMEF-FMEA) para detectar situaciones que permitan establecer mecanismos de acción preventivos y correctivos en el diagnóstico de los equipos de producción.

Analizar: durante la etapa de análisis del ciclo DMAIC, en la cual se desarrolla el análisis de causa raíz, se cuenta con la colaboración del equipo de trabajo formado por personas de diferentes áreas. Para que todas ellas aporten el conocimiento y la experiencia de su respectivo ámbito, se efectúa una reunión Kaizen en la que se convoca a representantes de cada uno de los principales departamentos de la institución.

Después de la reunión Kaizen, se elabora una lluvia de ideas sobre las causas y efectos que pueden estar debilitando el plan de gestión y, por ende, perjudicando al Departamento de Producción. Además, mediante la lluvia de ideas, se implementa un diagrama de Ishikawa para representar y clasificar las distintas causas del problema, con el objetivo de encontrar una solución que permita conocer los eventos que lo produjeron.

Una vez detectadas y clasificadas las razones, se genera un multivoto para establecer un orden de criticidad. Lo anterior tiene el fin de realizar un análisis de Pareto y así clasificarlas aplicando el principio del 80/20, en busca de disminuir los problemas más recurrentes.

3.6.2 Elaboración de las propuestas

Se inicia con la elaboración de propuestas que buscan erradicar las demoras en los equipos de manufactura en el Área de Producción. Así, se incluye la mejora del plan de gestión, el diseño de un sistema de inventario eficiente y constante para intervenir de inmediato en los equipos de producción. Además, de aumentar la producción diaria sin generar grandes atrasos en las máquinas. Conjuntamente, se calculan los costos, con el fin de analizar los pagos a terceros encargados de los mantenimientos correctivos. Por otra parte, se enumeran las soluciones propuestas para mitigar las principales causas detectadas durante la etapa de análisis.

Controlar: se propone la aplicación de herramientas, por ejemplo, el *checklist*.

Para auditar el proceso y el uso del diagrama de Gantt, se debe exponer el tiempo de dedicación previsto para las distintas actividades y tareas a lo largo del tiempo. Además, es necesario aplicar auditorías de control y revisión de los equipos de manufactura.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 DEFINIR

Este proyecto se lleva a cabo en el Laboratorio Soluciones Parenterales de la CCSS, ubicado en calle La Rusia, en la provincia de Heredia, Belén. El trabajo se realiza en el Departamento de Mantenimiento, el cual se encarga de garantizar que los equipos de manufactura sean intervenidos con la mayor brevedad posible, lo que evita la alta frecuencia de intervenciones debido a un posible mal plan de gestión de mantenimiento en el Área de Mantenimiento e Ingeniería y así reducir lo que provoca la acumulación de órdenes de trabajo para los técnicos.

Por consiguiente, se usa la metodología DMAIC, que consiste en las etapas definir, medir, analizar, mejorar y controlar, las cuales se aplican para optimizar los procesos diseñados al identificar los problemas que puede presentar un mal plan de gestión y disminuir las intervenciones de los equipos de manufactura, utilizando diferentes herramientas que ayudan a mejorar los procedimientos de manufactura y, así, aumentar la productividad y efectividad en la producción diaria.

Para definir, es necesario identificar el problema de estudio, por lo tanto, en esta primera etapa, se conocen las deficiencias que se presentan en el Departamento de Mantenimiento. Además, se busca determinar cuáles equipos de manufactura son de alta prioridad en el Área de Producción y, de este modo, realizar un correcto plan de gestión basado en los problemas que se encontraron.

A continuación, se presenta una serie de herramientas ingenieriles que ayudan a definir el marco del problema analizado.

4.1.1 Project charter

Para llevar a cabo esta investigación y, a la vez, encontrar propuestas de mejora al problema que se planteó, es importante conocer el equipo de trabajo que colabora en el estudio. De este modo, mediante la herramienta de planificación de trabajo denominada *project charter*, se determina el objetivo principal y las personas colaboradoras involucradas en la investigación.

A continuación, se expone la tabla del *project charter* del proyecto:

Tabla 4.1: Project charter de la investigación

Compañía:		Laboratorio Soluciones Parenterales de la CCSS:		
Proyecto:		Diseño de plan de gestión de mantenimiento en el Laboratorio Soluciones Parenterales de la CCSS.		
Departamento:		Mantenimiento		
Proceso:		Plan de gestión en el taller de mantenimiento en beneficio de encontrar mejoras en el área de producción.		

Paso 1	Caso de Negocio:	Alcance del Proyecto, limitaciones, supuestos		
	Un incorrecto plan de gestión en el Área de Ingeniería y mantenimiento genera atrasos en la reparación de equipos industriales, no existe una adecuada distribución de las labores que le corresponden a cada técnico, esto suele afectar la producción diaria en el Laboratorio Soluciones Parenterales de la CCSS.	Alcance: se analizará el departamento de Ingeniería y mantenimiento, por ser este el que presenta deficiencias al momento de intervención de los equipos de producción. Limitaciones: la dsposición que tenga la alta gerencia para incurrir en posibles gastos de inversión en caso que la propuesta incluya algún cambio, creación, modificación o mejora en equipos y procesos, ya que, la empresa maneja un presupuesto económico anual para cada área del Laboratorio y debe ser aprobado por la Gerencia General de la CCSS. Supuestos: se cuenta con la infromación histórica de equipos industriales para realizar los análisis de datos respectivos, el supervisor de mantenimiento esta anuente a colaboara en una reunión por semana y así analizarlompresentado en el avance del proyecto.		
	Líder del Proyecto: Roberto Hernández Monge	Plan Preliminar:		

Paso 2	Problema / Declaración de oportunidad:	Fase	Fecha Planeada	Fecha Actual
	El departamento de Ingeniería y mantenimiento se encarga de velar por los equipos industriales los cuales dan soporte en el proceso de manufactura del producto creado que es el suero, se pretende analizar a profundidad el comportamiento de los equipos mediante análisis estadístico y mediante análisis de registro de históricos con el propósito de identificar las principales causas de fallo, así como identificadores de mantenimiento como el TMP y MBF; y realizar un plan para la gestión de mantenimiento donde se pueda elaborar un inventario de repuestos para los diferentes equipos con sus respectivas métricas y costos de mantenimiento del inventario.	Definir	25/4/2025	
		Medir	26/4/2025	
Analizar		27/4/2025		
Implementar		28/4/2025		
Controlar		29/4/2025		
Objetivo del proyecto	Miembros del Equipo:			
Paso 3	Diseñar un plan de gestión de mantenimiento en la empresa Laboratorio de Soluciones Parenterales de la CCSS, mediante la metodología DMAIC y análisis estadístico e histórico, para disminuir las intervenciones de mantenimiento antes de que ocurran las fallas.	Patrocinador	Randall Herrera	Jefe General
		Encargado mantenimiento	German Mathurin P.	Jefe Ingeniería y mantenimiento
		Líder de Taller	Victor Rojas	Supervisor Ingeniería y mantenimiento
		Dueño del Proceso	Roberto Hernández	Técnico Ingeniería y mantenimiento
		Supervisor de Producción	Dixiana Guzmán	Ingeniera de Planta
	Otros Miembros del equipo		Inspector de Calidad	
			Técnicos de mantenimiento	
			Autoclaveros	
Preparado por: Roberto Hernández Monge	Interesados en el Proyecto:			
	Fecha: lunes, 30 de junio de 2025	Gerencia General, Jefe de ingeniería y mantenimiento, producción.		
	Firma:			
Aprobado por: Randall Herrera Muñoz				
	Fecha: lunes, 30 de junio de 2025			
	Firma:			

Fuente: Autor, 2025

De acuerdo con la Tabla 4.1, relacionada con el *project charter* del proyecto, se describe con más detalle qué se realiza, dónde se lleva a cabo el trabajo, quién es el gerente a cargo del proyecto y también el representante principal de la empresa, así como quiénes son los demás participantes que aportan su conocimiento en la elaboración de cada una de las etapas.

4.1.2 Análisis del entorno (FODA)

Se efectúa un análisis FODA con el objetivo de conocer el entorno de la empresa, tanto de manera interna como externa. El propósito del análisis FODA es obtener un diagnóstico más preciso y, con esto, tomar decisiones que mejoren el plan de gestión de mantenimiento en beneficio de la producción del laboratorio. De este modo, se realiza el diagnóstico de las fortalezas y debilidades, así como de las oportunidades y amenazas actuales que afectan el proceso.

Figura 4.1: FODA del área de mantenimiento



Fuente: Autor, 2025

A continuación, se presenta el análisis de cada uno de los factores internos y externos que se identifican.

Factores internos

Fortalezas

- **Único proveedor de sueros en el ámbito nacional**

La Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) destaca en la producción de sueros en el ámbito nacional para abastecer las diversas necesidades de miles de pacientes que reciben atención médica en todo el territorio costarricense. Esta labor la realiza el Laboratorio de Soluciones Parenterales de la CCSS.

Este laboratorio fabrica 34 productos diferentes, los cuales tienen diversos usos, entre ellos: suplementos de líquidos y calorías, sueros para realizar la diálisis peritoneal, que se emplea en pacientes con enfermedad renal crónica y también en cirugías.

El laboratorio satisface el 70 % de las necesidades de sueros de las diferentes unidades médicas de la CCSS, mientras que el resto se adquiere a proveedores externos.

- **Estructura organizativa orientada a la relación de los tipos de mantenimiento.**

El Departamento de Ingeniería y Mantenimiento se orienta hacia los tres tipos de mantenimiento, que son el predictivo, cuyo objetivo es buscar estrategias proactivas mediante la monitorización y el análisis de datos para anticipar posibles fallos en los equipos, programando el mantenimiento antes de que ocurran; el preventivo, que busca un enfoque estratégico para mantener los equipos, sistemas o instalaciones en buen estado de funcionamiento, lo que evita fallos y problemas antes de que se presenten.

El siguiente tipo de mantenimiento es el correctivo, que se refiere a las tareas técnicas realizadas para reparar o reemplazar un activo que ha fallado o no funciona como debe. Este proceso de mantenimiento correctivo implica la identificación y el diagnóstico de fallos, la evaluación de la situación, la planificación de los recursos, el aislamiento y la seguridad, la reparación o el reemplazo, las pruebas y la verificación. Por último, la documentación y el seguimiento de los equipos.

- **Personal ajustado a la carga laboral actual**

El personal de mantenimiento, en los últimos meses, se ha visto ajustado a la carga de trabajo y a las órdenes acumuladas. Sin embargo, gracias al esfuerzo de los técnicos que se encuentran en el laboratorio han ido resolviendo los problemas que se presentan, tanto

en el Departamento de Mantenimiento como en los equipos de manufactura del Departamento de Producción.

- **Personal calificado y adecuado**

El Departamento de Recursos Humanos, junto con la Jefatura de mantenimiento, se ha encargado de contratar personal calificado que cumpla con los requisitos y la experiencia adecuada que requiere el laboratorio para solventar los problemas más frecuentes en los equipos de manufactura.

Debilidades

- **Escasez de repuestos para equipos de manufactura**

Entre las debilidades que se identificaron, la falta de repuestos para solventar de inmediato los equipos de manufactura ha sido un problema que perjudica a los técnicos al realizar un mantenimiento correctivo. En repetidas ocasiones, los equipos han quedado fuera de servicio debido al escaso control entre la bodega y el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento al suministrar los repuestos de clasificación A.

- **Equipos de producción obsoletos**

En lo que se observó visualmente entre los equipos existentes con más problemas en el trabajo de investigación realizado, se encuentran las impresoras. Estos equipos, que han estado en funcionamiento a diario, de lunes a viernes durante más de 35 años, carecen de repuestos debido a su antigüedad. Estas impresoras son fundamentales para la producción diaria, ya que si fallan o quedan fuera de servicio, se vería afectada la producción establecida.

- **Poco control en las inspecciones del supervisor**

El Departamento de Mantenimiento ha sobrecargado las labores del supervisor encargado de los técnicos. A pesar del amplio conocimiento en los equipos, la falta de capacitación y la delegación de tareas específicas a los técnicos han generado una pérdida de control en las inspecciones de los trabajos realizados o por realizar, tanto en el Área de Ingeniería y Mantenimiento como en el Área de Producción.

- **Falta de capacitación de técnicos y operarios**

Una de las debilidades que se identificaron, tanto en el personal de producción como en el de mantenimiento es la falta de capacitación de los técnicos en temas de actualización, detección de fallas y problemas más frecuentes de los diferentes equipos eléctricos y

mecánicos. Asimismo, los operarios involucrados en los procesos de manufactura no reciben capacitación constante, lo que afecta directamente a los departamentos y puede generar atrasos en la producción diaria.

- **No se cubren las plazas vacantes de técnicos**

El Departamento de Ingeniería, junto con el Departamento de Recursos Humanos, intenta, por diferentes medios, contratar y cubrir los puestos vacantes existentes que ayuden a solventar los problemas y a no sobrecargar a los técnicos que se encuentran en funciones. Sin embargo, por diversos motivos internos en una empresa pública, no se realizan las contrataciones. Existen alrededor de 3 a 4 plazas que se deben cubrir; son plazas de técnicos que han solicitado permisos temporales o han encontrado oportunidades en otros centros de salud y hospitales. Se han elaborado carteles para que el personal de la CCSS en el ámbito nacional participe, pero, en ocasiones, los postulantes no cumplen con los requisitos o no hay participación, lo que ha producido dificultades para cubrir estas plazas vacantes.

Factores externos

Oportunidades

- **Capacitación constante de los técnicos**

El sector público, como la CCSS, cuenta con un amplio catálogo de empresas que se encargan de resolver diversos problemas externos que, en general, no puede abordar un solo departamento interno. Una de las oportunidades que se deben aprovechar es la capacitación constante de los equipos, tanto de los nuevos ingresos como de los existentes, priorizando la inclusión de los técnicos. Asimismo, las jefaturas y los operarios deben conocer los procesos y participar en ellos, de manera que adquieran un entendimiento sobre los equipos y los diferentes inconvenientes que pueden presentarse en el proceso de manufactura.

- **Adquisición de equipos que automaticen el proceso**

Entre las oportunidades que se identificaron, la adquisición de equipos que automaticen los procesos de manufactura generaría mejoras en la producción diaria, una respuesta rápida en la solución de problemas y la posibilidad de aprovechar el reacomodo del personal de producción.

- **Herramientas y repuestos de mayor calidad**

El Departamento de Ingeniería y Mantenimiento debe controlar los repuestos que ingresan por parte de los contratistas, asegurando que se instalen repuestos de calidad y duraderos y utilizando las herramientas correctas en el momento de realizar las reparaciones. Esto permite maximizar el rendimiento de los equipos de producción; a menor frecuencia de fallos y cambios de repuestos en los equipos, se contribuye a una mejor eficiencia en la producción diaria.

- **Ahorro en mantenimiento correctivo realizado por terceros**

El Departamento de Ingeniería y Mantenimiento tiene contratadas varias empresas que se encargan de ciertos equipos eléctricos y mecánicos, las cuales realizan mantenimientos preventivos de forma mensual, trimestral, semestral y anual, lo que genera un gasto fijo. Los gastos por mantenimientos correctivos, en caso de que fallen los equipos, son sumamente altos debido a las compañías contratistas. Al controlar las visitas de estas empresas y asegurar que realicen un mantenimiento preventivo correcto, el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento puede evitar la necesidad de intervenciones por mantenimientos correctivos, lo que generaría ahorros para el laboratorio que pueden utilizarse en otras áreas o en mejoras de equipos de manufactura.

- **Manejar un *stock* de repuestos que más fallen**

Otra de las oportunidades que el Departamento de Mantenimiento debe aprovechar junto con las empresas contratistas es controlar y analizar cuáles equipos presentan más fallas y cuáles repuestos son de mayor prioridad, de manera que se pueda gestionar un *stock* de repuestos para una rápida respuesta en la solución de fallas de los equipos.

Amenazas

- **Baja distribución de productos en los centros de salud**

Una de las amenazas que se identificaron y de gran prioridad por parte del laboratorio es evitar la baja producción de sueros, debido a que esto afectaría la necesidad de miles de personas que dependen de ellos diariamente. Por lo tanto, se debe mantener una distribución adecuada y actualizada de los productos en los hospitales y diferentes centros de salud.

- **Factores biológicos**

El factor biológico representa una amenaza que puede presentarse en cualquier momento, como se evidenció en 2019 con la COVID-19. Los centros de salud y hospitales se vieron afectados en todos los sectores y áreas. La falta de personal y las bajas producciones, con base en los datos históricos, llevaron a que se redoblaran los esfuerzos para solventar la producción en esos tiempos. Por lo tanto, es fundamental considerar los factores biológicos como una amenaza en la empresa.

- **Alteración en la producción (disminución)**

La alteración en la producción se basa en lo que pueda afectar la disminución de la producción diaria ocasionada por diferentes factores como el mantenimiento, los fallos de equipos y la falta de personal de producción, así como por equipos fuera de servicio. Los principales afectados son las personas que requieren estos productos, tanto en hospitales como en centros de salud. Por ende, es importante cumplir con la meta de alcanzar la mayor cantidad posible de piezas producidas de sueros diariamente.

- **Aceptación del personal a nuevos procesos de trabajo**

El laboratorio, en su funcionamiento, cumple 50 años de existencia, por consiguiente, en el Área de Producción hay muchos trabajadores con más de 20 años de experiencia. Esto puede dificultar la adaptación de algunos de estos colaboradores a nuevos procesos de trabajo y a nuevos equipos que automaticen con mayor eficiencia los procedimientos. Por lo tanto, el Departamento de Producción debe proporcionar las herramientas adecuadas a los trabajadores para facilitar la aceptación de este cambio.

- **No se encuentra personal calificado para el mantenimiento**

Una amenaza que toma mayor fuerza en el ámbito laboral es la contratación de personal calificado para mantenimiento. Muchos técnicos buscan las mejores empresas privadas debido a su amplio reconocimiento de beneficios. Por lo tanto, la CCSS, en las nuevas contrataciones y en el salario global eliminó beneficios como anualidades, bono escolar y ampliación de vacaciones. Esto no constituye una oferta atractiva para el personal técnico bajo la nueva modalidad de salario global.

4.1.3 Matriz de estrategias

En la siguiente matriz de estrategias se fundamenta el rumbo del estudio. Esta herramienta permite crear estrategias mediante una combinación de factores internos y

externos. A partir del análisis del entorno con la herramienta FODA, se brinda un diagnóstico que facilita la toma de decisiones estratégicas oportunas y mejora la empresa o el área de estudio, el cual se establece de la siguiente manera, FO: se aprovechan las fortalezas para maximizar las oportunidades, FA: se aprovechan las fortalezas para minimizar las amenazas, DO: se minimizan las debilidades aprovechando las posibilidades, DA: se minimizan las debilidades evitando las amenazas.

En la siguiente tabla se muestra la matriz de estrategias FODA por seguir:

Tabla 4.2: matriz de estrategias FODA del Laboratorio Soluciones Parenterales CCSS

		Factores internos	
		Fortalezas (F)	Debilidades (D)
Matriz de estrategias FODA		F1. Único proveedor de sueros a nivel nacional. F2. Estructura organizativa orientada a la relación de los 3 tipos de mantenimiento. F3. Personal ajustado a la carga laboral existente. F4. Personal calificado y adecuado.	D1. Escasez de repuestos para equipos de manufactura. D2. Equipos de producción obsoletos. D3. Poco control de inspecciones de supervisor. D4. Falta de capacitación de técnicos y operarios. D5. No se cubren plazas vacantes de técnicos.
Oportunidades (O)	O1. Capacitación constante de los técnicos. O2. Adquisición de equipos que automaticen el proceso. O3. Herramientas y repuestos de mejor calidad. O4. Ahorro en mantenimientos preventivos por parte de terceros. O5. Manejar un stock de repuestos que más fallan.	Estrategias FO	Estrategias DO
		Mejorando el stock de repuestos y la adquisición de equipos modernos que automaticen el proceso ayudará al departamento de Ingeniería y mantenimiento a reducir tiempos de reparación en los equipos de manufactura y evitar atrasos en la producción diaria.	Fortalecer el departamento de mantenimiento con la adquisición de puestos vacantes para cubrir las plazas que no se están cubriendo para el aseguramiento continuo de los mantenimientos correctivos y predictivos para mejorar los procesos de manufactura.
Amenazas (A)	A1. Baja distribución de productos a los centros de salud. A2. Factores biológicos. A3. Alteración en la producción. (disminuya) A4. Aceptación del personal a nuevos procesos de trabajo. A5. No encontrar personal calificado para mantenimiento.	Estrategias FA	Estrategias DA
		Con una estructura sólida orientada a la relación de los 3 tipos de mantenimiento se puede mejorar y distribuir la mayor cantidad de productos a los diferentes centros de salud evitando la menor distribución y ventas de sueros por parte de terceros.	Promover y renovar el plan de inspección y control de las operaciones que conllevan el mantenimiento para que no haya alteración en las producciones diarias y el personal acepte las nuevas formas de ejecutar el trabajo.

Fuente: Autor, 2025

En la matriz anterior se detallan cuatro estrategias posibles para mejorar la situación actual de la entidad.

Estrategia FO

Estas estrategias se conocen como estrategias de ataque, las cuales toman las fortalezas para aprovechar una o varias oportunidades. De este modo, se utilizan las fuerzas internas de la empresa para capitalizar las ventajas de las oportunidades externas. Mejorar el *stock* de repuestos y adquirir equipos modernos que automaticen el proceso ayuda al Departamento de Ingeniería y Mantenimiento a reducir los tiempos de reparación de los equipos de manufactura y evita atrasos en la producción diaria.

Estrategia DO

Con las debilidades que la empresa debe mejorar, se aprovechan las oportunidades. Es obligación de la compañía optimizar una o varias debilidades para poder aprovechar al máximo sus oportunidades. Esto ayuda a fortalecer el Departamento de Mantenimiento mediante la adquisición de personal para cubrir las plazas que actualmente no se ocupan, lo que garantiza el aseguramiento continuo de los mantenimientos correctivos y predictivos y mejora los procesos de manufactura.

Estrategia FA

Estas estrategias aprovechan las fuerzas de la empresa para evitar o disminuir las repercusiones de las amenazas externas, también se conocen como estrategias defensivas. Su objetivo es utilizar las fortalezas para eliminar las amenazas. Con una estructura sólida orientada a la relación de los tres tipos de mantenimiento, se puede mejorar y distribuir la mayor cantidad de productos a los diferentes centros de salud, lo que evita la menor distribución y venta de sueros por parte de terceros.

Estrategia DA

Son tácticas defensivas que pretenden disminuir las debilidades internas y evitar las amenazas del entorno. Asimismo, se trata de estrategias que ayudan a reforzar. Al promover y renovar el plan de inspección y control de las operaciones que implican el mantenimiento, se busca evitar alteraciones en las producciones diarias y asegurar que el personal acepte las nuevas formas de ejecutar el trabajo.

4.1.4 Análisis de Stakeholders

En el siguiente análisis se observa el nombre de los *stakeholders*, el puesto que desempeñan en la empresa, su influencia e impacto, como podrían contribuir al proyecto y la estrategia que los involucra:

Tabla 4.3: análisis de Stakeholders del Laboratorio Soluciones Parenterales CCSS

Nombre del Stakeholder	Puesto en la Empresa	Impacto	Influencia	¿Qué es importante para el Stakeholder?	¿Cómo podría el Stakeholder contribuir al proyecto?	Estrategia para involucrar al Stakeholder
Ministerio de Salud	Ministerio de Salud	Alto	Alta	Protección del medio ambiente y la población.	Eliminando trabas a niveles muy altos	Hacerlos parte del equipo del proyecto
Randall Herrera Muñoz	Jefe de Área	Alto	Alta	Disminución de costos y aumento en la productividad.	Eliminando trabas a niveles muy altos	Correos semanales para informarlos de los avances
Gerardo Alvarado Sibaja	Jefe de Sub Área de Producción	Alto	Alta	Aumento en la capacidad del proceso y aplicación de	Facilitar trámites y recursos	Reuniones mensuales para mostrarle los resultados
Luis Marchena Bolaños	Encargado de RRHH	Alto	Alta	Control de planillas de todo el personal.	Eliminar trabas a nivel medio	Hacerlos parte del equipo del proyecto
German Mathurin Peart	Jefe de Sub Área de Mantenimiento	Alto	Alta	Control de los equipos electromecánicos del	Eliminando trabas a nivel altos	Correos semanales para informarlos de los avances
Arelis Rojas Mesen	Departamento de compras	Alto	Media	Solicitar las compras en los tiempos establecidos.	Conoce poco del proceso	Reunión general que conozcan del proyecto
Dixiana Guzmán Rojas	Ingeniera de Planta	Alto	Media	Encargada del personal de producción, reportes de	Eliminar trabas a nivel medio	Hacerlos parte del equipo del proyecto
Enmanuel Hernández Gómez	Inspector de calidad	Medio	Media	Disminución scrap durante los procesos	Facilitando trámites y documentos confiables	Reuniones mensuales para mostrarle los resultados
Enrique Fuentes Saborio	Supervisor de Producción	Medio	Media	Aumento en la capacidad del proceso y aplicación de	Facilitando trámites y consiguiendo recursos	Hacerlos parte del equipo del proyecto
Kenneth Barrientos Cordero	Operador de Autoclaves	Medio	Media	Controlar los equipos de esterilización	Conoce muy bien el proceso	Hacerlos parte del equipo del proyecto
Victor Rojas Acuña	Supervisor de Mantenimiento	Medio	Media	Mantener los equipos electromecánicos en buenas	Conoce muy bien el proceso y facilitar	Reuniones mensuales para mostrarle los resultados
Moises Orellana Fallas	Técnico de Mantenimiento	Medio	Media	Controlar la caldera en las mejores condiciones	Conoce muy bien el proceso	Reuniones mensuales para mostrarle los resultados
Jose Hernández Salas	Operador de Calderas	Medio	Media	Mantener los equipos electromecánicos en buenas	Conoce muy bien el proceso	Hacerlos parte del equipo del proyecto
Anthony Fernández Mora	Operadores de producción	Medio	Baja	Aumentar la producción y cumplir los objetivos	Conoce del proceso	Reunión general que conozcan del proyecto
Adrián Zuñiga Romero	Montacarguista	Medio	Baja	Aumento en la capacidad del proceso y disminución de la	Conoce del proceso	
Ester Santana Vargas	Trabajador servicios generales	Medio	Baja	Velar por el orden y la limpieza	Conoce poco del proceso	
Arturo Robles Marín	Mensajeros	Medio	Baja	Facilitar las solicitudes internas	Conoce poco del proceso	
Jimmy Sequeira Monge	Guarda de seguridad	Medio	Baja	Velar por el orden y seguridad del lugar	Conoce poco del proceso	
Jesús Mora Calvo	Bodegueros	Medio	Baja	Controlar el inventario de la bodega	Conoce poco del proceso	
Carlos Gutiérrez Fonseca	Chofer	Medio	Baja	Facilitar las solicitudes internas y externas	Conoce poco del proceso	

Fuente: Autor, 2025

El análisis de *stakeholders* se trata de una técnica que ayuda a identificar, evaluar y comprender las necesidades, expectativas y reacciones de los grupos de interés involucrados en un proyecto o iniciativa. En este caso, se tomó en cuenta la mayoría del personal del laboratorio para analizar en cuáles puntos del *stakeholders* están involucrados. La tabla presenta el nombre del *stakeholder*, el puesto que desempeña en la empresa y su impacto o influencia en este trabajo.

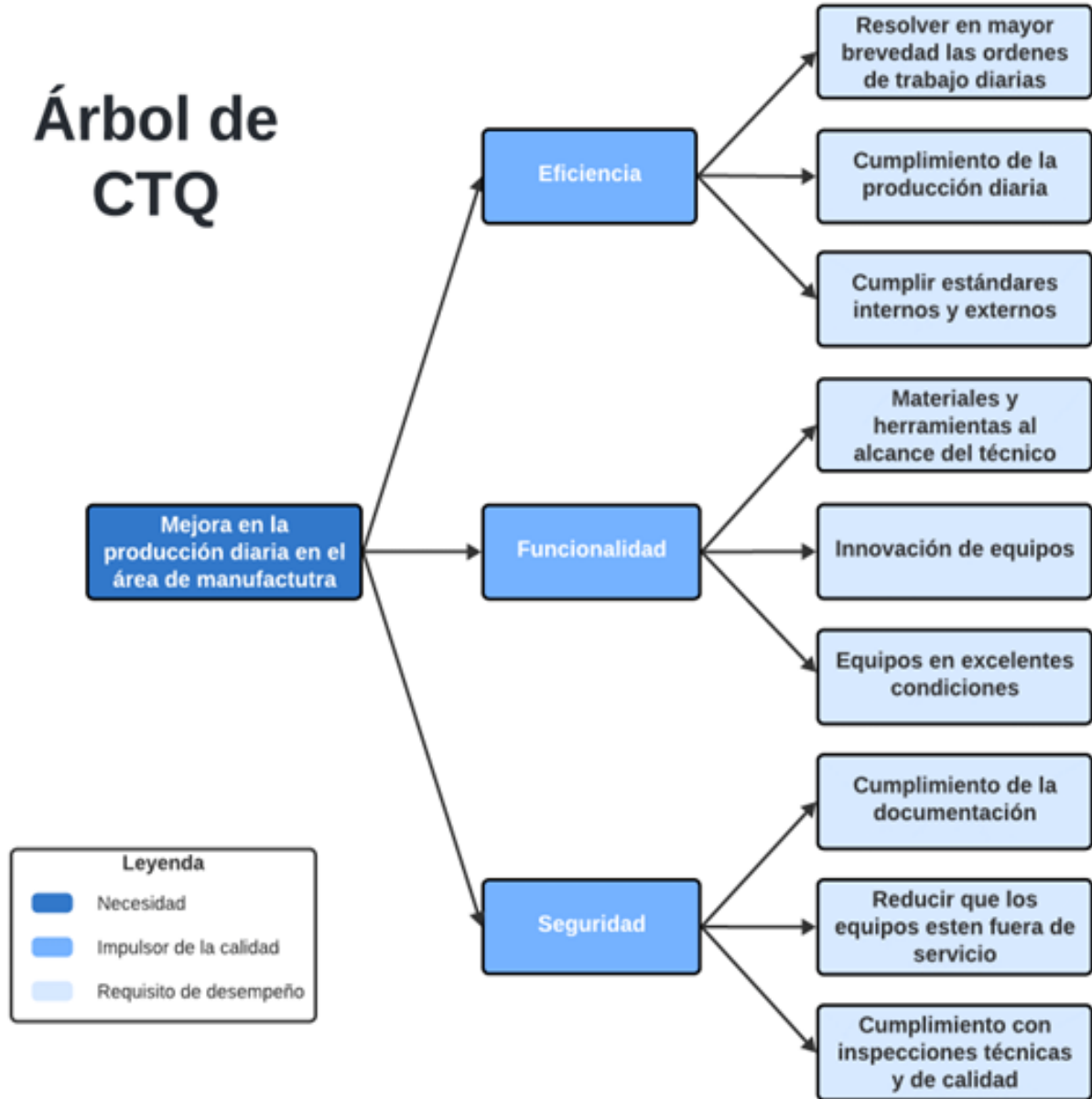
Además, se formularon tres preguntas de análisis: ¿Qué es importante para el *stakeholder*? ¿Cómo puede el *stakeholder* contribuir a mi proyecto? y ¿Cuál es la estrategia para involucrar al *stakeholder*? En esta tabla se analizó al Ministerio de Salud como un *stakeholder* externo, mientras que internamente se consideraron al jefe de área, jefaturas, supervisores, personal de aseo, seguridad, técnicos, bodegueros, recursos humanos, caldereros y operadores, evaluando el impacto como alto, medio o bajo, así como la influencia que cada uno puede ejercer en este proyecto.

4.1.5 Árbol CTQ

Como parte de la investigación, se analiza la herramienta del árbol de CTQ crítico para calidad (*critical to quality*, por sus siglas en inglés), con la finalidad de observar los equipos y analizar los diferentes fallos que ocasionan atrasos en la producción diaria. Así, se determina que es indispensable para el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento mantener en las mejores condiciones los equipos de manufactura, tanto eléctricos como mecánicos, para mejorar la producción de sueros.

Lo anterior se lleva a cabo mediante una reunión con la Jefatura de ingeniería y mantenimiento, el supervisor de mantenimiento e involucra al supervisor de producción del área en estudio, además de los trabajos de mantenimiento de terceros. El árbol de CTQ resultante se muestra a continuación:

Figura 4.2: árbol de CTQ



Fuente: Autor, 2025

El diagrama anterior presenta un orden en el que el Departamento de Mantenimiento establece lo más crítico para mantener los equipos de manufactura en las mejores condiciones, de manera que no se vea afectada la producción diaria:

Esto se logra resolviendo con la mayor brevedad las órdenes de trabajo diarias, para que se pueda cumplir con la producción diaria sin atrasos por equipos en reparación. Además,

es primordial satisfacer los estándares internos del laboratorio, así como los externos que competen a la eficiencia de la institución.

Funcionalidad

Esta se vincula con los requisitos exigidos en cuanto a materiales y herramientas de primera calidad para facilitar el trabajo del técnico, también se requiere mejorar en las tecnologías más innovadoras que existan en el momento. Para el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, es de orden prioritario mantener los equipos en excelentes condiciones.

Seguridad

Al ser dispositivos que se utilizan en el área médica, esos productos están estrictamente regulados. Por lo tanto, cada departamento debe velar por el cumplimiento de la documentación, reducir de manera segura el tiempo en que los equipos están fuera de servicio y garantizar que se cumplan las inspecciones técnicas y de calidad.

Al analizar el árbol de CTQ, se determina que los requisitos de desempeño que la entidad no cumple al 100 % varían considerablemente. La producción diaria estimada en comparación con la realizada presenta una variación significativa cumpliéndose entre un 50 % y un 70 % como máximo, lo que afecta a los centros de salud en el ámbito nacional. Para comprender más a fondo el proceso actual, se realiza un análisis integral mediante el uso del diagrama Sipoc.

4.1.6 Diagrama Sipoc

Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, al identificar las partes interesadas. Su representación gráfica posibilita entender el funcionamiento de un proceso y su interacción con otras entidades, tal y como se muestra en la Tabla 4.3:

Tabla 4.4: Sipoc del proceso intervención de mantenimiento

S	I	P	O	C
SUPLIDOR	ENTRADAS	PROCESOS	PROCESOS	PROCESOS
Bodeguero	Repuestos, materiales y herramientas	Reducción de tiempos y fallas de equipos de manufactura	Equipos reparados	Laboratorio Soluciones Parenterales
Jefe de Área y mantenimiento	Reporte de equipos en mal estado		Informes y tiempos de trabajo	Gerente General
Jefe de producción	Ordenes de trabajo		Equipos inspeccionados	Jefe de Área de Ingeniería y Mantenimiento
Contratistas o terceros	Mantenimientos preventivos		Informe de cambios y reparaciones	Jefe de Producción
			Firma de trabajos realizados por contratistas	Centros de Salud

DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO:

INICIO (El proceso inicia cuando la siguiente acción es ejecutada):

El personal de producción ingresa labores a las 06:00am (Impresión)

PASOS GENERALES DEL PROCESO:

PASO 1	Técnicos industriales ingresan a laborar a las 07:00am.
PASO 2	Realizan recorrido en producción verificando que los equipos esten trabajando correctamente (impresoras).
PASO 3	Instalan las selladoras de las bolsas para que esten listas cuando ingresa el segundo grupo de producción. (07:30am).
PASO 4	Si algún equipo presenta problemas se acciona mantenimiento correcto por parte de los técnicos.
PASO 5	Verificar gravedad del problema y disponibilidad de repuestos en bodega.
PASO 6	Los equipos trabajan correctamente se ejecutan ordenes pendientes de alta a menor prioridad.
PASO 7	Se dividen los técnicos para manufactura y para realizar trabajos externos a producción.
PASO 8	Los técnicos deben llenar las bitácoras correspondientes a trabajos realizados y tiempo que se tarda en los equipos.
PASO 9	Se deben atender contratistas en caso que haya un mantenimiento preventivo.
PASO 10	Si quedan ordenes o reportes pendientes se informa al supervisor de mantenimiento para realizar al siguiente día.
PASO 11	Fallos de equipos de manufactura que técnicos no puedan solucionar por falta de repuestos, o falta amplia de conocimiento se comunican con empresas contratistas.

ÚLTIMO (El proceso finaliza cuando la siguiente acción es ejecutada):

Dado que los técnicos no solucionaron por los motivos mencionados en el paso 11 la empresa contratista (terceros) se encargan de reparar, traer los repuestos y entregan reportes de problemas encontrados y debe ir firmado por jefatura o supervisor de mantenimiento para el respectivo pago a la empresa.

A continuación, se explica la figura anterior de forma detallada, considerando cada elemento del diagrama Sipoc:

- **Suplidor:** a través del diagrama Sipoc se identifican los involucrados en el proceso general de la empresa y, en el caso de los suplidores, son aquellas personas físicas o jurídicas que abastecen, en el ámbito de requerimientos, el proceso para brindar el servicio. Además, participan en esta etapa los diferentes departamentos que se encargan de la entrega de repuestos, suministros de materiales y las empresas externas que colaboran en la resolución de problemas.
- **Entradas:** en esta etapa se encuentran diversas formas de entradas. Se incluyen todas las entradas, requisitos y métricas. Aquí se destacan los repuestos, materiales y herramientas como puntos fundamentales para la resolución de problemas de manufactura. Las entradas se pueden considerar como cada uno de los reportes de equipos en mal estado y órdenes de trabajo. Además, los mantenimientos preventivos realizados por empresas externas cumplen un papel muy importante para el funcionamiento exitoso del laboratorio.
- **Proceso:** en esta etapa se presentan 13 pasos que se llevan a cabo actualmente para cualquier procedimiento, con el objetivo de reducir los tiempos y las fallas en los equipos de manufactura:
 1. El personal de producción ingresa a laborar a las 06:00 a. m. para imprimir las bolsas de la producción diaria.
 2. Los técnicos industriales ingresan a las 07:00 a. m.
 3. Realizan los recorridos en producción verificando que los equipos, como las impresoras, funcionen correctamente.
 4. Se instalan las selladoras de las bolsas para que estén listas cuando ingrese el segundo grupo de producción (07:30 a. m).
 5. Si algún equipo presenta problemas, se lleva a cabo el mantenimiento correctivo por parte de los técnicos.
 6. Verificar la gravedad del problema y la disponibilidad de repuestos en la bodega.
 7. Si los equipos trabajan correctamente, se ejecutan las órdenes pendientes del día anterior, de mayor a menor prioridad.

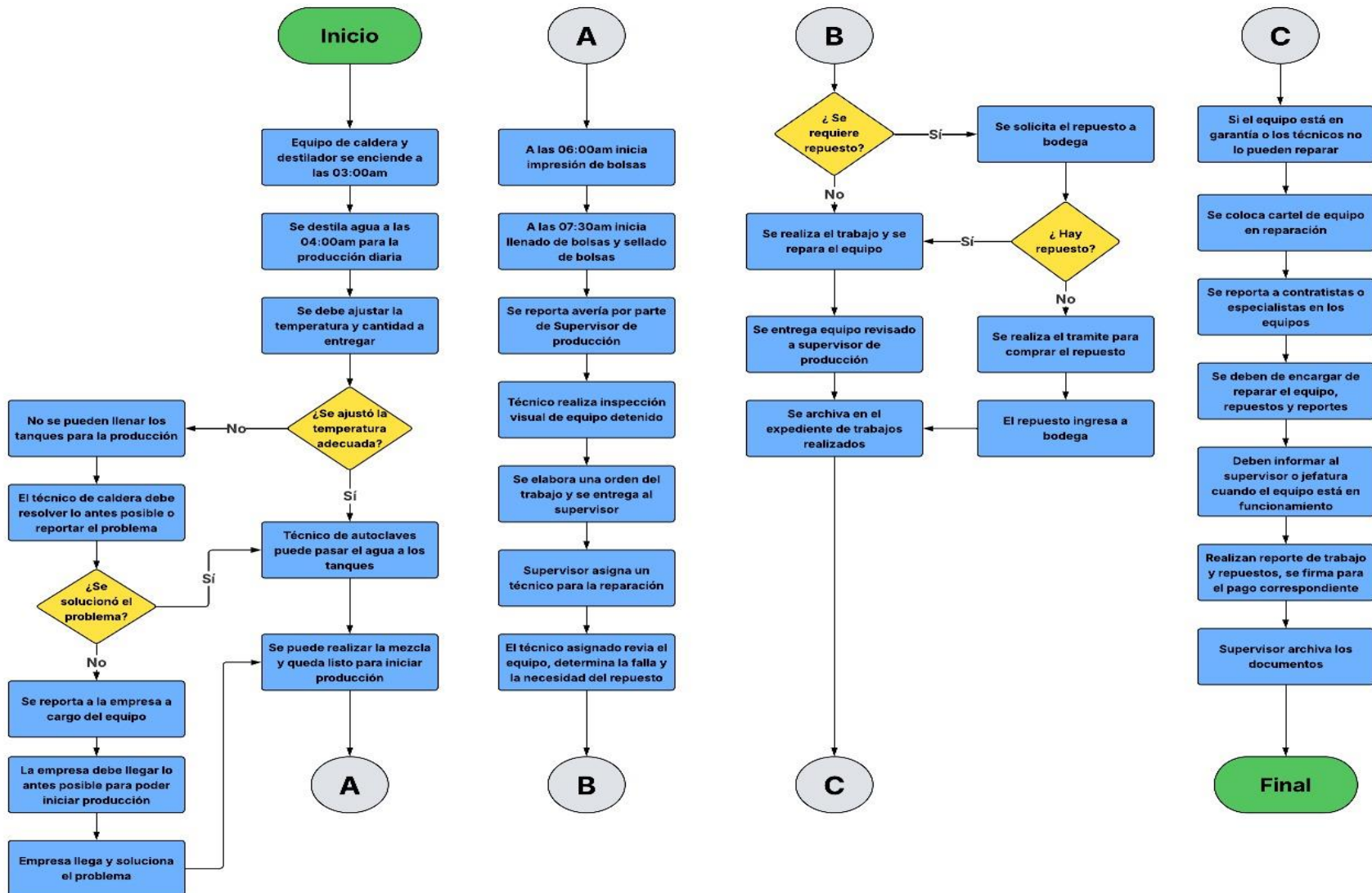
8. Se deben dividir las funciones del día que ejecutarán los técnicos, ya sea en manufactura o para realizar trabajos externos que requiera el laboratorio.
 9. Los técnicos deben llenar las bitácoras correspondientes a los trabajos realizados y al registro del tiempo que se tarda en la reparación del equipo.
 10. Se deben atender a los contratistas en caso de que ingresen a realizar mantenimientos preventivos.
 11. Si quedan órdenes o reportes pendientes durante el día, se informa al supervisor de mantenimiento para que se realicen al día siguiente.
 12. Los fallos en equipos de manufactura que sean de mayor gravedad y que los técnicos no puedan solucionar, ya sea por falta de repuestos o por la necesidad de un equipo más profesional, deben comunicarse con la empresa contratista.
 13. Si se efectúa el punto 12, como se menciona, los contratistas se encargan de traer los repuestos, reparar el equipo hasta que funcione correctamente, realizar los reportes de los problemas que se encontraron y entregarlos al supervisor de mantenimiento para su revisión y la firma de los documentos para el respectivo pago a la empresa.
- Salidas: una vez completados los 13 pasos anteriores, se obtiene como resultado del proceso la reducción de tiempos y fallas de los equipos de manufactura.
 - Clientes: el cliente final del proceso de suma importancia son los centros de salud, lo que incluye Ebais, hospitales y clínicas. Después de realizar este análisis con la herramienta Sipoc, se observa que en el proceso actual no existen controles ni indicadores claros que contribuyan a mejorar la producción diaria de sueros.

En conclusión, como se aprecia en el Sipoc, el Departamento de Producción y el Departamento de Mantenimiento cumplen un papel fundamental en los procesos de producción de manufactura, siendo los responsables directos de que los productos elaborados sean de excelente calidad antes de enviarse.

4.1.7 Diagrama de flujo

El siguiente diagrama de flujo explica el proceso, desde que el mantenimiento inicia labores que pueden perjudicar la producción diaria hasta el final del procedimiento y sus respectivas soluciones durante los mismos. Enseguida, se explica la figura, de la forma más detallada, punto por punto, en relación con el diagrama de flujo:

Figura 4.3: diagrama de flujo



Fuente: Autor, 2025

El diagrama de flujo anterior marca el inicio del proceso que involucra al Departamento de Mantenimiento, donde, en caso de que los equipos de calderas estén detenidos, se debe presurizar la caldera a 100 psi a las 03:00 a. m. para poder encender el destilador alrededor de las 04:00 a. m. Este equipo es el encargado de producir el líquido necesario para la realización de sueros. Una vez controlado este procedimiento, el técnico de calderas debe estar pendiente de la temperatura que solicita producción y de la cantidad en litros a pasar. Si no se ajusta la temperatura adecuada, el técnico de autoclaves no puede llenar los tanques internos que utiliza producción para realizar las diferentes mezclas.

En este caso, el técnico debe solucionar el problema lo antes posible para evitar atrasos en el llenado de los tanques. Si no se soluciona el problema, el técnico de calderas debe reportar a la empresa a cargo del equipo para que se aproxime lo antes posible y así evitar atrasos en la producción diaria. Una vez inspeccionado y revisado el equipo, la compañía contratista resuelve el problema y el técnico de autoclaves puede pasar el agua a los tanques, lo que permite que se haga la mezcla y quede lista para iniciar la producción sin demoras.

A las 06:00 a. m. ingresa el primer grupo de producción para iniciar la impresión de bolsas, con el objetivo de que estén listas a las 07:30 a. m., momento en el que ingresa el segundo grupo de producción. En caso de una avería en los equipos de manufactura, el supervisor de producción reporta el problema elaborando una orden de trabajo, la cual entrega al supervisor de mantenimiento. Este último asigna a un técnico para la reparación, quien llega a revisar el equipo, determina la falla y evalúa la necesidad de un repuesto.

Si el equipo requiere repuesto se debe verificar y solicitar en bodega, sin embargo si no hay repuesto disponible es necesario realizar el trámite de compra y comprobar el ingreso a bodega. Si no se requiere repuesto, el técnico realiza el trabajo y repara el equipo, el cual debe entregarse al supervisor de producción a cargo, revisado y en buenas condiciones de funcionamiento. Después, se debe archivar en el expediente los trabajos realizados durante el día.

Por último, si el equipo está en garantía o los técnicos no pueden reparar los equipos dañados, se debe colocar un cartel de *equipo en reparación*, reportar a los contratistas o

especialistas lo antes posible para la reparación de los equipos y la compra de repuestos. Una vez solucionado el problema, es necesario informar al supervisor o a la Jefatura cuando el equipo esté en funcionamiento, para realizar los reportes de repuestos y trabajos concluidos y así efectuar la firma para el respectivo pago.

A continuación, se lleva a cabo la etapa de medir, que consiste en determinar cuantitativamente el impacto del problema actual que se presenta al evitar y disminuir fallos y tiempos en los equipos de manufactura.

4.2 MEDIR

La segunda etapa del DMAIC es medir y consiste en determinar cuantitativamente el impacto del problema actual que afecta el proceso de manufactura. En esta etapa se cuantifica el impacto en la producción diaria de sueros, debido a que estos son la base de los reclamos actuales por la acumulación de órdenes de trabajo del Departamento de Mantenimiento. Para esto, se utiliza en todo momento la técnica denominada *gemba walk*, con el propósito de identificar, mediante la observación, todos aquellos fallos en el proceso.

4.2.1 Impacto en la producción diaria

El laboratorio, encargado de la producción de sueros en el ámbito nacional, presenta una baja elaboración del producto en comparación con lo proyectado semanalmente por las jefaturas a cargo, en las siguientes semanas del mes de mayo de 2025:

- **Producción semana del 05 de mayo de 2025 al 09 de mayo de 2025.**
- **Producción semana del 12 de mayo de 2025 al 16 de mayo de 2025.**
- **Producción semana del 19 de mayo de 2025 al 23 de mayo de 2025.**
- **Producción semana del 26 de mayo de 2025 al 30 de mayo de 2025.**

En esta segunda etapa de la metodología DMAIC se presentan datos sobre el impacto que tiene la producción diaria durante este mes de mayo de 2025. Seguidamente, se mencionan las cuatro semanas con sus respectivas tablas y gráficos de la producción diaria y el porcentaje de productividad diario para este mes de mayo de 2025:

- **Producción semana del 5 de mayo de 2025 al 9 de mayo de 2025**

Tabla 4.5: producción diaria y producción esperada de la semana 1

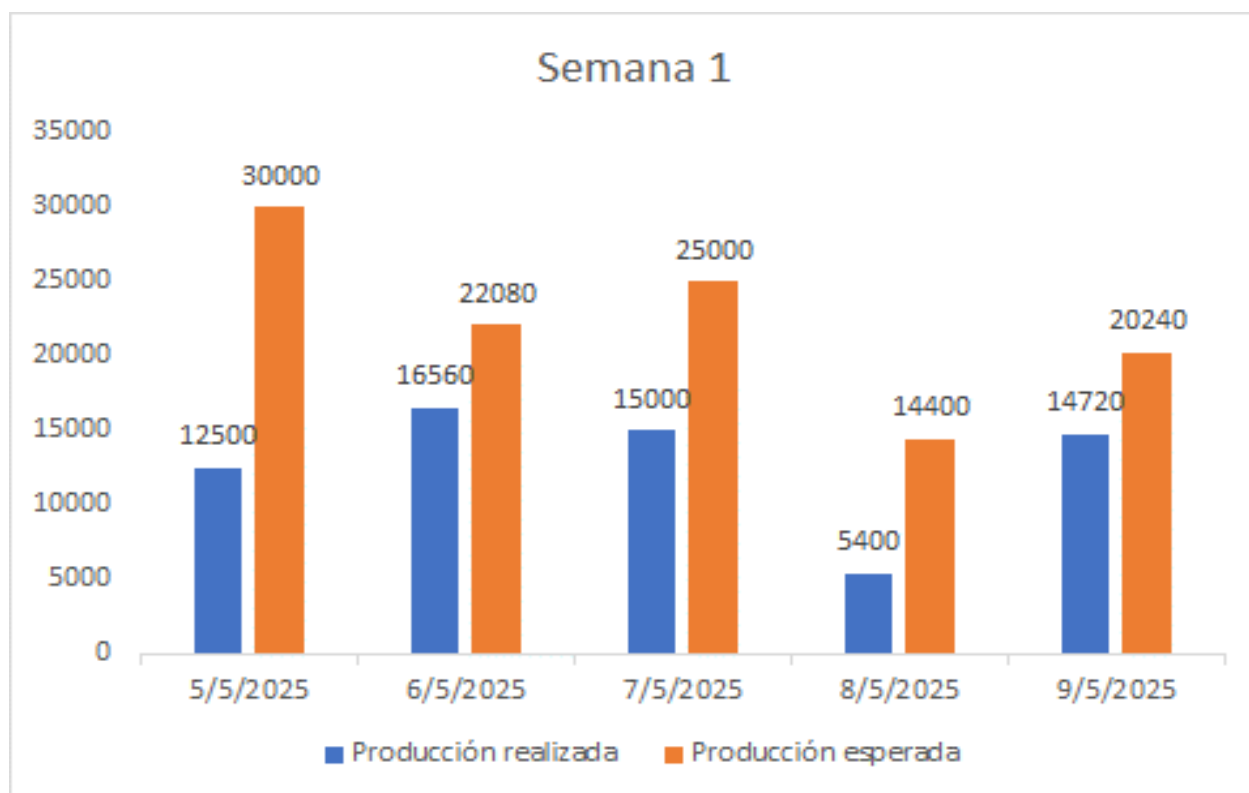
Semana 1	Producción realizada	Producción esperada	Porcentaje de producción
5/5/2025	12500	30000	42%
6/5/2025	16560	22080	75%
7/5/2025	15000	25000	60%
8/5/2025	5400	14400	38%
9/5/2025	14720	20240	73%
Totales	64180	111720	57%

Fuente: Autor, 2025

La Tabla 4.5 expone la primera semana del mes de mayo de 2025, correspondiente a la producción efectuada desde el 5 de mayo de 2025 hasta el 9 de mayo de 2025. Se aprecia que la meta de productividad semanal alcanzó el 57 %, lo cual se encuentra muy por debajo de lo proyectado para la semana 1.

A continuación, se presenta un gráfico que se basa en la tabla anterior, que muestra la producción diaria realizada y la producción esperada durante la semana del 05 de mayo de 2025 al 09 de mayo de 2025:

Figura 4.4: producción diaria realizada y esperada del 05 de mayo de 2025 al 09 de mayo de 2025

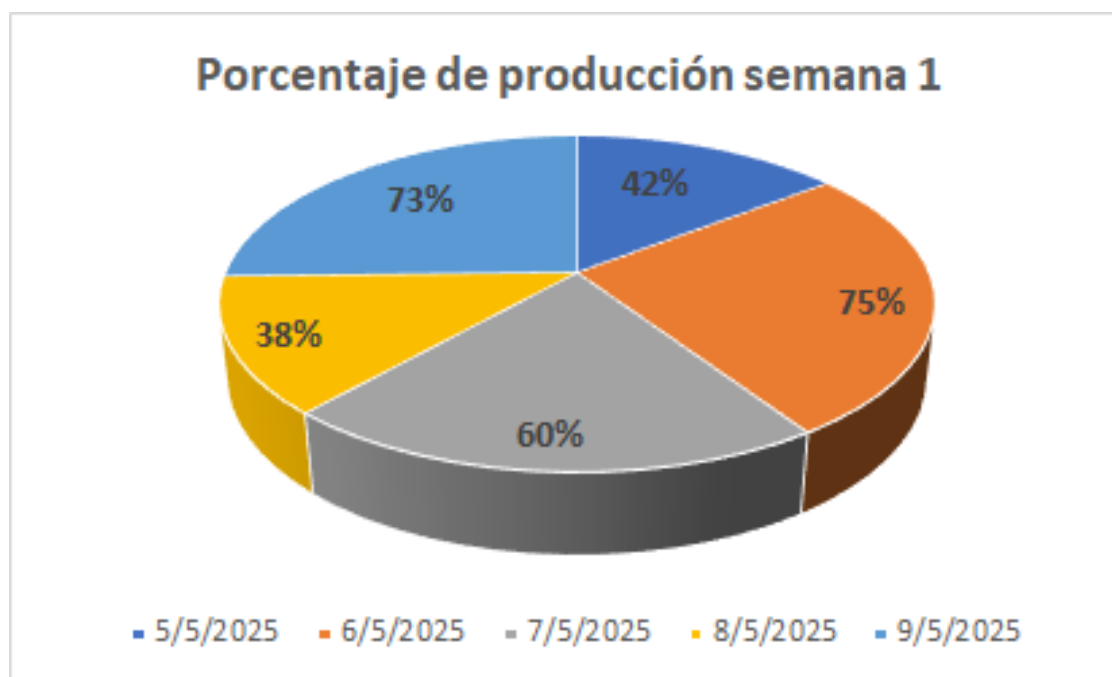


Fuente: Autor, 2025

Como se aprecia en la Figura 4.4, referente a la producción diaria realizada y a la producción diaria esperada, esta última se encuentra muy por debajo de la cantidad de piezas faltantes. Para el día 05 de mayo de 2025, se realizaron 12,500 unidades, mientras que se esperaba una producción de 30,000 piezas. Para el día 06 de mayo de 2025, se produjeron 16,560 piezas de las 22,080 unidades proyectadas para ese día. En el día 07 de mayo de 2025, se lograron 15,000 unidades de las 25,000 que se esperaban. El día 08 de mayo de 2025, se hicieron 5,400 unidades de sueros de las 14,400 unidades esperadas. Para finalizar la semana, el día 09 de mayo de 2025, se produjeron 14,720 piezas de las 20,240 proyectadas para la semana 1.

A continuación, se aprecian en un gráfico de pastel los porcentajes de producción diaria correspondientes a la semana del 5 de mayo de 2025 a la semana del 9 de mayo de 2025:

Figura 4.5: porcentaje de producción semana 1, del 05 de mayo de 2025 al 09 de mayo de 2025



Fuente: Autor, 2025

En cuanto a la Figura 4.5, el día con la mayor cantidad de piezas realizadas fue el 06 de mayo de 2025, alcanzando un 75 % de la producción diaria. Muy cerca de este porcentaje se encuentra el 09 de mayo de 2025, con un 73 %. En contraste, el 05 de mayo de 2025 y el 08 de mayo de 2025, la producción diaria estuvo por debajo del 50 %, lo que indica que la productividad de esos días requiere un análisis profundo para identificar los factores y causas de tan baja producción. Por otro lado, el 07 de mayo de 2025, se registró un porcentaje del 60 %.

Seguidamente, se analiza la segunda semana de producción del mes de mayo de 2025.

- **Producción semana del 12 de mayo de 2025 al 16 de mayo de 2025**

Tabla 4.6: producción diaria y producción esperada de la semana 2

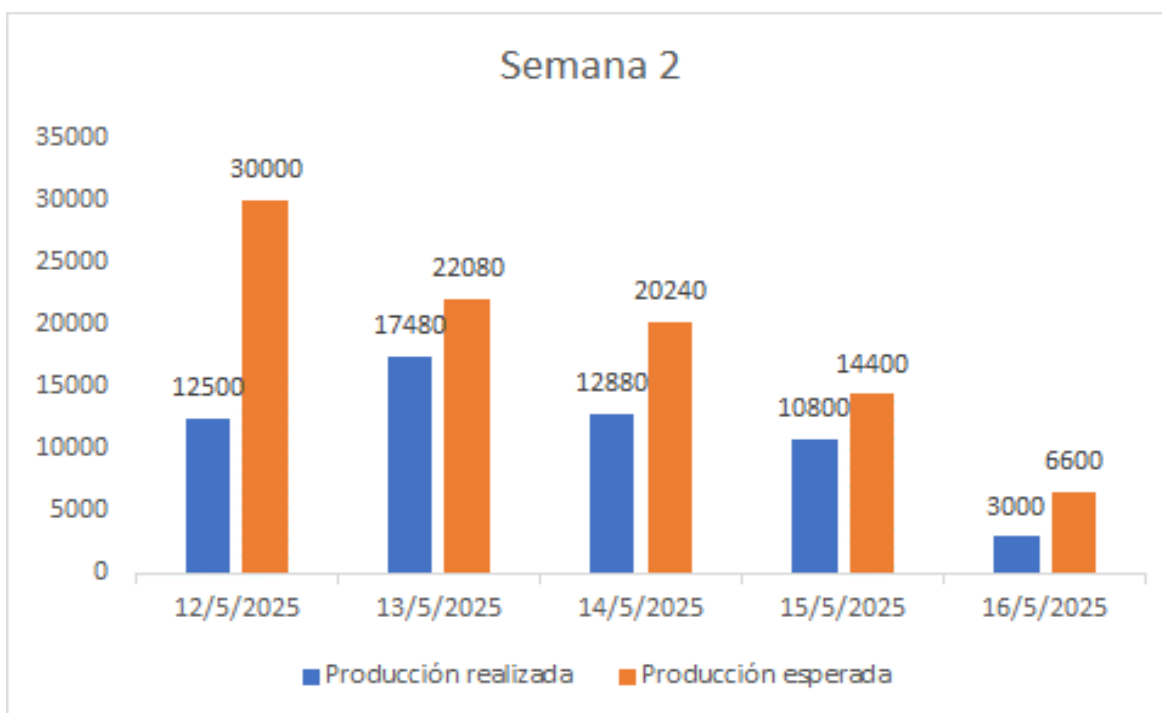
Semana 2	Producción realizada	Producción esperada	Porcentaje de producción
12/5/2025	12500	30000	42%
13/5/2025	17480	22080	79%
14/5/2025	12880	20240	64%
15/5/2025	10800	14400	75%
16/5/2025	3000	6600	45%
Totales	56660	93320	61%

Fuente: Autor, 2025

La Tabla 4.6 expone la segunda semana del mes de mayo de 2025, correspondiente a la producción efectuada desde el 12 de mayo de 2025 hasta el 16 de mayo de 2025. Se aprecia que la meta de productividad semanal alcanzó el 61 %, lo que representa un 4 % más que la semana 1, sin embargo, esta semana 2 también se encuentra muy por debajo de lo proyectado.

A continuación, se muestra un gráfico de acuerdo con la tabla anterior referente a la producción diaria realizada y la producción esperada en la semana del 12 de mayo de 2025 al 16 de mayo de 2025:

Figura 4.6: producción diaria realizada y esperada del 05 de mayo de 2025 al 09 de mayo de 2025

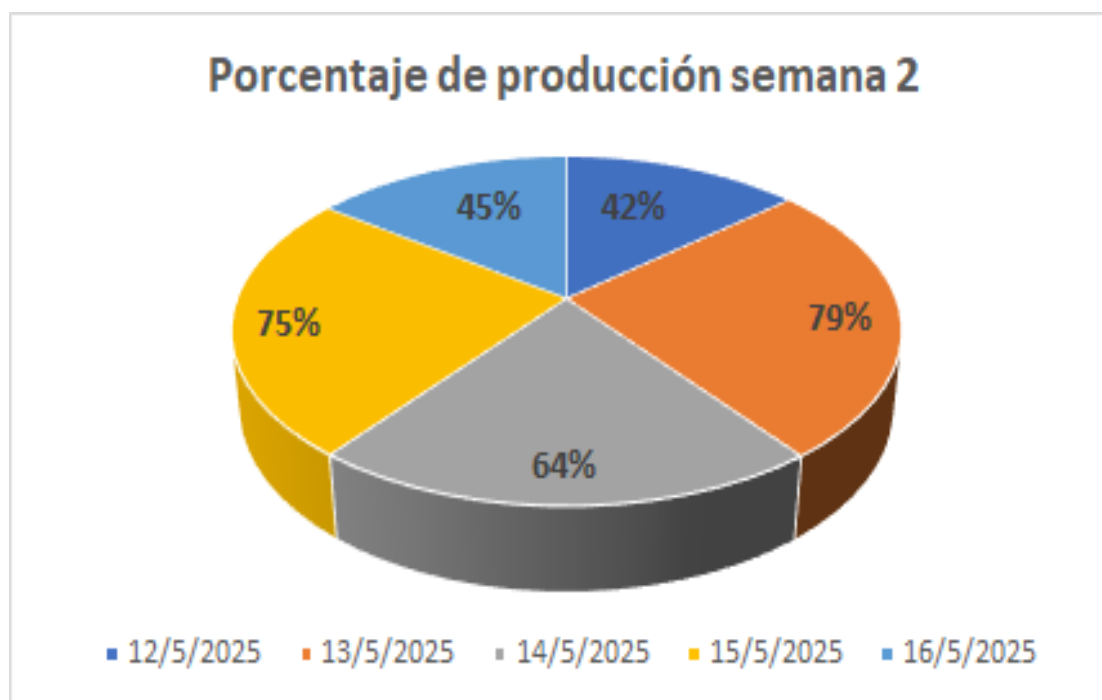


Fuente: Autor, 2025

Como se aprecia en la Figura 4.6, referente a la producción diaria realizada y a la producción diaria esperada, esta última se encuentra muy por debajo de la cantidad de piezas faltantes. Para el día 12 de mayo de 2025, se realizaron 12,500 unidades, mientras que se esperaba una producción de 30,000 piezas. Para el día 13 de mayo de 2025, se produjeron 17,480 piezas de las 22,080 unidades proyectadas para ese día. En el día 14 de mayo de 2025, se hicieron 12,880 unidades de las 20,240 que se esperaban. El día 15 de mayo de 2025 se produjeron 10,800 unidades de sueros de las 14,400 unidades esperadas. Para finalizar la semana, el día 16 de mayo de 2025, se llevaron a cabo 3,000 piezas de las 6,600 proyectadas para la semana 2.

A continuación, se aprecian en un gráfico de pastel los porcentajes de producción diaria de la semana del 12 de mayo de 2025 a la semana del 16 de mayo de 2025:

Figura 4.7: porcentaje de producción semana 2, del 12 de mayo de 2025 al 16 de mayo de 2025



Fuente: Autor, 2025

En cuanto a la Figura 4.7, el día con la mayor cantidad de piezas realizadas fue el 13 de mayo de 2025, con un 79 % de la producción diaria. Muy cerca de este porcentaje se encuentra el 15 de mayo de 2025, con un 75 % de la producción. En contraste, el 12 de mayo de 2025 y el 16 de mayo de 2025, la producción diaria estuvo por debajo del 50 %, lo que indica que la productividad de esos días requiere un análisis profundo para identificar los factores y causas de tan baja producción. Por otro lado, el 14 de mayo de 2025 se registró un porcentaje del 64 %.

Seguidamente, se analiza la tercera semana de producción del mes de mayo de 2025.

- **Producción semana del 19 de mayo de 2025 al 23 de mayo de 2025**

Tabla 4.7: producción diaria y producción esperada de la semana 3

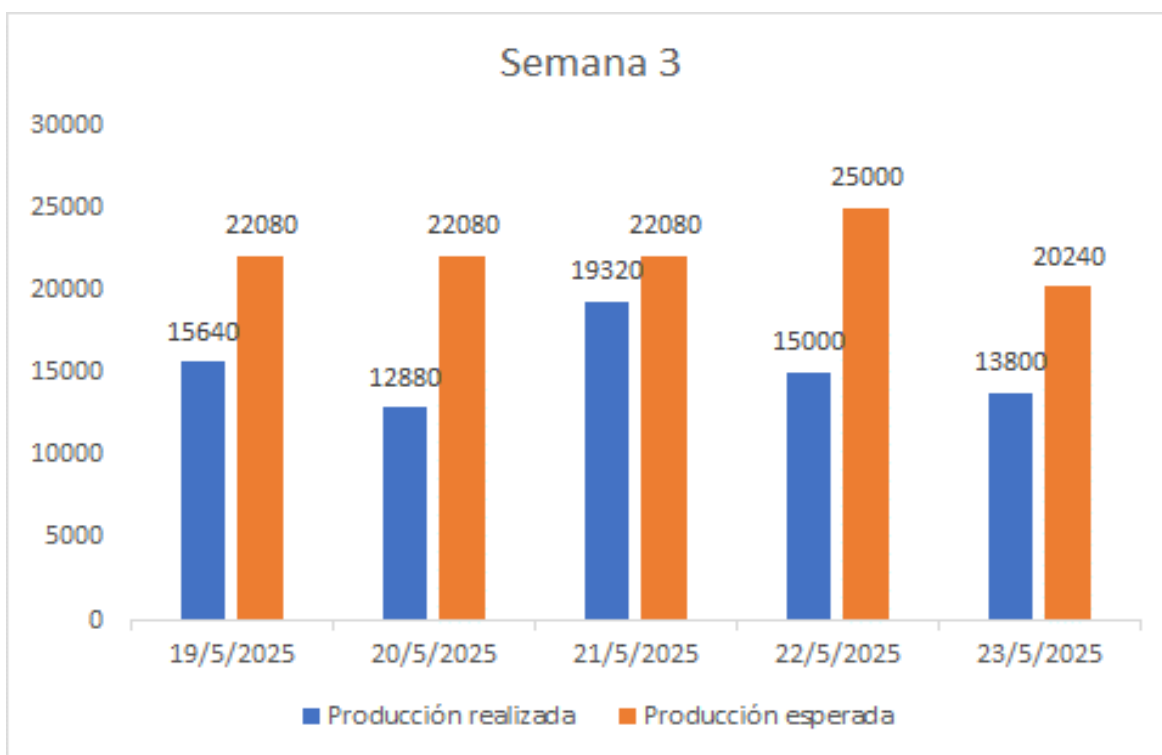
Semana 3	Producción realizada	Producción esperada	Porcentaje de producción
19/5/2025	15640	22080	71%
20/5/2025	12880	22080	58%
21/5/2025	19320	22080	88%
22/5/2025	15000	25000	60%
23/5/2025	13800	20240	68%
Totales	76640	111480	69%

Fuente: Autor, 2025

La Tabla 4.7 expone la tercera semana del mes de mayo de 2025, correspondiente a la producción efectuada desde el 19 de mayo de 2025 hasta el 23 de mayo de 2025. Se aprecia que la meta de productividad semanal alcanzó el 69 %, lo que generó un 8 % más de producción comparado con la semana 2.

A continuación, se muestra un gráfico de acuerdo con la tabla anterior referente a la producción diaria realizada y la producción esperada en la semana del 19 de mayo de 2025 al 23 de mayo de 2025:

Figura 4.8: producción diaria realizada y esperada del 19 de mayo de 2025 al 23 de mayo de 2025

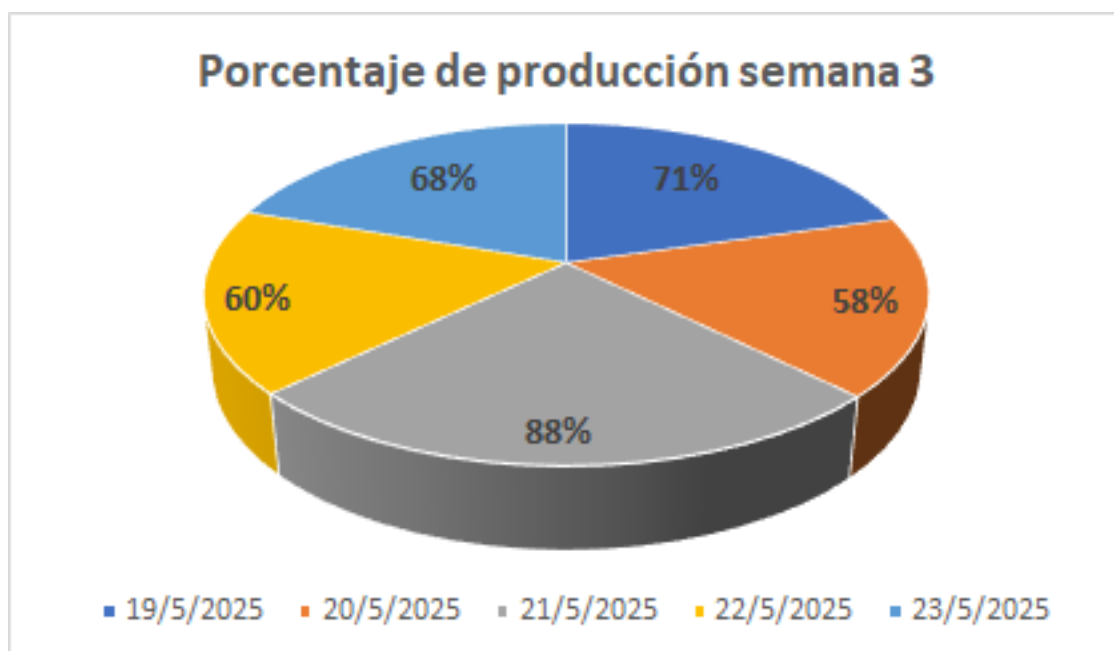


Fuente: Autor, 2025

Como se aprecia en la Figura 4.8, referente a la producción diaria realizada y a la producción diaria esperada, esta semana fue la mejor del mes de mayo en comparación con las semanas anteriores. Para el día 19 de mayo de 2025, se realizaron 15,640 unidades, mientras que se esperaba una producción de 22,080 piezas. Para el día 20 de mayo de 2025, se produjeron 12,880 piezas de las 22,080 unidades proyectadas para ese día. En el día 21 de mayo de 2025, se lograron 19,320 unidades de las 22,080 que se esperaban. En el día 22 de mayo de 2025, se hicieron 15,000 unidades de sueros de las 25,000 unidades esperadas. Para finalizar la semana, el día 23 de mayo de 2025, se produjeron 13,800 piezas de las 20,240 proyectadas para la semana 3.

A continuación, se aprecian en un gráfico de pastel los porcentajes de producción diaria de la semana del 19 de mayo de 2025 a la semana del 23 de mayo de 2025:

Figura 4.9: porcentaje de producción semana 3, del 19 de mayo de 2025 al 23 de mayo de 2025



Fuente: Autor, 2025

En cuanto a la Figura 4.9, el día con la mayor cantidad de piezas realizadas fue el 21 de mayo de 2025, con un 88 % de la producción diaria, muy cerca del porcentaje de piezas esperadas para ese día. El 19 de mayo de 2025 se alcanzó un 71 % de la producción, seguido del 20 de mayo de 2025, con un 58 % y del 16 de mayo de 2025, con un 60 %. Además, el 23 de mayo de 2025 se registró un porcentaje del 68 %. Cabe destacar que la semana 3 es la que presenta el mayor porcentaje de producción en comparación con las semanas 1 y 2.

Seguidamente, se analiza la última semana de producción del mes de mayo de 2025.

- **Producción semana del 26 de mayo de 2025 al 30 de mayo de 2025**

Tabla 4.8: producción diaria y producción esperada de la semana 4

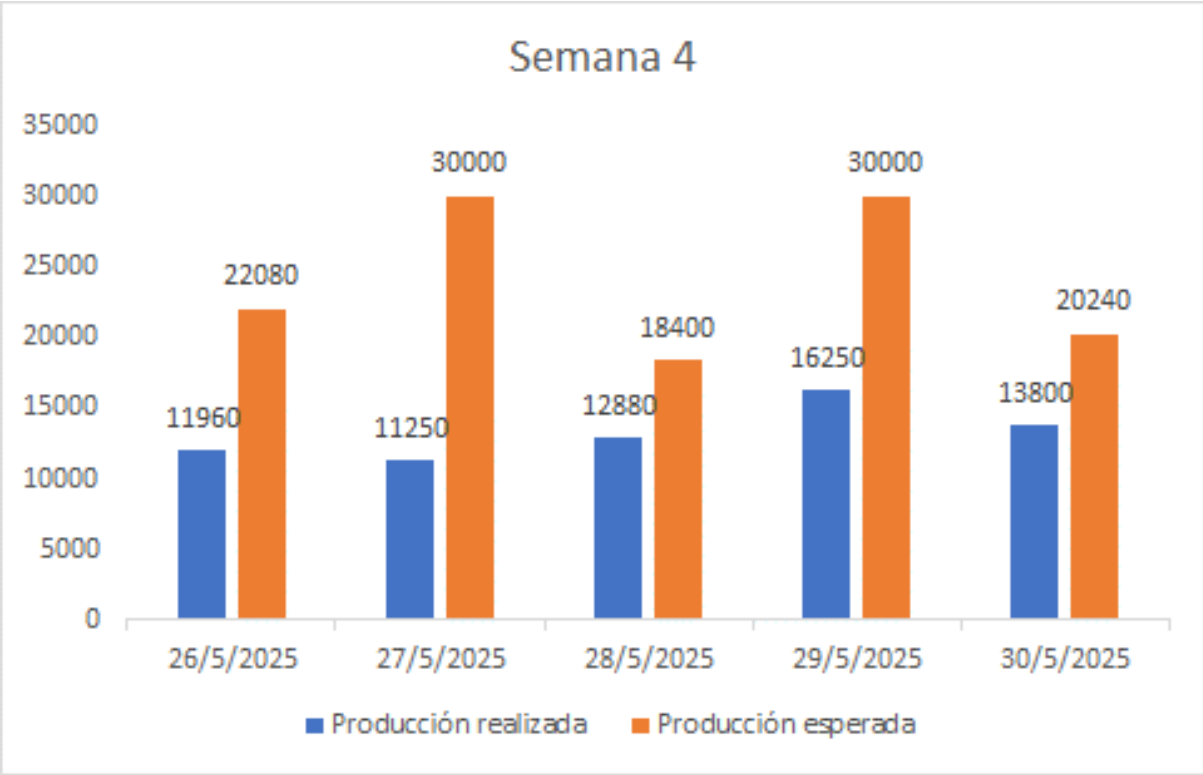
Semana 4	Producción realizada	Producción esperada	Porcentaje de producción
26/5/2025	11960	22080	54%
27/5/2025	11250	30000	38%
28/5/2025	12880	18400	70%
29/5/2025	16250	30000	54%
30/5/2025	13800	20240	68%
Totales	66140	120720	55%

Fuente: Autor, 2025

La Tabla 4.8 expone la cuarta semana del mes de mayo de 2025, correspondiente a la producción efectuada desde el 26 de mayo de 2025 hasta el 30 de mayo de 2025. Se aprecia que la meta de productividad semanal alcanzó el 55 %, lo que generó una disminución del 14 % comparado con la semana 3 en la producción de sueros.

A continuación, se presenta un gráfico que se basa en la tabla anterior, que muestra la producción diaria realizada y la producción esperada durante la semana del 26 de mayo de 2025 al 30 de mayo de 2025:

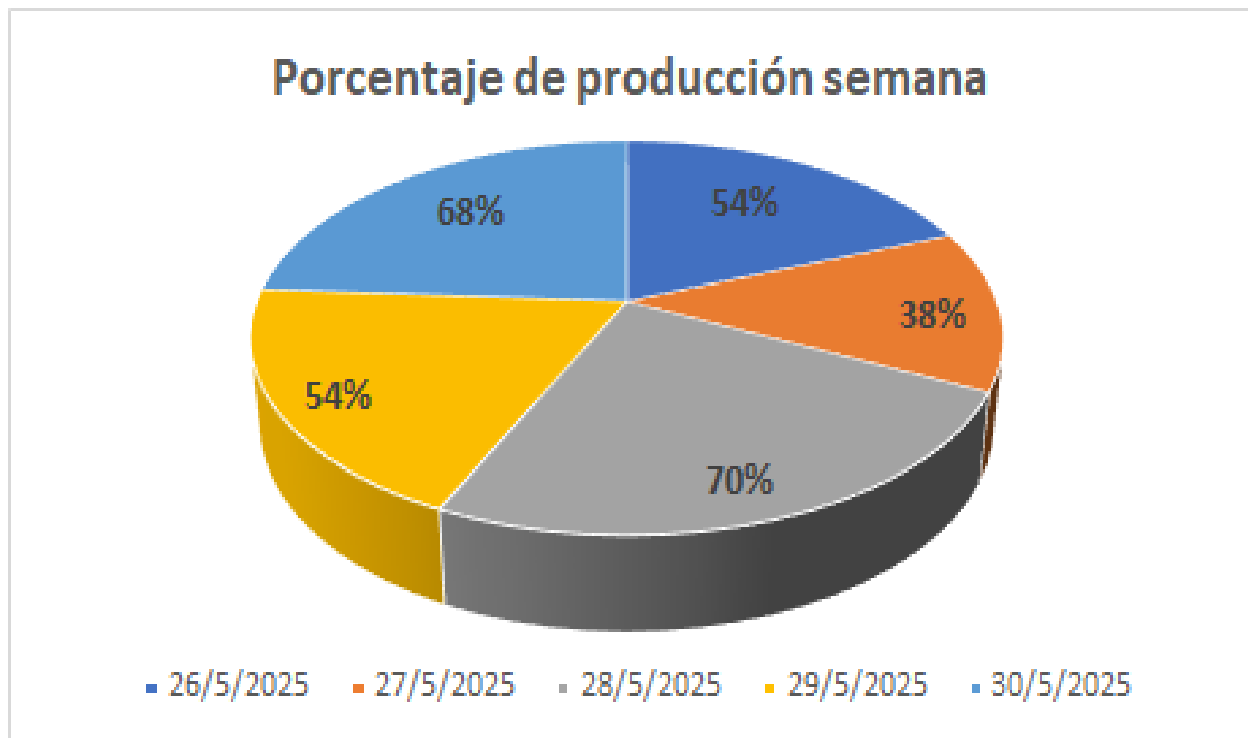
Figura 4.10: producción diaria realizada y esperada del 26 de mayo de 2025 al 30 de mayo de 2025



Fuente: Autor, 2025

Como se aprecia en la Figura 4.10, referente a la producción diaria realizada y a la producción diaria esperada, esta semana fue la mejor del mes de mayo en comparación con las semanas anteriores. Para el día 19 de mayo de 2025, se realizaron 15,640 unidades, mientras que se esperaba una producción de 22,080 piezas. Para el día 20 de mayo de 2025 se produjeron 12,880 piezas de las 22,080 unidades proyectadas para ese día. En el día 21 de mayo de 2025, se lograron 19,320 unidades de las 22,080 que se esperaban. En el día 22 de mayo de 2025, se hicieron 15,000 unidades de sueros, de un total de 25,000 unidades esperadas. Para finalizar la semana, el día 23 de mayo de 2025, se produjeron 13,800 piezas de las 20,240 proyectadas para la semana 3. A continuación, se aprecian en un gráfico de pastel los porcentajes de producción diaria de la semana del 19 de mayo de 2025 a la semana del 23 de mayo de 2025:

Figura 4.11: porcentaje de producción semana 4, del 26 de mayo de 2025 al 30 de mayo de 2025



Fuente: Autor, 2025

En cuanto a la Figura 4.11, el día con la mayor cantidad de piezas realizadas fue el 21 de mayo de 2025, con un 88 % de la producción diaria, muy cerca del porcentaje de piezas esperadas para ese día. El 19 de mayo de 2025 se alcanzó un 71 % de la producción, seguido del 20 de mayo de 2025, con un 58 % y del 16 de mayo de 2025, con un 60 %. Además, el 23 de mayo de 2025 se registró un porcentaje del 68 %. Cabe destacar que la semana 3 es la que presenta el mayor porcentaje de producción en comparación con las semanas 1 y 2.

4.2.2 Gráficos de control estadístico

A continuación, se presenta la Tabla 4.9 de la producción del mes de mayo de 2025 y, seguidamente, se elaboran los gráficos de control estadístico mediante el programa Minitab para sus correspondientes diagramas.

Tabla 4.9: producción mes de mayo de 2025

Producción mes de mayo 2025						
Fecha	Tamaño ml	Cantidad de bolsas por carro	Cantidad de carro realizados	Cantidad de bolsas realizadas	Cantidad de piezas solicitadas por día	# Carros
1/5/2025	Feriado					
2/5/2025	1000	600	11	6600	13200	22
3/5/2025	Libre					
4/5/2025						
5/5/2025	100	1250	10	12500	30000	24
6/5/2025	500	920	18	16560	22080	24
7/5/2025	50	1250	12	15000	25000	20
8/5/2025	1000	600	9	5400	14400	24
9/5/2025	500	920	16	14720	20240	22
10/5/2025	Libre					
11/5/2025						
12/5/2025	100	1250	10	12500	30000	24
13/5/2025	250	920	19	17480	22080	24
14/5/2025	500	920	14	12880	20240	22
15/5/2025	1000	600	18	10800	14400	24
16/5/2025	2000	300	10	3000	6600	22
17/5/2025	Libre					
18/5/2025						
19/5/2025	500	920	17	15640	22080	24
20/5/2025	250	920	14	12880	22080	24
21/5/2025	500	920	21	19320	22080	24
22/5/2025	50	1250	12	15000	25000	20
23/5/2025	500	920	15	13800	20240	22
24/5/2025	Libre					
25/5/2025						
26/5/2025	250	920	13	11960	22080	24
27/5/2025	100	1250	9	11250	30000	24
28/5/2025	250	920	14	12880	18400	20
29/5/2025	50	1250	13	16250	30000	24
30/5/2025	500	920	15	13800	20240	22
31/5/2025	Libre					

Fuente: Autor, 2025

La Tabla 4.9 se elaboró a partir de la producción del mes de mayo de 2025. En cada columna se especifica cada característica del suero como producto terminado.

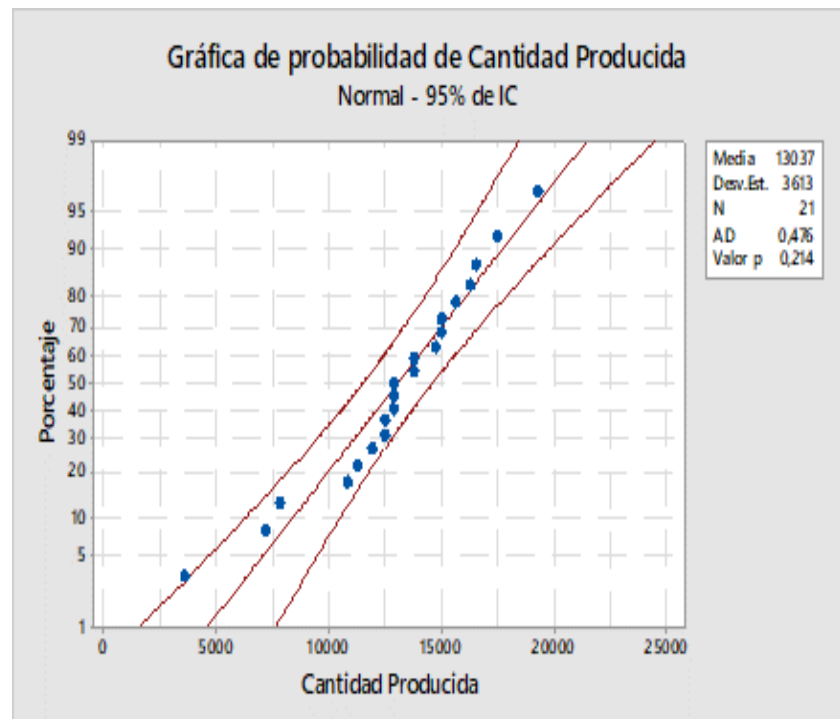
- Fecha de producción.
- El tamaño en mililitros de la bolsa puede ser de 50 ml, 100 ml, 250 ml, 500 ml, 1000 ml y 2000 ml.
- En la columna *bolsas por carro* se muestra la cantidad total de bolsas que lleva cada carro, el cual se divide en diez láminas.

- La columna que continúa muestra la cantidad de carros que se fabricaron durante los tres turnos de lunes a viernes.
- La columna seis especifica la cantidad de piezas de suero realizadas durante los tres turnos.
- La siguiente marca las piezas solicitadas por día por parte de las jefaturas del laboratorio.
- Por último, especifica el número de carros que se espera realizar por día.

Seguidamente, se verifica el supuesto de normalidad de la producción del mes de mayo de 2015 y se determina si el valor de P es mayor que alfa. A través de Minitab, se realiza el gráfico de control I-MR para analizar el comportamiento de esta característica de calidad, ejecutando el análisis del proceso.

Tabla 4.10: gráfico de probabilidad cantidad producida mes de mayo de 2025

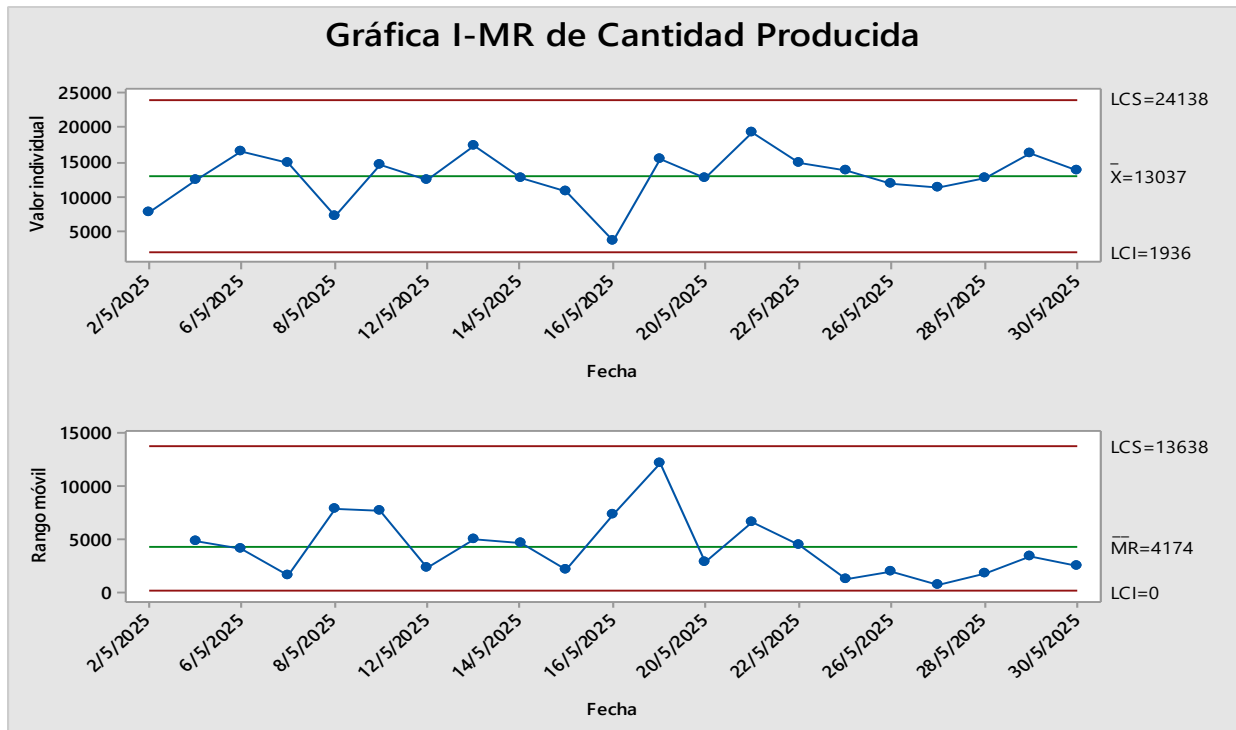
Fecha	Cantidad Producida
2/5/2025	7800
5/5/2025	12500
6/5/2025	16560
7/5/2025	15000
8/5/2025	7200
9/5/2025	14720
12/5/2025	12500
13/5/2025	17480
14/5/2025	12880
15/5/2025	10800
16/5/2025	3600
19/5/2025	15640
20/5/2025	12880
21/5/2025	19320
22/5/2025	15000
23/5/2025	13800
26/5/2025	11920
27/5/2025	11250
28/5/2025	12880
29/5/2025	16250
30/5/2025	13800



Fuente: Autor, 2025

Debido al resultado del gráfico de probabilidad, el valor de P es 0,214, mayor que alfa = 0,05. Por lo tanto, los datos siguen una distribución normal, con un 95 % de confianza. Esto significa que se puede realizar el gráfico de control I-MR para este caso, como se aprecia en la Figura 4.12.

Figura 4.12: gráfico I-MR con especificación



Fuente: Autor, 2025

Observando el gráfico MR, se tiene un rango móvil promedio de 4,174 piezas producidas, con un límite superior de 13,638 piezas producidas y un límite inferior de 0 piezas producidas. No se observan tendencias ni peculiaridades; tampoco hay puntos fuera de los límites. Por lo tanto, el proceso está bajo control estadístico en lo que respecta a la precisión.

Al observar el gráfico I se registra un promedio de 13,037 piezas producidas, con un límite superior de 24,138 piezas y un límite inferior de 1,936 piezas. No se aprecian tendencias ni peculiaridades y tampoco se identifican puntos fuera de los límites, lo que indica que el proceso se encuentra bajo control estadístico en lo que respecta a la exactitud. En conclusión, el proceso es estable y preciso.

En la Tabla 4.11 se presentan datos sobre los carros producidos en cada turno del mes de mayo de 2025. Con esta información, se puede elaborar el gráfico de Xbarra-R y analizar los resultados que esta puede proporcionar.

Tabla 4.11: cantidad de carros por turno

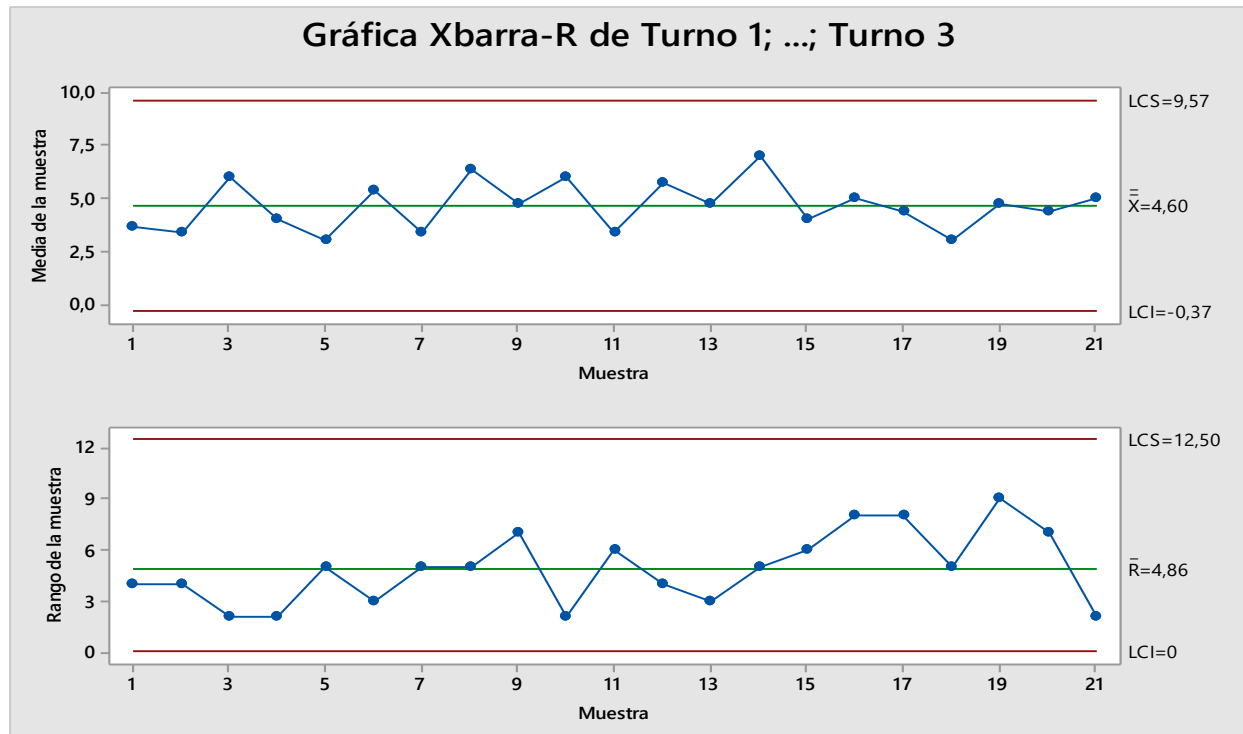
Cantidad de carros por turno				
Fecha	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Total de carros
2/5/2025	3	6	2	11
5/5/2025	4	5	1	10
6/5/2025	7	6	5	18
7/5/2025	4	5	3	12
8/5/2025	4	5	0	9
9/5/2025	5	4	7	16
12/5/2025	5	5	0	10
13/5/2025	6	9	4	19
14/5/2025	7	7	0	14
15/5/2025	5	7	6	18
16/5/2025	4	6	0	10
19/5/2025	5	8	4	17
20/5/2025	6	3	5	14
21/5/2025	5	10	6	21
22/5/2025	6	6	0	12
23/5/2025	7	8	0	15
26/5/2025	8	5	0	13
27/5/2025	5	4	0	9
28/5/2025	9	5	0	14
29/5/2025	6	7	0	13
30/5/2025	5	6	4	15

Fuente: Autor, 2025

Esta Tabla 4.11 especifica la cantidad de carros que se produjeron en cada turno durante el mes de mayo de 2025 y el total respectivo de carros realizados diariamente.

A continuación, se presenta el gráfico Xbarra-R de la cantidad de carros con sueros por cada turno, utilizando el proceso natural, como se aprecia en la Figura 4.13.

Figura 4.13: gráfico Xbarra-R



Fuente: Autor, 2025

Como resultado, mediante el programa Minitab, se obtienen los siguientes resultados: Observando el gráfico R, se obtiene un rango promedio de 4,86 carros por turno, con un límite superior de 12,50 carros por turno y un límite inferior de 0 carros por turno. No se observan tendencias ni peculiaridades. Además, no hay puntos fuera de los límites, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico en lo que respecta a la precisión. Observando el gráfico Xbarra, se tiene un promedio de 4,60 carros por turno, con un límite superior de 9,57 carros por turno y un límite inferior de 0,37 carros por turno. No se observan tendencias ni peculiaridades; tampoco hay puntos fuera de los límites. Por lo tanto, el proceso está bajo control estadístico en lo que respecta a la exactitud.

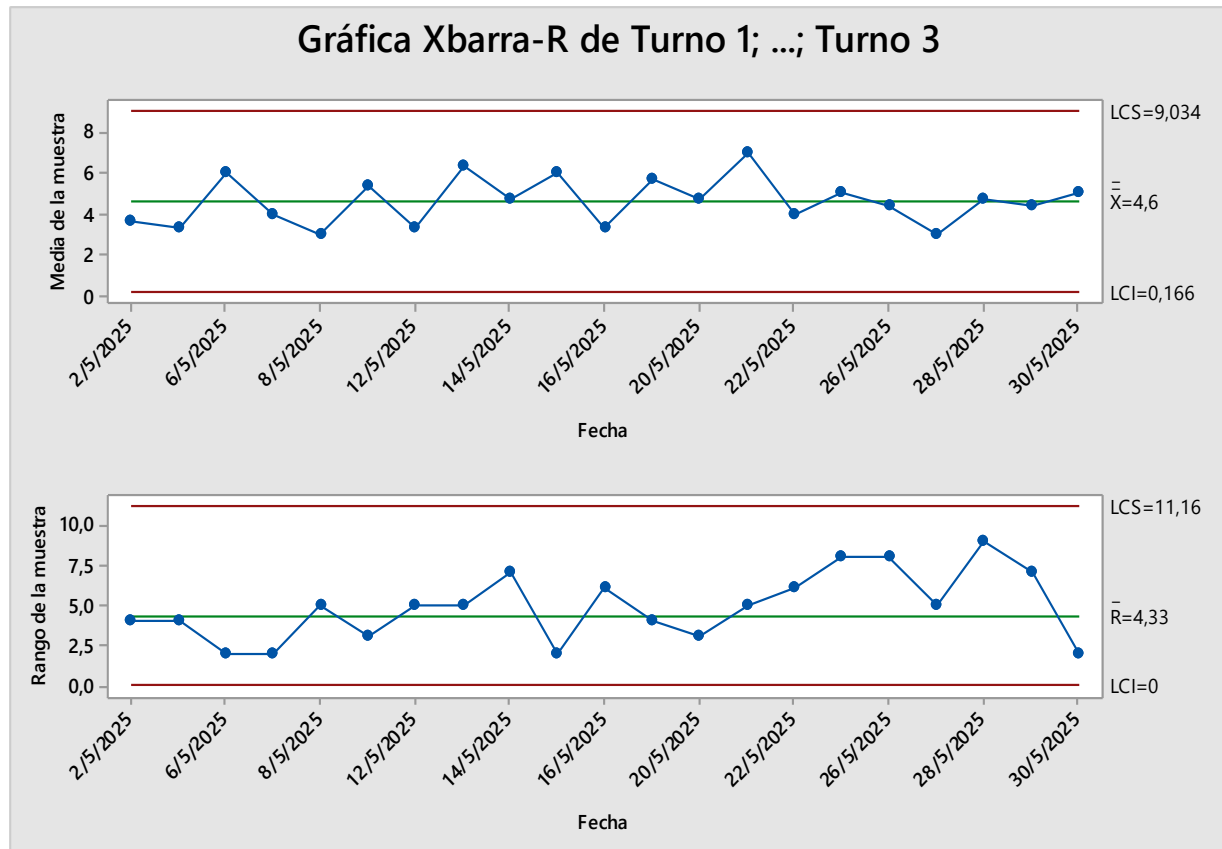
En conclusión, el proceso es estable y preciso.

El gráfico Xbarra-R da como resultado:

- La media es de 4,6 carros en los turnos.
- La desviación estándar es de 2,56 carros en los turnos.

A continuación, se presenta el gráfico Xbarra-R con la especificación aplicada, utilizando el dato de la media, que es 4,6 y el resultado de la desviación estándar, que es 2,56, como se muestra en la Figura 4.14:

Figura 4.14: gráfico Xbarra R especificación aplicada



Fuente: Autor, 2025

Como resultado, mediante el programa Minitab, se obtienen los siguientes resultados: Observando el gráfico R, con la especificación aplicada se obtiene un promedio de 4,33 carros por turno, con un límite superior de especificación de 11,16 carros por turno y un límite inferior de especificación de 0 carros por turno. No se observan tendencias ni peculiaridades; tampoco hay puntos fuera de los límites. Por lo tanto, el proceso está bajo control estadístico en lo que respecta a la precisión.

Al observar el gráfico X barra, con la especificación aplicada se obtiene un promedio de 4,6 carros por turno, con un límite superior de especificación de 9,084 carros por turno y un límite inferior de especificación de 0,166 carros por turno. No se observan tendencias ni peculiaridades. Además, no hay puntos fuera de los límites, por lo que el proceso se encuentra bajo control estadístico en lo que respecta a la exactitud.

En conclusión, el proceso es estable y preciso.

4.2.3 Modo de falla potencial y análisis de efectos (AMEF)

La herramienta que se presenta se utiliza para identificar y mitigar riesgos potenciales en el proceso que lleva a cabo el Departamento de Mantenimiento en el contexto de los procesos de manufactura. La siguiente tabla muestra la severidad, la frecuencia y la detectabilidad, clasificándolas en baja, media, alta o crítica.

Tabla 4.12: análisis AMEF

	Severidad	AMEF	Frecuencia	AMEF	Detectabilidad	AMEF
Baja	El supervisor no nota el problema o no se molesta por ello.	1 - 2	Ocurrencia mensual (Ocurrencia 0% - 45% del tiempo)	1 - 2	Los controles tienen una buena posibilidad de detectar (Sin detección 0% a 45% del tiempo)	1 - 2
Media	El supervisor nota el problema y está molesto.	3	Ocurrencia Semanal (Ocurrencia 45% - 75% del tiempo)	3	Los controles pueden detectar la existencia de un fallo. (Sin detección del 45% al 75% del tiempo)	3 - 4
Alta	La producción se detiene entre 2 y 4 horas.	4	Ocurrencia Diaria (Ocurrencia 75% - 100% del tiempo)	4 - 5	Sin controles conocidos o posibilidad de detección muy remota (sin detección 75% - 100% del tiempo)	5
Crítica	No se puede desarrollar la producción del día.	5	n/a		n/a	

Fuente: Autor, 2025

La Tabla 4.12 se elabora con el fin de que se determine cuán baja o crítica puede ser la función desarrollada por el personal, tanto de mantenimiento como de producción. Según la severidad, frecuencia y detectabilidad, se asigna un puntaje: uno o dos se considera bajo, un puntaje de tres se clasifica como medio en severidad y frecuencia y de tres o cuatro en detectabilidad. Para la gravedad alta, se asigna un puntaje de cuatro para severidad, cuatro o cinco para frecuencia y cinco para detectabilidad. En el caso de que la condición sea crítica, se otorga un puntaje de cinco en severidad, mientras que en frecuencia y detectabilidad no se aplica ningún puntaje. Enseguida, se presenta la tabla de modo de falla potencial con sus respectivas funciones y puntaje, tal como se menciona en la tabla anterior:

Tabla 4.13: modo de falla potencial y análisis de defectos

Modo de falla potencial y análisis de efectos (AMEF)								
Función	Modo de Falla Potencial	Efectos potenciales o fallas	sev	Causa potencial	Ocorre	Controles actuales	Detec	RPN
Llenado destilador	Agua con la temperatura incorreta	No se ajusto la temperatura correcta a más de 80°C	2	Descuido del técnico de Calderas	1	Verificar temperatura antes de pasar el agua	1	2
Caldera en funcionamiento	Fallo de arranque de la caldera	No se puede destilar agua ni iniciar en producción	5	Falta de mantenimiento preventivo	1	Inicio de semana se realizan pruebas de arranque	1	5
Funcionamiento de las impresoras	No se realizan las pruebas de impresión	No se puede iniciar con el proceso	4	Fallo en pedal de impresión	3	Revisar que la impresión sea legible y completa	3	36
Sello en las bolsas de suero	Sello no legible	No se puede iniciar con el proceso	4	Fallo en la temperatura en resistencias	3	Verificar temperatura correcta y calibración	2	24
Montaje de selladoras en línea 1 y 2	Sellado no aprobado por jefe de planta	No se puede iniciar producción	3	Mala calibración del equipo	2	Mantenimiento preventivo de los equipos	2	12
Inspección correcta del sellado	Fugas en la bolsa externa	Desecho de las bolsa externa	2	Mala calibración del equipo	3	Mantenimiento y constante revisión de los equipos	2	12
Carga de baterías para montacarga	No cargar las baterías en el tiempo indicado	No se pueden movilizar los carros para esterilización	2	No cumplir con rutinas establecidas	1	Se deben dejar baterías cargando al final de turno	1	2
Esterilización en autoclaves	Falta de repuestos	Disminución de la producción diaria	4	Ausencia de mantenimiento preventivo	3	Mantenimiento preventivo de técnicos o terceros	3	36
Esterilización en autoclaves	Mal manejo de autoclaves	Paro y disminución en la producción	2	Mala colocación de la sonda	1	Colocar la sonda en el punto indicado	1	2
Monitoreo de autoclaves	Baja tempereatura y presión de la camara	Desecho de carro terminado	3	Descuido del operador de autoclaves	1	Monitoriar de forma atenta las temperaturas y presiones	2	6
Revisión sello hermético de las bolsas	Fugas en la bolsa	Desecho de la pieza	2	Mala manipulación o no chequeo	2	Calibrar correctamente los equipos	2	8
Embolse de la bolsa llena con solución	No recolectar las primeras bolsas	Paro en la producción	4	Descuido del inspector	1	Apuntes de pasos a seguir	1	4
Sellado de la bolsa con solución	Bolsa externa con irregularidades	Desecho del material	2	Mala inspección de las bolsas	2	Revisión al 100%	2	8
Sellado de la bolsa externa	Revisión aleatoria	Desecho de las piezas	2	Revisión no al 100%	2	Revisión al 100%	2	8
Cargar los carros para esterilización	Esterilizar menos bolsas	Faltante en el pedido	3	Mal conteo y descuido del operador	2	Orden en el acomodo	2	12

177

Fuente: Autor, 2025

La tabla AMEF o FMEA describe los procesos enfocados en la intervención de equipos por parte de los técnicos de mantenimiento del Laboratorio de Soluciones Parenterales. A través de las funciones que ejecutan los técnicos, se explica cada falla potencial que puede ocurrir en la actividad, los efectos potenciales que produce dicha falla, la causa potencial de por qué ocurrió o pudo haber ocurrido durante el proceso y los controles actuales que ayudan a detectar esos fallos. A continuación, como se explicó en la Tabla 4.13:

La severidad se clasifica en un rango del 1 al 5, donde un nivel de 1 y 2 indica baja severidad, un nivel 3 representa severidad media, un nivel 4 corresponde a alta severidad. Por último, un nivel 5 se aplica en casos de severidad crítica.

La frecuencia se divide de la siguiente manera:

Si la ocurrencia se presenta mensualmente, se califica con un uno o dos si es baja; si es semanal, se aplica un tres en media y si la frecuencia se muestra diariamente, se aplica un cuatro o cinco, calificándose como alta frecuencia.

La detectabilidad se refiere a la posibilidad de identificar un error antes de que ocurra, clasificándose en tres niveles: uno y dos para baja, tres o cuatro para media y cinco para alta detectabilidad.

Cabe mencionar que, en cuanto a frecuencia y detectabilidad, si es crítica no se aplica; solo se considera en severidad.

4.2.4 Activos de mantenimiento

A continuación, se presenta una lista de los activos a cargo del Departamento de Mantenimiento. En este levantamiento participaron:

- Supervisor de mantenimiento: 1 persona.
- Técnicos de calderas: 2 personas.
- Técnico de equipo industrial: 1 persona.

Tabla 4.14: activos de mantenimiento

Descripción del equipo	Placa CCSS	Código de mantenimiento	Tipo de mantenimiento		Frecuencia de MTO
			ALSP	Terceros	
Montacarga Yale		B104-002		X	Trimestral
Montacarga Heli	804778	B104-007		X	Trimestral
Carretilla Crown #1	957555	B104-004		X	Trimestral
Carretilla Crown #2	957555	B104-003		X	Trimestral
Planta Eléctrica	261091	EE133-001	X	X	Trimestral
Impresoras de cajas #1	N/A	P123-005	X	X	Trimestral
Impresoras de cajas #2	N/A	P123-006	X	X	Trimestral
Armadoras de cajas	N/A	P123-007	X	X	Trimestral
Selladoras de cajas #1	N/A	P123-008	X	X	Trimestral
Selladoras de cajas #2	N/A	P123-009	X	X	Trimestral
Plataforma neumática #1	N/A	P123-003	X	X	Trimestral
Plataforma neumática #2	N/A	P123-004	X	X	Trimestral
Paletizadora	N/A	P123-007	X	X	Trimestral
Plataforma eléctrica de empaque	115133	P123-000	X	X	Mensual
Laboratorio Control de Calidad y Microbiología	N/A	E100-013		X	Anual
Compresor IR	428892	S122-01		X	Mensual
Compresor atlas #1	857369	S122-02		X	Mensual
Compresor atlas #2	857368	S122-03		X	Mensual
Secador #1	857369-1	S122-04		X	Mensual
Secador #2	857368-2	S122-05		X	Mensual
Filtro Bacteriológico	N/A	S122-09		X	Mensual
Pulmón #1	N/A	S122-10		X	Mensual
Pulmón #2	No tiene	S122-11		X	Mensual
Unidad HVAC ISO-7 Impresión	No tiene	MAB-01		X	Trimestral
Unidad HVAC ISO-7 llenado	No tiene	MAB-02		X	Trimestral
Unidad HVAC ISO-7 Tanque	No tiene	MAB-03		X	Trimestral
Unidad HVAC ISO-7 Dispensado	No tiene	MAB-04		X	Trimestral
Unidad HVAC ISO-8 Sellado	No tiene	MAG-01		X	Trimestral
Unidad HVAC ISO-8 Empaque	No tiene	MAG-02		X	Trimestral
Ventiladores enfriador de carros	N/A	AC123-005		X	Trimestral
		AC123-006		X	Trimestral
		AC123-007		X	Trimestral
		AC123-008		X	Trimestral
		AC123-009		X	Trimestral
		AC123-010		X	Trimestral
Tanques de agitación #1	957540	P111-001	X		Anual
Tanques de agitación #2	957541	P111-002	X		Anual
Tanques de agitación #3	957542	P111-003	X		Anual

Mezcladora Flash	N/A	P111-027	X		Anual
Llenadoras Línea #1	225136	P113-001	X		Anual
Llenadoras Línea #2		P113-002	X		Anual
Panel de llenadoras Línea #1 y #2		P113-003	X		Anual
Bomba Línea #1	957548	P111-004	X		Anual
Bomba Línea #2		P111-005	X		Anual
Bomba cascada tanque #3		P111-006	X		Anual
Panel de control de bombas		P111-007	X		Anual
Impresora #1	286971	P112-001	X		Mensual
Impresora #2	286972	P112-002	X		Mensual
Impresora #3	414045	P112-003	X		Mensual
Impresora #4	414046	P112-004	X		Mensual
Selladora Línea #1	558891	P114-004	X		Diario
Selladora Línea #2	558892	P114-005	X		Diario
Plataformas línea #1	786259	P114-022	X		Diario
Plataformas línea #2	786260	P114-023	X		Mensual
Banda Transportadora línea #1	1179255	P114-006	X		Mensual
Banda Transportadora línea #2		P114-007	X		Mensual
Banda Transportadora de empaque		P123-001	X		Mensual
Autoclave-1 FINN-AQUA	459578	P119-001	X		Mensual
Autoclave-2 AMSCO	219770	P119-002	X		Mensual
Autoclave-3 ETC	265992	P119-003	X	X	Mensual
Autoclave-4 GETINGE	312641	P119-004	X	X	Mensual
Autoclave-5 GETINGE doble	1151138	P119-005	X	X	Mensual
Pozo #1	No tiene	S128-001	X	X	Anual
Pozo #2 (Clausurado)	No tiene	S128-013		X	N/A
Cisternas	No tiene	S128-012		X	Semestral
Cloradores	No tiene	S128-014			Mensual
Destilador termocompresor	1179253	S121-001	X	X	Mensual
Ultra filtros		S121-004		X	Mensual
Desmineralizador		S121-002		X	Mensual
Declorador		S121-003		X	Mensual
Tanque reserva #1 agua WFI		S121-008		X	Mensual
Tanque reserva #2 agua pura		S121-009		X	Mensual
Bomba tanque de reserva		S121-005		X	Mensual
Sistema de bombeo sedimentador	N/A	S129-001	X	X	Anual
Clorador	N/A	S129-008	X	X	Anual
Fosas de sedimentador	N/A	S129-000	X	X	Anual
Panel control electrónico	N/A	S129-009		X	Anual
Suavizador autoclave	786258	S120-014		X	Mensual
Suavizador caldera	225659	S120-005	X	X	Mensual
Caldera Cleaver Brooks 125Hp	224373	S120-002	X	X	Mensual
Caldera York Shipley 300 Hp	857370	S120-001	X	X	Mensual
Tanque de condensado y bombas	No tiene	S120-026	X	X	Mensual
Tanque Principal de Búnker (20.000lts)	No tiene	S120-010	X	X	Mensual
Tanque uso diario de búnker (920lts)	No tiene	S120-029	X	X	2 Años
Tanque aditivo para caldera	857370	S120-025	X	X	Mensual
Dosificador #1	No tiene	S120-003	X	X	Mensual
Dosificador #2	No tiene	S120-004	X	X	Mensual

Fuente: Autor, 2025

Antes de realizar la matriz de criticidad, se llevó a cabo un levantamiento de activos con su respectiva descripción del equipo, la placa, si la poseía, el código de mantenimiento de control, si el tipo de mantenimiento se aplica directamente por el laboratorio o por terceros, que son la empresa contratista. Por último, se verificó la frecuencia de tiempo entre cada mantenimiento. Este levantamiento se realizó con la colaboración del equipo de trabajo de mantenimiento y con algunos datos que ya estaban registrados.

Seguidamente, se realiza una matriz de criticidad para identificar los equipos más críticos en el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento.

4.2.4 Matriz de criticidad

En las siguientes tablas se explican las consecuencias y frecuencias de fallos que pueden presentar los equipos de mantenimiento. Una vez realizado esto, se aplica una tabla de matriz de criticidad, al identificar los equipos, desde el más crítico hasta el menos crítico. A continuación, se presentan las tablas mencionadas:

Tabla 4.15: consecuencia de fallos

Consecuencia de fallos CC		
Puntaje	Condición	Característica
5	Genera gran impacto en la producción	No se puede realizar la producción diaria
4	Genera impacto en la producción	La producción se detiene entre 3 a 5 horas
3	Genera impacto medio en la producción	La producción se detiene entre 1 a 3 horas
2	No genera impacto en la producción	El supervisor nota el problema pero se soluciona rápido
1	No genera gran impacto en la producción	El supervisor no nota el problema

C	Consecuencia de fallos
FC	Factor calidad
CDF	Costo directo de fallos
IP	Impacto de Producción

C=	[(FC), (CDF), (IP)]
----	---------------------

Fuente: Autor, 2025

La tabla anterior sobre las consecuencias de fallos muestra un puntaje que varía de 1 a 5, lo que genera una condición en la que 5 representa un gran impacto en la producción y 1 indica un impacto mínimo. A continuación, se presenta una característica para cada uno de estos puntajes.

Esta tabla también se divide en tres factores fundamentales para su elaboración, que son: factor calidad (FC), costo directo de fallos (CDF) e impacto de producción (IP). Los resultados que presente cada uno de estos factores se toman en cuenta y se

selecciona el más alto, el cual es multiplicado por el resultado del valor de la frecuencia de fallos.

Seguidamente, se presenta la Tabla 4.16 de frecuencia de fallos que, al igual que la tabla anterior, muestra un puntaje en el que uno representa una condición excelente y cinco una condición muy baja. A continuación, se incluye una característica para cada condición y puntaje, como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 4.16: frecuencia de fallos

Frecuencia de fallos FF		
Puntaje	Condición	Característica
1	Excelente	Ocurrencia semestral
2	Bueno	Ocurrencia trimestral
3	Promedio	Ocurrencia mensual
4	Baja	Ocurrencia semanal
5	Muy baja	Ocurrencia diaria

Fuente: Autor, 2025

A continuación, se presenta la Tabla 4.17, que es una matriz de criticidad de los equipos a cargo del área de ingeniería y mantenimiento. Junto con el supervisor y sus 35 años de experiencia, se seleccionaron los siguientes activos que generan ciertos problemas en cuanto al mantenimiento correctivo y preventivo, así como aquellos que deben atenderse con mayor frecuencia en el Área de Manufactura.

Tabla 4.17: matriz de criticidad

Matriz de criticidad								
Item	Equipo	FF	FC	CDF	IP	CC	Riesgo	Jerarquización
1	Plataformas de línea #1	2	2	3	2	3	6	Baja criticidad
2	Plataformas de línea #2	2	2	3	2	3	6	Baja criticidad
3	Banda transportadora de línea #1	3	2	2	3	3	9	Media criticidad
4	Banda transportadora de línea #2	3	2	2	3	3	9	Media criticidad
5	Banda transportadora de empaque	3	1	2	3	3	9	Media criticidad
6	Autoclave #1	2	4	3	5	5	10	Alta criticidad
7	Autoclave #2	2	4	3	5	5	10	Alta criticidad
8	Autoclave #3	4	4	3	5	5	20	Muy alta criticidad
9	Autoclave #4	4	4	3	5	5	20	Muy alta criticidad
10	Autoclave #5	4	4	3	5	5	20	Muy alta criticidad
11	Cloradores	3	3	2	1	3	9	Media criticidad
12	Destilador	1	2	4	5	5	5	Baja criticidad
13	Tanque de reserva #1	3	4	2	4	4	12	Alta criticidad
14	Tanque de reserva #2	3	4	2	4	4	12	Alta criticidad
15	Sistema de bombeo	1	2	2	1	2	2	Baja criticidad
16	Caldera 125HP	2	3	3	5	5	10	Alta criticidad
17	Tanque principal de búnker	1	2	2	3	3	3	Baja criticidad
18	Motacargas	2	1	1	2	2	4	Baja criticidad
19	Planta eléctrica	1	2	2	4	4	4	Baja criticidad
20	Impresora de bolsas #1	5	4	3	5	5	25	Muy alta criticidad
21	Impresora de bolsas #2	5	4	3	5	5	25	Muy alta criticidad
22	Impresora de bolsas #3	5	4	3	5	5	25	Muy alta criticidad
23	Impresora de bolsas #4	5	4	3	5	5	25	Muy alta criticidad
24	Selladora de bolsas #1	4	3	2	4	4	16	Alta criticidad
25	Selladora de bolsas #2	4	3	2	4	4	16	Alta criticidad
26	Impresora de cajas #1	2	2	2	2	2	4	Baja criticidad
27	Impresora de cajas #2	2	2	2	2	2	4	Baja criticidad
28	Armadora de cajas	2	1	1	1	1	2	Baja criticidad
29	Selladora de cajas #1	2	1	2	2	2	4	Baja criticidad
30	Selladora de cajas #2	2	1	2	2	2	4	Baja criticidad
31	Plataforma neumática de tarimas #1	2	1	2	2	2	4	Baja criticidad
32	Plataforma neumática de tarimas #2	2	1	2	2	2	4	Baja criticidad
33	Paletizadora	2	1	1	2	2	4	Baja criticidad
34	Plataforma eléctrica de empaque	3	2	2	2	2	6	Baja criticidad

Fuente: Autor, 2025

La matriz de criticidad es una herramienta que se utiliza en la gestión de mantenimiento para clasificar equipos o activos según su importancia y el impacto que tiene su falla en la operación de una empresa. En esta matriz se anotaron todos los equipos a cargo del Área de Ingeniería y Mantenimiento, los cuales están enumerados del 1 al 34 junto con su respectivo nombre de equipo o máquina. Se analizó la frecuencia de fallo, clasificada del 1 al 5, como se explicó en la tabla anterior.

Para determinar la frecuencia de fallos, se divide en tres factores importantes para el laboratorio: factor calidad (FC), costo directo de fallos (CDF) e impacto de producción (IP). Los resultados que presenten cada uno de estos factores se toman en cuenta, seleccionando el dato más alto entre los tres, el cual es multiplicado por el valor de la

frecuencia de fallos. De este modo, se obtiene el riesgo necesario para clasificar los equipos de acuerdo con su jerarquización.

Para encontrar el grado de criticidad de los equipos, se creó la Tabla 4.18, en la cual se obtiene la frecuencia de fallos de 1 a 5 y la consecuencia de los fallos con la misma enumeración, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.18: matriz de criticidad

Matriz de Criticidad						
Frecuencia	5	A	A	MA	MA	MA
	4	M	M	A	A	MA
	3	M	M	M	A	MA
	2	B	B	B	M	A
	1	B	B	B	M	A
		1	2	3	4	5
Consecuencias						

Fuente: Autor, 2025

Por ejemplo, en la Tabla 4.18 de la matriz de criticidad se obtienen los siguientes resultados:

- La frecuencia de falla 1 y la consecuencia de falla 1 indican que la jerarquización es baja.
- La frecuencia de falla 2 y la consecuencia de falla 2 indican que la jerarquización continúa presentando una baja criticidad dentro de la tabla elaborada.
- La frecuencia de falla 3 y la consecuencia de falla 3 indican que la jerarquización ahora se clasifica como de media criticidad.
- La frecuencia de falla 4 y la consecuencia de falla 4 indican que la jerarquización ahora es de alta criticidad.
- La frecuencia de falla 5 y la consecuencia de falla 5 indican que la jerarquización es de muy alta criticidad, lo que implica que estos equipos son los más críticos del Departamento de Mantenimiento.

Con los resultados anteriores y al obtener el grado de criticidad de cada equipo, se elabora la siguiente tabla:

Tabla 4.19: equipos según su porcentaje de criticidad

Leyenda	Equipos	Porcentaje
Muy alta criticidad	9	26%
Alta criticidad	5	15%
Media criticidad	4	12%
Baja Criticidad	16	47%
	34	100%

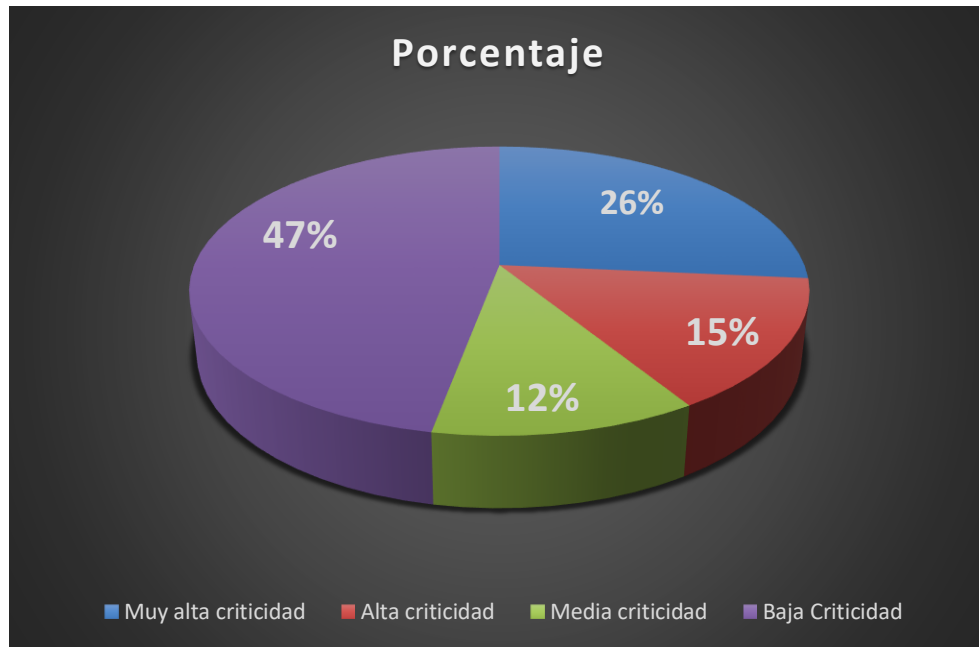
Fuente: Autor, 2025

Con la Tabla 4.19 se obtuvo el siguiente resultado:

- 9 equipos, que representan el 26 % del total, se encuentran en una criticidad muy alta entre los equipos de mantenimiento.
- 5 equipos, que representan el 15 % del total, se encuentran en una criticidad alta entre los equipos de mantenimiento.
- 4 equipos, que representan el 12 % del total, se clasifican en una criticidad media dentro del grupo de mantenimiento.
- 16 equipos, que representan el 47 % del total, se encuentran en una criticidad baja entre los equipos de mantenimiento.

En la siguiente figura se muestran los diferentes porcentajes de los equipos de mantenimiento representados de manera gráfica.

Figura 4.15: porcentaje equipos de mantenimiento más críticos



Fuente: Autor, 2025

4.2.4 Indicadores KPI

En la Tabla 4.20 se muestra cómo encontrar el tiempo medio entre fallas (MTBF), que es el tiempo promedio en que un sistema opera antes de experimentar una falla y el tiempo medio para reparar (MTTR), que es el tiempo promedio requerido para reparar el sistema después de que falla. Para realizar el estudio se tomaron los tiempos del mes de mayo de 2025, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 4.20: indicadores de tiempo

Tabla TMER YTMPR del mes de Mayo 2025																																	
Equipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total mensual	
Impresora #1	37				28	0	55	35	28			41	0	38	35	0			28	22	18	22	46			18	52	6	0	37		546	
Tiempo de paro	4				2	0	3	1	3			3	0	3	2	0			2	1	2	3	1			2	1	1	0	2		36	
2																																	
Impresora #2	45				22	60	25	28	41			42	10	43	90	0			35	224	30	49	35			150	41	0	65	189		1224	
Tiempo de paro	2				1	2	1	2	3			3	1	4	1	0			3	1	3	1	2			1	2	0	1	1		35	
2																																	
Impresora #3	10				15	0	0	30	18			10	0	20	28	0			25	17	0	16	35			20	37	0	20	33		334	
Tiempo de paro	1				2	0	0	1	2			2	0	2	2	0			3	1	0	2	1			2	2	0	1	2		26	

Fuente: Autor, 2025

En la Tabla 4.20 se seleccionaron las impresoras, ya que son el equipo más crítico en el Departamento de Mantenimiento del mes de mayo de 2025:

- La impresora #1 registró un total de 546 minutos de detención y 36 fallos.

- La impresora #2 se detuvo durante 1,224 minutos en el mes, con un total de 35 fallos.
- La impresora #3 se detuvo durante 334 minutos y registró un total de 26 fallos en el mes de mayo de 2025.
- Cabe resaltar que la impresora #4 lleva más de 1 año fuera de servicio debido a constantes problemas por falta de repuestos, los cuales son complejos de encontrar en el país en virtud de la antigüedad de los equipos.

4.2.4.1 Resultado de los indicadores KPI

Seguidamente, se muestran los resultados de la Tabla 4.21:

Tabla 4.21: resultado de los indicadores de tiempo

Impresora #1		Impresora #1	
Total tiempo de operación	9990	TMEF	277,50
Tiempo de paro	546	TMPR	15,17
Cantidad de paros	36	Disponibilidad	94,82%
Impresora #2		Impresora #2	
Total tiempo de operación	9990	TMEF	285,43
Tiempo de paro	1224	TMPR	34,97
Cantidad de paros	35	Disponibilidad	89,09%
Impresora #3		Impresora #3	
Total tiempo de operación	9990	TMEF	384,23
Tiempo de paro	334	TMPR	12,85
Cantidad de paros	26	Disponibilidad	96,76%
Impresora #1,2,3		Impresora #1,2,3	
Total tiempo de operación	9990	TMEF	102,99
Tiempo de paro	2104	TMPR	21,69
Cantidad de paros	97	Disponibilidad	82,60%

Fuente: Autor, 2025

Los resultados de la Tabla 4.21 se resumen a continuación:

- El tiempo de operación de las impresoras es el total que trabajó el equipo sin paros. Los operarios laboran una jornada de 06:00 a. m. a 04:30 p. m. Se descontaron los tiempos de desayuno, almuerzo y café y se obtuvo un total de 9,990 minutos en el mes.

- El tiempo medio entre fallos es el tiempo total de funcionamiento dividido por el número de fallas.
- El tiempo medio para reparar es el tiempo total de inactividad dividido por el número de fallas.
- La disponibilidad es el tiempo medio entre fallos dividido por la suma del tiempo medio entre fallos más el tiempo medio para reparar.

Si se analizan los resultados de la impresora #1, se observa que el TMEF es de 277,50 minutos, esto quiere decir que se presenta una falla cada 4 horas y media aproximadamente.

El TMPR indica que para la impresora #1 existe un tiempo de reparación de aproximadamente 15 minutos y que si se logran reparar las fallas dentro del tiempo establecido, se obtiene una disponibilidad del equipo del 94.82 %.

La impresora #2 indica que el TMEF es de 285,43 minutos, lo que significa que se presenta una falla aproximadamente cada 4 horas y 45 minutos.

El TMPR indica que para la impresora #2 existe un tiempo de reparación más prolongado, que es de aproximadamente 35 minutos. Además, la disponibilidad de la impresora #2 disminuye en comparación con la impresora #1, alcanzando un valor del 89.09 %.

La impresora #3 indica que el TMEF es de 384,23 minutos, lo que significa que se presenta una falla cada 6 horas y 24 minutos aproximadamente.

El TMPR indica que para la impresora #3 el tiempo de reparación es menor, con una duración aproximada de 13 minutos. Además, la disponibilidad de la impresora #3 aumenta en comparación con las impresoras #1 y #2, alcanzando un porcentaje de disponibilidad del 96.76 %.

En el análisis general de las tres impresoras, 1, 2 y 3, el TMEF es de 102,99 minutos, lo que indica que se presenta una falla aproximadamente cada 1 hora y 42 minutos. Además, el TMPR es de 21,69 minutos para reparar los equipos, lo que ocasiona una disponibilidad del 82.60 % en términos generales para las tres impresoras.

4.3 ANALIZAR

En la tercera parte del DMAIC, que es analizar, se realiza el análisis de los datos recolectados para determinar las causas de las posibles fallas y las oportunidades de mejora.

Los datos recopilados en la fase DMAIC de medición se analizan desde distintas perspectivas para hallar indicios sobre las causas del problema en estudio. De esta manera, las diferentes herramientas que se utilizan en esta etapa permiten detectar tendencias en el comportamiento de las variables y crear hipótesis o conjeturas en un ambiente controlado (reuniones Kaizen) con el jefe de área, la Jefatura de Ingeniería y Mantenimiento, el supervisor de mantenimiento, el técnico de mantenimiento industrial, el ingeniero de línea y un operario con experiencia en los procesos de sueros.

Tabla 4.22: etapa analizar el proceso investigativo

Etapa	Actividades por realizar	Resultados esperados	Herramientas a utilizar
Analizar	Reunión Kaizen	Evidenciar las causas que pueden afectar la producción diaria	Lluvia de ideas
			Diagrama de Ishikawa
			Multivoto
			Diagrama de Pareto

Fuente: Autor, 2025

4.3.1 Lluvia de ideas

Con el fin de facilitar el surgimiento de ideas que se relacionan con la causa raíz de fallos y demoras en la intervención de los equipos de producción, se utiliza en una reunión Kaizen la herramienta de trabajo grupal conocida como lluvia de ideas.

Esta reunión se lleva a cabo en el taller de mantenimiento, por lo tanto, se convoca a un grupo de seis personas en función de su criterio experto en el conocimiento de los equipos y los procesos de manufactura. En este lugar, el equipo tiene la oportunidad de realizar la observación directa de cada área de trabajo, comprender mejor el problema e identificar en cada proceso las posibles causas que puedan afectar la producción diaria en manufactura.

El grupo invitado para llevar a cabo la lluvia de ideas se detalla a continuación:

- Jefe del Área, una persona.
- Jefatura de Ingeniería y Mantenimiento, una persona.
- Supervisor de mantenimiento, una persona.
- Técnico de mantenimiento industrial, una persona.
- Ingeniero de línea, una persona.

- Operario de producción, una persona.

En la Tabla 4.23 se representan las posibles causas que se identificaron por parte de las personas colaboradoras del Área de Mantenimiento mediante la realización de la técnica de lluvia de ideas:

Tabla 4.23: Lluvia de ideas de las posibles causas que pueden afectar la producción diaria

Ítem	Causas
1	Crear un plan efectivo de mantenimiento preventivo
2	Distribución adecuada de las labores de cada técnico
3	Falta de capacitación técnica adecuada y actualizada
4	Falta de uso de software de gestión de mantenimiento
5	Comunicación deficiente entre departamentos
6	Falta de indicadores claves de rendimiento (KPIs)
7	Subestimar la importancia de los repuestos
8	Procedimientos de mantenimiento no estandarizados
9	No implementar tecnologías de mantenimiento predictivo
10	No utilizar las tecnologías que brinda la institución
11	Cubrir plazas vacantes de técnicos
12	Sustitutos para cubrir vacaciones, incapacidades y libres
13	Falta de compromiso a la institución por parte de cierto personal
14	Nombrar líderes a cargo de los planes de mantenimiento
15	Crear un registro de histórico mediante un programa de control
16	Acumulación de ordenes de trabajo

Fuente: Autor, 2025

Según la Tabla 4.23, después de la sesión de lluvia de ideas, se obtiene un total de 16 causas posibles que evidencian factores de deficiencia en el Departamento de Mantenimiento. En el siguiente diagrama de Ishikawa se clasifican las 16 causas que se identificaron durante la reunión sobre la afectación en la producción diaria.

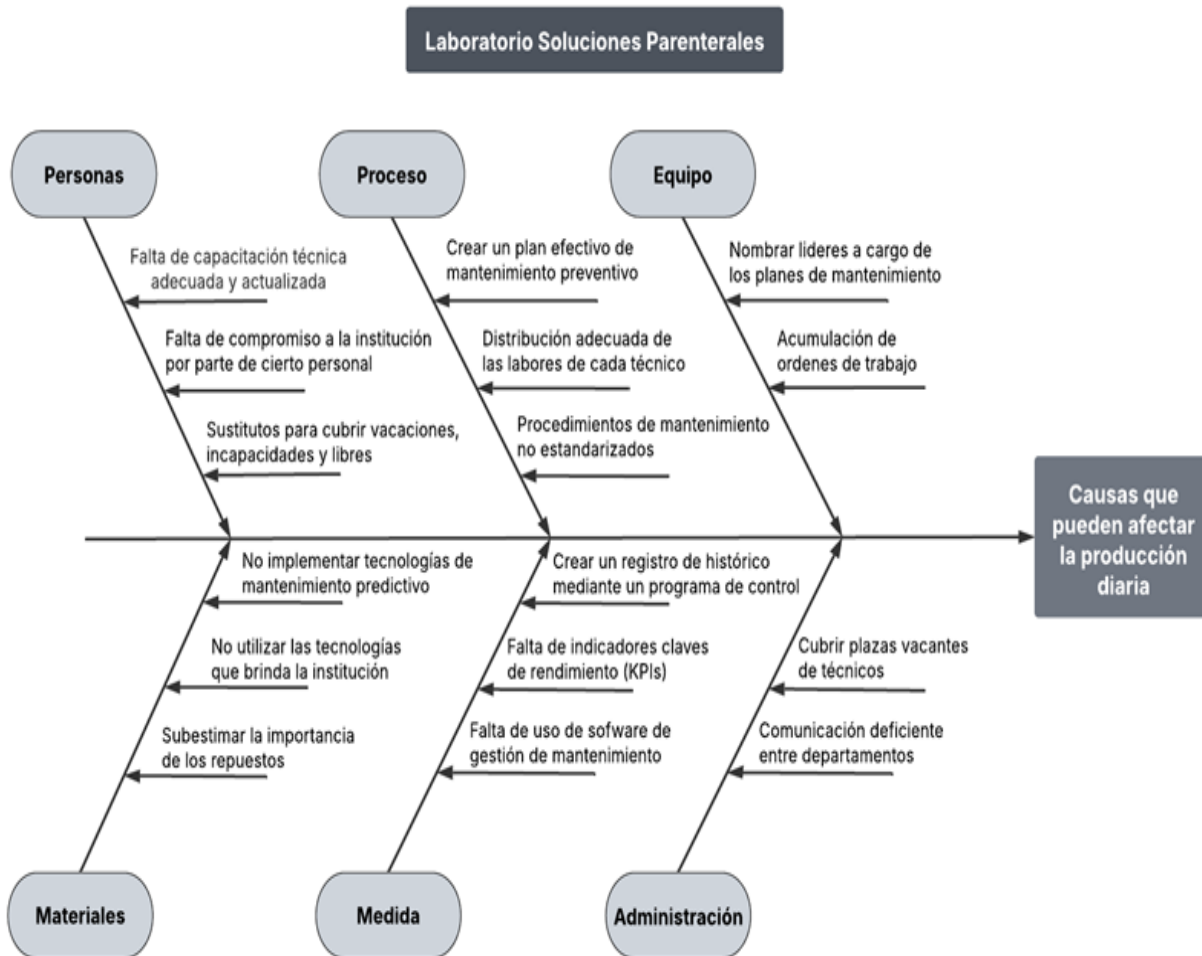
Enseguida, se expone un multivoto realizado con los miembros del equipo para determinar, en orden de prioridad, cuáles de estas 16 causas se atacan en primer lugar, con el objetivo de mitigar el impacto que, en la actualidad, tienen en la producción de sueros.

4.3.2 Diagrama de Ishikawa

Una vez realizada la lluvia de ideas y con base en los resultados en la reunión con las personas colaboradoras, se elabora el diagrama de Ishikawa con las posibles causas que pueden afectar la producción diaria. En este diagrama, se agrupan las causas en las

siguientes categorías: personas, proceso, equipo, materiales, medida y administración. En la Figura 4.16 se desarrollan las principales causas según su perspectiva y categoría en el Departamento de Mantenimiento:

Figura 4.16: diagrama de Ishikawa



Fuente: Autor, 2025

Un diagrama de causa y efecto es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). El diagrama anterior muestra con mayor precisión las posibles causas que contribuyen a la afectación en la producción diaria en el Área de manufactura. Enseguida, se detallan las causas de acuerdo con la categoría que les ha sido asignada y los resultados de la lluvia de ideas.

Personas

- **Falta de capacitación técnica adecuada y actualizada**

Entre los errores que pueden cometer las industrias, especialmente en el ámbito laboral, como en el área de mantenimiento, se encuentra la falta de iniciativa para capacitar al personal. Esta situación puede afectar la productividad y la calidad del trabajo, así como generar dificultades para realizar tareas de manera eficiente y efectiva. Además, puede provocar insatisfacción laboral y la fuga de personal hacia otras empresas que ofrecen mejores condiciones, como las capacitaciones.

- **Falta de compromiso con la institución por parte de cierto personal**

El personal del sector público tiende a llegar a un cierto conformismo debido a las facilidades y beneficios que se pueden obtener dentro de la institución, lo que ha provocado que, en cierta medida, parte del personal no dé esa milla extra en sus labores. El personal tiende a incapacitarse, faltar al trabajo y solicitar permisos sin goce de salario, entre otros aspectos. Así, la falta de compromiso se convierte en un tema que no se controla entre los diferentes departamentos de la empresa.

- **Sustitutos para cubrir vacaciones, incapacidades y días libres**

La institución debe llevar un control y garantizar la disponibilidad de cierto personal para poder cubrir las vacaciones, incapacidades y días libres del personal del laboratorio. Esto es necesario para que los departamentos no se vean afectados en la producción y el mantenimiento por falta de personal, lo cual es un tema que se ha presentado y ha dificultado las labores de la entidad.

Proceso

- **Crear un plan efectivo de mantenimiento preventivo**

Para crear un plan de mantenimiento preventivo, es importante conocer bien los equipos y clasificarlos según su criticidad. Lo anterior tiene el fin de establecer tareas de mantenimiento para dichos equipos, programar intervenciones, definir responsabilidades e instaurar indicadores de rendimiento para el seguimiento. Esto puede ayudar en el Área de Manufactura a prevenir fallos, reducir costos de reparación y maximizar la vida útil de los equipos.

- **Distribución adecuada de las labores de cada técnico**

Una distribución adecuada de labores entre los técnicos es crucial para la eficiencia y productividad en los equipos de trabajo. Se debe conocer la experiencia y las habilidades de cada técnico del área de mantenimiento y, bajo ese conocimiento,

asignar tareas relevantes a su formación, asegurando que cada uno tenga su rol claro y esté trabajando en asignaciones que maximicen su potencial.

- **Procedimientos de mantenimiento no estandarizados**

La falta de personal en el Área de Mantenimiento ha provocado inconsistencias en las buenas prácticas y procedimientos laborales, lo que ha resultado en la ausencia de pasos o instrucciones definidas. Esto puede tener consecuencias como procedimientos inadecuados en las tareas por realizar, que los trabajos tomen más tiempo para completarse, sobrecarga de trabajo para el personal y que la capacitación de empleados nuevos se vuelva un poco más compleja y prolongada.

Equipo

- **Nombrar líderes encargados de los planes de mantenimiento**

El limitado grupo de trabajo en el Área de Ingeniería y Mantenimiento ha producido una sobrecarga de labores sobre el supervisor, debido a que hay muchos equipos que se deben atender y verificar. Por lo tanto, no se pueden asignar cargos de relevancia a otros técnicos. Por este motivo, es necesario cubrir las plazas vacantes disponibles para gestionar los trabajos diarios y pendientes y comenzar a asignar líderes en las diferentes áreas a cargo de mantenimiento.

- **Acumulación de órdenes de trabajo**

El Departamento de Mantenimiento tiene un horario de lunes a viernes de 07:00 a. m. a 04:00 p. m. Lo más recomendable es que el jefe se organice con los técnicos disponibles para laborar 2 horas extra entre semana y trabajar un sábado de por medio, de manera que se reduzca el número de órdenes acumuladas pendientes, mientras se logra realizar el ingreso del nuevo personal.

Materiales

- **No implementar tecnologías de mantenimiento predictivo**

El laboratorio no cuenta con equipos tecnológicos para el mantenimiento predictivo, lo que implica utilizar datos y análisis avanzados para predecir fallas en los equipos y programar mantenimientos antes de que ocurran. Por lo tanto, es importante la recopilación de datos y la configuración de protocolos para responder a las detecciones de anomalías.

- **No utilizar las tecnologías que ofrece la institución**

En el ámbito nacional, la CCSS cuenta con un sistema denominado SOCO, que es un sistema de operación, control y mantenimiento. El Laboratorio Soluciones Parenterales no utiliza este sistema, ya que es una herramienta interna que permite realizar órdenes de trabajo y verificar la existencia de materiales o herramientas en bodega. Esto contribuye a llevar un control más específico de los recursos disponibles en las instituciones.

- **Subestimar la importancia de los repuestos**

El taller de mantenimiento y el Departamento de Bodega no llevan un programa estricto de control de los materiales y herramientas que entran o salen. Por ende, es importante iniciar un registro de los repuestos, cotizaciones y compras que realiza el laboratorio.

Medida

- **Crear un registro histórico mediante un programa de control**

En la actualidad, el Departamento de Mantenimiento lleva un control de la mayoría de los equipos a su cargo, sin embargo, este control se realiza mediante bitácoras que deben ser llenadas a diario a mano. Estas bitácoras, una vez completas, tienen un plazo de 5 años para ser desechadas, lo que provoca la pérdida de los registros de años anteriores y complica la búsqueda de información. Por lo tanto, un programa de control que utilice la computadora disponible permite llevar un registro mensual que contribuya a generar estadísticas precisas sobre los equipos bajo la responsabilidad del Departamento de Mantenimiento.

- **Falta de indicadores clave de mantenimiento (KPI)**

Los técnicos desconocen los diferentes tipos de indicadores de mantenimiento que pueden contribuir a la disminución de fallas en los equipos de manufactura. Por lo tanto, se propone un archivo de control de las métricas clave de mantenimiento, tales como el tiempo medio entre fallas (MTBF), que representa el tiempo promedio en que un sistema opera antes de experimentar una falla y el tiempo medio para reparar (MTTR), que indica el tiempo promedio requerido para reparar el sistema después de que se presenta una falla. Esto permite llevar un control más exacto y preciso, ya que actualmente se utiliza una bitácora de control y anotaciones muy básicas de los fallos diarios.

- **Falta de uso del software de gestión de mantenimiento**

Un *software* CCMS es un sistema de gestión de mantenimiento computarizado que ha permitido a las empresas gestionar de forma centralizada la información y los procesos que se relacionan con el mantenimiento de sus activos. Esto puede ayudar a optimizar el uso y la disponibilidad de los equipos, así como a facilitar el manejo de órdenes de trabajo, inventarios y recursos.

Este tipo de *software* dentro del departamento es útil para mejorar la eficiencia del mantenimiento, controlar los costos de repuestos y optimizar la comunicación y colaboración entre los diferentes departamentos del laboratorio, con el objetivo de incrementar la productividad en el Área de Manufactura.

Administración

- **Cubrir las plazas vacantes de técnicos**

El Departamento de Recursos Humanos, junto con el jefe de Ingeniería y Mantenimiento, es el encargado de crear el cartel respectivo para que las personas, tanto internas como externas, puedan postularse. De este modo, se pueden convocar entrevistas y, con base en la experiencia y las carencias en el área de mantenimiento, se pueden seleccionar a los técnicos adecuados que faltan por cubrir en los equipos de producción.

- **Comunicación deficiente entre departamentos**

Lamentablemente, entre el Departamento de Mantenimiento y el de Producción existen roces de culpabilidad, ya sea hacia los técnicos o hacia los operarios, lo que impide que se establezca una comunicación asertiva entre los departamentos. Como institución, se debe reconocer que es necesario trabajar en equipo en beneficio del laboratorio y de la responsabilidad que implica el importante producto que se elabora aquí: salvar las vidas de las personas que se encuentran en hospitales, clínicas y centros de salud. Las personas en puestos de jefatura y los departamentos deben fomentar la unión institucional en beneficio de todas las personas ciudadanas.

4.3.3 Multivoto

Para llevar a cabo esta votación, se consideró el mismo equipo de trabajo que colaboró en la lluvia de ideas. Lo anterior tiene el fin de llegar a un consenso en cuanto a la relevancia de las causas que pueden afectar la producción diaria en manufactura. A las personas participantes se les entrega un formulario en el que se indica que deben

asignar, según su experiencia y criterio, un máximo de 91 votos distribuidos entre las 16 causas que resultan de la lluvia de ideas para mejorar la producción diaria.

Se enfatiza que su mayor puntuación debe centrarse en las causas que se consideran de mayor criticidad para las mejoras en mantenimiento, de manera que se pueda determinar la causa raíz para el plan de gestión de mantenimiento. A continuación, se muestran los resultados del multivoto:

Tabla 4.24: multivoto

Causas del problema	Votaciones						Total
	1	2	3	4	5	6	
Crear un plan efectivo de mantenimiento preventivo	7	6	8	6	7	3	37
Distribución adecuada de las labores de cada técnico	7	6	8	6	8	8	43
Falta de capacitación técnica adecuada y actualizada	9	7	8	8	7	10	49
Falta de uso de software de gestión de mantenimiento	7	7	6	8	5	6	39
Comunicación deficiente entre departamentos	3	2	3	4	3	4	19
Falta de indicadores claves de rendimiento (KPIs)	7	8	6	8	9	7	45
Subestimar la importancia de los repuestos	3	5	4	3	4	3	22
Procedimientos de mantenimiento no estandarizados	6	5	3	3	4	5	26
No implementar tecnologías de mantenimiento predictivo	6	7	6	6	6	9	40
No utilizar las tecnologías que brinda la institución	5	6	7	5	4	5	32
Cubrir plazas vacantes de técnicos	10	9	8	9	10	9	55
Sustitutos para cubrir vacaciones, incapacidades y libres	2	3	4	5	3	6	23
Falta de compromiso a la institución por parte de cierto personal	1	3	4	4	3	3	18
Nombrar líderes a cargo de los planes de mantenimiento	3	4	4	2	3	1	17
Crear un registro de histórico mediante un programa de control	5	4	3	5	7	4	28
Acumulación de ordenes de trabajo	10	9	9	9	8	8	53
Total	91	91	91	91	91	91	546

Fuente: Autor, 2025

En la Tabla 4.24 se muestran los resultados en el proceso de multivotación. Los puntos distribuidos entre todas las causas suman un total de 546 puntos. Los resultados que se indican en cada fila corresponden al total de votos asignados por causa, según el criterio del participante, con el propósito de determinar cuál es la causa más crítica que afecta al Departamento de Mantenimiento y, a la vez, impacta la producción diaria en el Área de Manufactura.

A continuación, se presenta la tabla descendente de los datos que se obtienen en el multivoto. Estas causas se ordenan de mayor a menor según la cantidad de votos que obtenidos.

Tabla 4.25: multivoto con resultados ordenados

Causas del problema	Total	%	% Acum
Cubrir plazas vacantes de técnicos	55	10%	10%
Acumulación de ordenes de trabajo	53	10%	20%
Falta de capacitación técnica adecuada y actualizada	49	9%	29%
Falta de indicadores claves de rendimiento (KPIs)	45	8%	37%
Distribución adecuada de las labores de cada técnico	43	8%	45%
No implementar tecnologías de mantenimiento predictivo	40	7%	52%
Falta de uso de software de gestión de mantenimiento	39	7%	59%
Crear un plan efectivo de mantenimiento preventivo	37	7%	66%
No utilizar las tecnologías que brinda la institución	32	6%	72%
Crear un registro de histórico mediante un programa de control	28	5%	77%
Procedimientos de mantenimiento no estandarizados	26	5%	82%
Sustitutos para cubrir vacaciones, incapacidades y libres	23	4%	86%
Subestimar la importancia de los repuestos	22	4%	90%
Comunicación deficiente entre departamentos	19	3%	94%
Falta de compromiso a la institución por parte de cierto personal	18	3%	97%
Nombrar líderes a cargo de los planes de mantenimiento	17	3%	100%
Totales	546	100%	

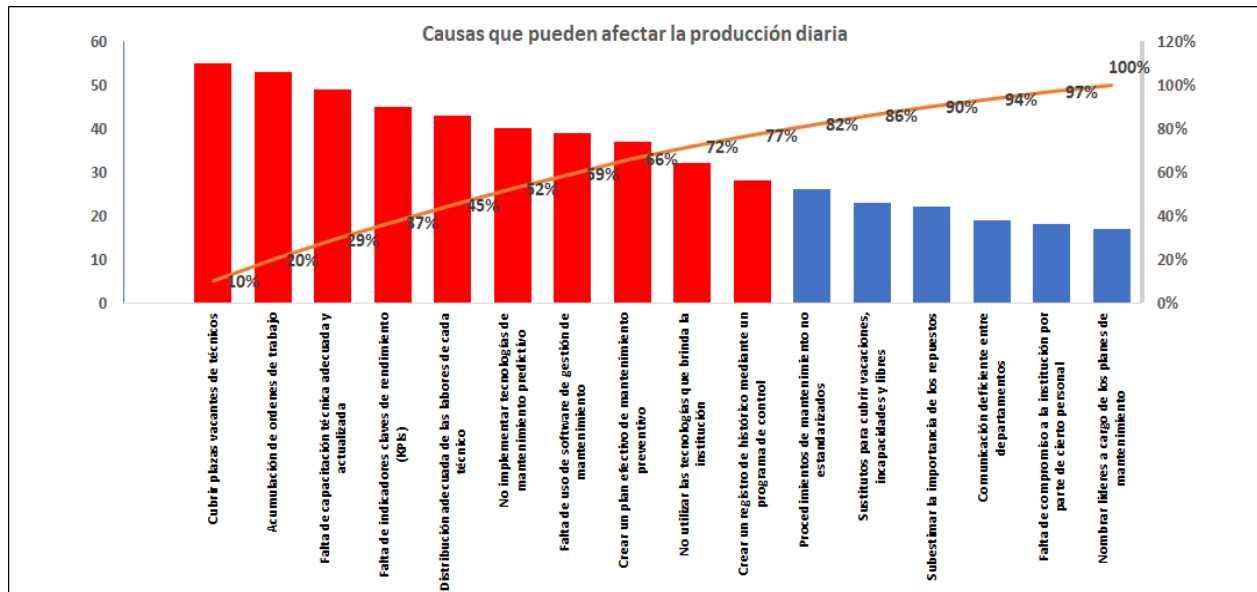
Fuente: Autor, 2025

En la Tabla 4.25 se muestran los valores de frecuencia ordenados de mayor a menor criticidad, de acuerdo con el criterio proporcionado por los miembros del equipo. Además, se determina el porcentaje de cada causa, en función de los votos asignados. Por último, se presenta el porcentaje acumulado que se basa en el porcentaje inicial obtenido.

4.3.4 Diagrama de Pareto

A partir de la información expuesta, se elabora un diagrama de Pareto tomando como referencia las frecuencias y los porcentajes acumulados de la Tabla 4.25, que permite visualizar las causas más relevantes que contribuyen a disminuir los paros y fallos en los equipos a cargo del personal de mantenimiento y, de esta manera, encontrar una pronta solución. Seguidamente, se presenta el diagrama de Pareto con los resultados:

Figura 4.17: diagrama de Pareto



Fuente: Autor, 2025

Si se aprecia la tabla del multivoto ordenado hasta el ítem número diez, se encuentra aproximadamente un 80 % de la frecuencia de las fallas encontradas, es decir, un 80 % de las fallas ocurren en esas diez causas. Por lo tanto, se abordan en orden de prioridad, debido a que en estas se manifiesta la mayor cantidad de fallos en un plan de gestión, sin desestimar las restantes seis causas, las cuales, aunque representan un menor porcentaje, continúan contribuyendo al plan de mantenimiento.

Las causas críticas son:

- Cubrir las plazas vacantes de técnicos requiere 55 votos, lo que equivale a un 10 % del total de las causas.
- Acumulación de órdenes de trabajo, con 53 votos, equivalente al 10 % del total de las causas.
- La falta de capacitación técnica adecuada y actualizada obtuvo 49 votos, lo que equivale a un 9 % del total de las causas.
- La falta de indicadores clave de rendimiento (KPI) obtuvo 45 votos, lo que equivale al 8 % del total de las causas.
- La distribución adecuada de las labores de cada técnico se realizó con 43 votos, lo que equivale a un 8 % del total de las causas.

- No implementar tecnologías de mantenimiento predictivo obtuvo 40 votos, lo que equivale a un 7 % del total de las causas.
- La falta de uso de *software* de gestión de mantenimiento obtuvo 39 votos, lo que equivale al 7 % del total de las causas.
- Crear un plan efectivo de mantenimiento preventivo, que cuenta con 37 votos, equivale a un 7 % del total de las causas.
- No utilizar las tecnologías que brinda la institución obtuvo 32 votos, lo que equivale a un 6 %.
- Crear un registro histórico mediante un programa de control, con 28 votos, lo que equivale a un 5 %.

CAPÍTULO V. PROPUESTA

Las alternativas de solución forman parte del desarrollo de las últimas dos fases del ciclo DMAIC, a saber, mejorar y controlar. En este capítulo se desarrollan las propuestas sobre las causas más críticas que pueden afectar la producción diaria, las cuales se diagnostican en el Capítulo IV, así como las estrategias para controlar dichas mejoras. Lo anterior tiene el fin de disminuir los fallos y paros en los equipos de manufactura.

5.1 MEJORAR

La etapa de idear en la metodología DMAIC consiste en proponer alternativas que abordan directamente las causas del problema. Por consiguiente, con base en el enfoque de la empresa y en el apoyo del Departamento de Mantenimiento e Ingeniería, enseguida se detallan las alternativas de solución que abarcan las principales causas del problema presentado.

5.1.1 Propuesta del cartel para puestos técnicos

Un equipo de trabajo completo es crucial para garantizar la eficiencia, la seguridad y la longevidad de los equipos e instalaciones del laboratorio. Por lo tanto, su importancia radica en la prevención de fallas, la reducción de costos, la mejora de la productividad y la seguridad laboral.

El Departamento de Mantenimiento está actualmente formado por el jefe de ingeniería y mantenimiento, así como por cinco técnicos divididos en:

- Técnico de calderas: 2 técnicos (1 plaza vacante).
- Técnico de equipo industrial: 2 técnicos (3 plazas vacantes).
- Supervisor de técnicos de calderas y de mantenimiento industrial: 1 supervisor.

Aproximadamente, durante los últimos 12 meses, el Departamento de Ingeniería ha estado sufriendo la falta de personal que pueda cubrir estos puestos por diferentes razones que se desconocen, tales como:

- No se elabora el cartel para los oferentes institucionales, ya sean internos o externos.
- Falta de planificación entre el supervisor y el jefe de mantenimiento.
- Técnicos que no cumplen con el perfil solicitado.

Este faltante de técnicos por cubrir ha producido una acumulación de órdenes de trabajo, una acumulación de vacaciones de técnicos y también ha provocado horas extra por parte

del personal técnico, lo que ocasiona fatiga y cansancio. A continuación, se detalla una tabla con los puestos faltantes por cubrir, salarios globales y compuestos:

Tabla 5.1: salario compuesto y global

Puesto	Salario compuesto	Contratando	Anualidad	Salario global	Contratando
Técnico en equipo producción industrial	¢471 150	¢1 413 450	¢11 967	¢486 650	¢1 459 950
Técnico mantenimiento 3 (calderas)	¢459 650	¢459 650	¢11 675	¢475 150	¢475 150
Total		¢1 873 100			¢1 935 100

Fuente: Autor, 2025

Los totales del resultado se deben a la contratación de tres técnicos en el equipo de producción industrial y un técnico de mantenimiento para el puesto de calderas. La contratación de un técnico con salario compuesto debe incluir la anualidad, la cual depende de los años de servicio en la institución. Además, al sueldo mensual se le acumula un 8.33 % del pago destinado al bono escolar, que se entrega en enero de cada año. Si la contratación se realiza mediante salario global, se pierde el privilegio de las anualidades y del bono escolar.

5.1.2 Capacitación constante del personal

La importancia de la capacitación constante del personal de mantenimiento radica en que los técnicos se mantienen actualizados con nuevas tecnologías, procedimientos y normativas. Esto contribuye a disminuir errores, fallos y a prolongar la vida útil de los equipos de manufactura del laboratorio.

Esto trae beneficios, tanto a los técnicos como a la empresa. Si la capacitación constante se ejecuta de una manera continua, las tareas de mantenimiento se realizan de forma rápida y precisa. Esto ayuda a reducir los tiempos en reparaciones y en la corrección de fallos y, por ende, influye en los costos de reparación.

Como se sabe, las industrias evolucionan en el ámbito de la tecnología; los sistemas son más automatizados y eficientes. Además, un mantenimiento preventivo y predictivo, realizado por personas debidamente capacitadas, contribuye a prolongar la vida útil de los equipos y a evitar fallas costosas.

Ahora es posible encontrar diversas maneras de capacitación, como la presencial, la virtual, la práctica y la de seguridad, lo que les facilita a las empresas alcanzar los objetivos planteados por cada departamento.

5.1.3 Cumplimiento y seguimiento de órdenes de trabajo

El Departamento de Ingeniería y Mantenimiento debe asegurarse de que las tareas asignadas se completen en orden prioritario, desde las más críticas hasta las menos críticas, siguiendo los procedimientos y estándares establecidos. Para cumplir con este seguimiento, se debe realizar una planificación adecuada, definir claramente las tareas, identificar los recursos necesarios, como el personal, los repuestos y las herramientas y elaborar un cronograma de objetivos por ejecutar.

Otro cumplimiento por realizar es la documentación adecuada que incluya fechas, horas, tiempos de fallos y detenciones de los equipos, así como la descripción del fallo encontrado y las soluciones que se implementan. Lo anterior tiene el fin de llevar un seguimiento correcto del equipo. Por último, se debe llevar un seguimiento del progreso de las órdenes de trabajo y tomar medidas inmediatas si no se ejecutan.

5.1.4 Adquisición de herramientas para mantenimiento predictivo

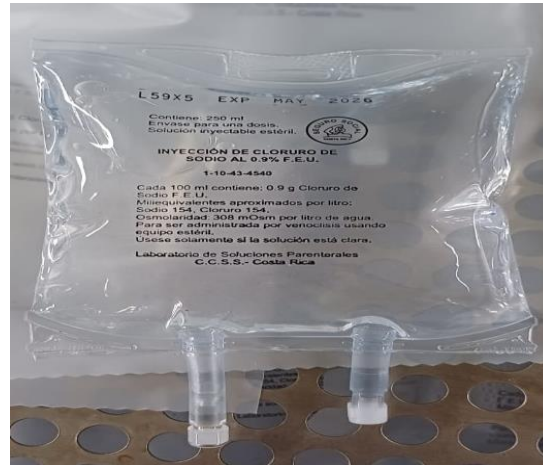
Como se sabe, el mantenimiento predictivo busca anticiparse a los problemas que pueden generar los equipos. La finalidad es prevenir estos inconvenientes, lo que evita largos paros en la producción y, de este modo, prolongar la vida útil de estos. Algunos equipos necesarios que los técnicos requieren para desenvolverse mejor en el Área de Manufactura en la reparación de los equipos son:

- **Análisis de vibración:** esta herramienta ayuda a detectar fallos en las maquinarias rotativas. Además, permite identificar problemas meses antes de que ocurra un fallo real, lo que proporciona el tiempo suficiente para programar el mantenimiento preventivo del equipo y evita paros prolongados.
- **Termografía infrarroja:** es una técnica que utiliza cámaras especiales para visualizar el calor en los equipos, ya sean eléctricos o mecánicos, ya sea por una sobrecarga o por una fricción que genere calor.

En el área de impresión, el equipo utiliza resistencias para realizar el sello en las bolsas de suero. Esta herramienta es fundamental para los técnicos de mantenimiento y también resultaría útil en la fricción que ejercen los pistones al utilizar el pedal de impresión.

A continuación, como se muestra en la figura, se puede observar el sello en la bolsa de suero. Este proceso se lleva a cabo en el Área de Producción, donde se calienta el bloque para realizar el estampado de manera correcta.

Figura 5.1: estampado en bolsa de suero



Fuente: Autor, 2025

- Análisis de motores eléctricos: la empresa cuenta con poco equipo efectivo de medición que pueda anticipar los fallos. Esta herramienta es sumamente avanzada, ya que no solo mide voltaje o amperaje, sino que también identifica desequilibrios y armonías en el sistema.

Los equipos como las autoclaves son dispositivos muy robustos que cuentan con motores y rodamientos, lo que los hace eficientes para detectar desbalances, desalineaciones o problemas en el devanado de los motores. El control de los equipos de mantenimiento predictivo puede aumentar la disponibilidad de los equipos en un 5 %-15 %, lo que se traduce en un incremento de la producción y, por ende, en beneficios para el laboratorio.

Tabla 5.2: costo equipo para mantenimiento predictivo

Herramienta	Costo
Análisis de vibración marca FLUKE	₡10 008 344
Termografía infrarroja marca FLUKE	₡620 000
Análisis de motores eléctricos	₡7 181 835
Inversión	₡17 810 179

Fuente: Autor, 2025

5.1.5 Crear cronograma de mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se establece para evitar que los equipos o sistemas se vean afectados, previniendo fallas y prolongando su vida útil. Este tipo de cronograma

garantiza que los equipos funcionen de manera óptima y reduce al mínimo las intervenciones causadas por averías repentinas. Algunos puntos clave para un cronograma de mantenimiento preventivo son los siguientes:

- Realizar un inventario de activos de los equipos es primordial para establecer un registro detallado de cada uno de los equipos a cargo del Departamento de Mantenimiento, lo que incluye información como la marca, el modelo, el número de serie, las especificaciones y las fichas técnicas.
- Establecer tareas específicas: realizar un levantamiento de labores por llevar a cabo en orden de mayor a menor prioridad y definir las asignaciones por hacer en cada equipo, dándole prioridad a los más críticos y analizar si el mantenimiento es diario, semanal, mensual o anual. Al tomar en cuenta estos puntos específicos, el departamento establece un orden y control sobre lo que se desea hacer.
- Conocer los recursos que se poseen: este punto ayuda a establecer de cuáles materiales, herramientas y repuestos se dispone. En este caso, los recursos son limitados, por lo que se debe hablar con el supervisor a cargo para realizar una reunión con el jefe inmediato y llevar a cabo un levantamiento de los recursos faltantes, cotizarlos y, a partir de ahí, evaluar las posibilidades de que se realicen las compras.
- Los indicadores clave de rendimiento (KPI): estos indicadores ayudan a evaluar la eficiencia y eficacia de las operaciones de mantenimiento, permiten optimizar recursos, identificar las áreas de mejora y asegurar el funcionamiento correcto de los equipos.

Indicadores de tiempo:

1. MTTR (tiempo medio para reparar): este indicador representa el tiempo promedio que se tarda en reparar un equipo después del reporte de una falla.
2. MTBF (tiempo medio entre fallas): es el tiempo promedio que transcurre entre fallas de un equipo.
3. Disponibilidad: es el porcentaje de tiempo en que un equipo opera y está disponible para su uso.
4. Confiabilidad: probabilidad de que un equipo funcione correctamente durante un período determinado.

Estos indicadores de tiempo son importantes en este trabajo de investigación porque se busca reducir los tiempos de intervención de los equipos y controlar las fallas producidas.

5.1.6 Desarrollo de un software para gestión de mantenimiento (CMMS)

El CMMS es un sistema de gestión de mantenimiento computarizado que funciona como una plataforma centralizada para la gestión, el seguimiento y la optimización de las operaciones de mantenimiento de una entidad. El Departamento de Mantenimiento no tiene acceso computarizado para llevar datos ni registros concisos. Por lo tanto, la implementación agilizaría al Departamento de Ingeniería y Mantenimiento un mejor control de:

- **Registro de activos**

El CMMS permite crear una base de datos centralizada de todos los activos de la institución de manera detallada, lo que incluye especificaciones técnicas, historial de mantenimiento y ubicación.

- **Gestionar las órdenes de trabajo**

Esto facilitaría la creación, asignación y seguimiento de órdenes de trabajo para las tareas de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo. Este sistema para el Departamento de Ingeniería es de gran ayuda en la búsqueda de las mejoras necesarias.

- **Programación de mantenimiento**

Al ser un sistema tan completo, permite programar tareas de mantenimiento preventivo de forma automática, con base en la frecuencia, la vida útil de los equipos y otros criterios definidos.

- **Gestión de inventario**

En este punto es útil gestionar el inventario de repuestos y herramientas, asegurando que los técnicos cuenten con los recursos necesarios para realizar las tareas de mantenimiento. De esta manera, se puede determinar qué se debe comprar y qué puede esperar para la cotización.

Este sistema de gestión de mantenimiento computarizado también ofrece beneficios, como la mejora en la eficiencia mediante la reducción de los tiempos de inactividad de los equipos, lo que aumenta la productividad. Además, puede ayudar a reducir costos al prevenir fallas, optimizar el uso de los recursos y brindar una mayor vida útil a los equipos, asegurando un mantenimiento adecuado y preventivo.

Tabla 5.3: costo desarrollador de software

Desarrollador para un nuevo Software CMMS		
Costo de Software	\$1500	Pago solo una vez
Costo de la mensualidad	\$69	Pago mensual
Costo de capacitación al personal	\$500	Pago solo una vez
Total a pagar	\$2069	

Fuente: Autor, 2025

En este caso, se informó al jefe de mantenimiento sobre la necesidad de valorar la implementación de este sistema de gestión de mantenimiento computarizado para el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento. Asimismo, se le expusieron todas las funciones y beneficios mencionados y se debe elevar la propuesta al jefe de área para su aprobación.

El costo de la mensualidad es para tres usuarios, con una disponibilidad de 500 MB de almacenamiento de datos. Además, por 50 GB adicionales, se debe considerar un monto de \$100 al año en caso de que se necesite más espacio.

5.1.7 Implementación de la herramienta 5S en el taller de mantenimiento

El propósito es conseguir un ambiente de trabajo más ordenado y limpio que busque la simplicidad de la mejora continua y un entorno adecuado para desarrollar cada una de las actividades laborales. Esta herramienta se implementa enfocada en la metodología Lean Manufacturing, que se establece en el objetivo general del proyecto. Con ella, se busca mejorar la eficiencia a través de la optimización de procesos y la participación del personal.

La recomendación para el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento es implementar estas 5S mediante una capacitación al personal, de manera que conozcan la importancia de cada una de las etapas de esta herramienta. Enseguida, se expone una serie de criterios que abarca el taller de mantenimiento y la necesidad de conocer esta herramienta:

- **Paso 1. Seiri (clasificar)**

Es el primer paso para desarrollar la clasificación. Se explica el uso eficiente de los recursos y materiales dentro del puesto de trabajo, como el taller, al identificar todos los objetos innecesarios para realizar cada actividad, con el principal fin de ahorrar espacio

en el taller, evitar que las herramientas estén desordenadas y eliminar cualquier material que obstaculice el paso.

Para implementar este paso, se pregunta al supervisor de mantenimiento de cada área si se necesita el material o la herramienta que se encuentra en el área de trabajo y, si este es muy necesario, se determina su importancia. A partir de esto, se crea una lista de prioridades y se buscan espacios para la asignación de cada material o herramienta.

- **Paso 2. Seiton (ordenar)**

El segundo paso consiste en poner las cosas en orden, es decir, asignar un lugar para cada objeto y colocar cada objeto en su sitio. De este modo, se organiza cada área del taller, lo que facilita la localización de cualquier herramienta o material, así como su uso y posterior devolución.

En cuanto a este paso, se debe elaborar una lista de materiales y herramientas, clasificándolos por su frecuencia de uso, así como una lista de los técnicos que los utilizan, con la intención de tener un mejor control sobre estos y saber si la persona que los usó los dejó en su lugar. Adicionalmente, se emplean etiquetas en estantes o en el piso para señalar los espacios designados.

- **Paso 3. Seiso (limpiar)**

El tercer paso consiste en crear un ambiente libre y bien organizado. Al considerar los dos pasos anteriores, se busca que cada técnico posea la capacidad de limpiar las máquinas, herramientas, equipos y el área de trabajo en general. Además, se deben implementar las medidas para prevenir la acumulación de polvo, suciedad y residuos que puedan generar riesgos eléctricos.

- **Paso 4. Seiketsu (estandarizar)**

En este paso se busca establecer estándares y procedimientos para mantener el orden y la limpieza en el taller. Se definen reglas claras sobre cómo organizar, limpiar y mantener las herramientas, los equipos y el área de trabajo. Estos estándares se documentan y se comunican a todo el personal del taller.

- **Paso 5. Shitsuke (mantener)**

El último paso es mantener la disciplina y la constancia en esta aplicación de 5S. Se realizan auditorías periódicas para asegurar que se cumplen los estándares y se implementan acciones correctivas si es necesario. Se fomenta una cultura de mejora

continua, en la que se buscan constantemente formas de optimizar el trabajo y mantener un entorno seguro y eficiente.

5.1.8 Reducir costos por mantenimientos preventivos de terceros

En la actualidad, el laboratorio cuenta con empresas contratistas que realizan una gran cantidad de mantenimientos preventivos de manera mensual, trimestral, semestral y anual, entre un 10 % y un 15 % por equipo, según su criticidad. En una reunión con el jefe de ingeniería, Germán Mathurin Peart, se mencionó que el costo de pago a terceros por mantenimiento preventivo ronda los ¢130.000.000 millones anuales.

Aplicando todos los puntos mencionados y llevando a cabo el plan de gestión correcto, la empresa puede reducir entre un 20 % y un 25 % los costos anuales de mantenimientos preventivos por parte de empresas contratistas en un período de 5 años. Al lograr este objetivo, después del quinto año, el laboratorio se estaría ahorrando entre ¢26.000.000 y ¢32.000.000 anualmente en el pago de mantenimientos preventivos a terceros.

Estas empresas contratistas realizan trabajos muy básicos y sencillos que pueden atenderse por los técnicos del laboratorio. Por ejemplo, estas compañías llevan a cabo mantenimientos mensuales que incluyen la limpieza de equipos, el cambio de aceite y filtros, pruebas de conductividad de la caldera, el cambio de cloro y productos químicos, pintura y el reemplazo de alguna válvula, entre otros. Estos trabajos pueden ser gestionados adecuadamente por los técnicos de mantenimiento mediante un correcto plan de gestión de mantenimiento.

A continuación, se presenta la tabla más detallada en la que se recupera el 25 % en los próximos 5 años:

Tabla 5.4: costo y ahorro anual en mantenimiento preventivo

Gasto anual					
Gasto anual de mantenimiento preventivo	Ahorro estimado 20-25%	Contratista 1	Contratista 2	Contratista 3	Gasto mensual por contratista
₡130 000 000,00	₡32 500 000,00	₡10 833 333,33	₡10 833 333,33	₡10 833 333,33	₡902 777,78

Años	Gasto mensual por contratista	Meses	Ahorro
Primer año	₡9 027 777,78	10	₡1 805 555,56
Segundo año	₡7 222 222,22	8	₡3 611 111,11
Tercer año	₡5 416 666,67	6	₡5 416 666,67
Cuarto año	₡3 611 111,11	4	₡7 222 222,22
Quinto año	₡1 805 555,56	2	₡9 027 777,78
Total			₡27 083 333,33

Faltante	₡5 416 666,67
----------	---------------

Fuente: Autor, 2025

El Laboratorio de Soluciones Parenterales de la CCSS, a través del Área de Ingeniería y Mantenimiento, realiza un gasto anual de ₡130.000.000 millones en pagos a empresas contratistas por mantenimientos preventivos. Esta cifra es considerable, sin embargo, lo que se plantea en el cuadro anterior es reducir dicho gasto en un 25 % anual durante los próximos 5 años. Existen tres compañías que abarcan en total 30 equipos con mantenimientos mensuales (véase la Tabla 4:14 de activos de mantenimiento), lo que implica que el laboratorio invierte aproximadamente ₡10.833.333 en cada una, lo que genera un gasto mensual de ₡902.777. Se espera cumplir todos los objetivos que se plantearon en un lapso de 5 años y, después de ese período, el ahorro alcanzará el 100 %.

Estas tres empresas contratistas realizan mantenimientos preventivos durante los 12 meses del año. Para el primer año, se espera reducir el mantenimiento de 12 meses a 10 meses, lo que genera un ahorro de ₡1.805.555. En el segundo año, la reducción es de 10 meses a 8 meses, con un ahorro de ₡3.611.111. Para el tercer año, se prevé una disminución de 8 meses a 6 meses, ahorrando ₡5.416.666. En el cuarto año, se pasa de 6 meses a 4 meses, lo que representa un ahorro total de ₡7.222.222. Finalmente, en el último año, se logra un ahorro de ₡9.027.777 por cada una de las tres compañías que se encargan del mantenimiento preventivo, al pasar de realizar

mantenimientos mensuales a semestrales. El total de ahorro al aplicar este método es de ₡27.083.333. Para solventar el 100 % de los ₡32.500.000, el margen de ₡5.416.666 se puede obtener si el laboratorio cotiza los repuestos a un costo inferior al que la empresa ofrece y cobra, debido a que son 30 equipos a cargo de los contratistas.

5.2 CONTROLAR

En esta etapa se proponen las actividades de control que permiten dar seguimiento a las alternativas de solución que se plantearon y también a aquellas que ya se implementan, todo esto con el fin de ejecutar controles que aseguren que el proceso se mantenga en su nuevo rumbo. Además, para prevenir que la solución sea temporal, se documenta el nuevo proceso y su plan de monitoreo, lo que otorga solidez al proyecto a lo largo del tiempo. Con el propósito de garantizar que las actividades que se relacionan con las mejoras de solución propuestas se completen de forma exitosa, se enumeran los siguientes controles.

5.2.1 Reuniones Kaizen

Se propone llevar a cabo reuniones Kaizen periódicamente con el equipo involucrado en el proyecto, que incluye al Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, así como al personal de producción. Para esto, se efectúa la reunión mediante la herramienta informática Teams, la cual, a través de un correo institucional permite a las personas colaboradoras generar un encuentro que no solo mantiene el enfoque en los objetivos de las acciones de la semana anterior y en las labores concretas del momento, sino que también facilita la planificación de las acciones para seguir durante la semana que inicia. Esta reunión se proyecta para los lunes de cada semana a las 08:30 a. m.

La reunión se lidera y documenta al inicio por el ingeniero de mantenimiento del área; más adelante, una vez entregadas todas las mejoras que se plantearon, puede ser liderada por el supervisor de mantenimiento. Las reuniones Kaizen deben ser documentadas y se da seguimiento mediante un correo electrónico para conservar el registro de la evolución del proyecto y sus implementaciones.

5.2.2 Auditorías

Por medio de la técnica *gemba walk* se pretende realizar auditorías aleatorias al menos una vez a la semana para verificar que los técnicos lleven el control y análisis de los procedimientos en las impresoras, registrando los tiempos de paro y la cantidad de fallas

en busca del buen funcionamiento de las alternativas de solución. En estas auditorías se nombrará a un auditor que se encarga de comprobar que se ejecuten. Los hallazgos durante las auditorías deben ser reportados al ingeniero de mantenimiento o al supervisor de los técnicos, quienes se encargan de ejecutar las acciones correctivas correspondientes a dichos hallazgos. Se busca proporcionar una visión en profundidad de los activos, al identificar las áreas de mejora y oportunidades de optimización.

La auditoría que se implementa es la siguiente:

- **Auditoría de procesos**

El trabajo debe ser minucioso, pues muchos de los procedimientos ya forman parte de la rutina, lo que dificulta la identificación de las causas de los problemas de mantenimiento, los atrasos en la reparación y el conocimiento de los tiempos que se requieren debido a la falta de control. Para que realmente tenga el efecto deseado, la auditoría de procesos debe ser estructurada y programada; solo así los resultados reflejarán la realidad. Por esto, para documentar los hallazgos durante las auditorías, se utiliza la lista de chequeo conocida como *checklist*. Esta auditoría se lleva a cabo todos los días en el momento de ingresar al cuarto de impresoras en el Área de Manufactura. Lo anterior tiene el fin de verificar que las alternativas de solución sean efectivas según su debida implementación.

Para documentar los hallazgos durante las auditorías, se recomienda utilizar la siguiente lista de verificación:

Tabla 5.5: lista de verificación para auditorías de mantenimiento preventivo

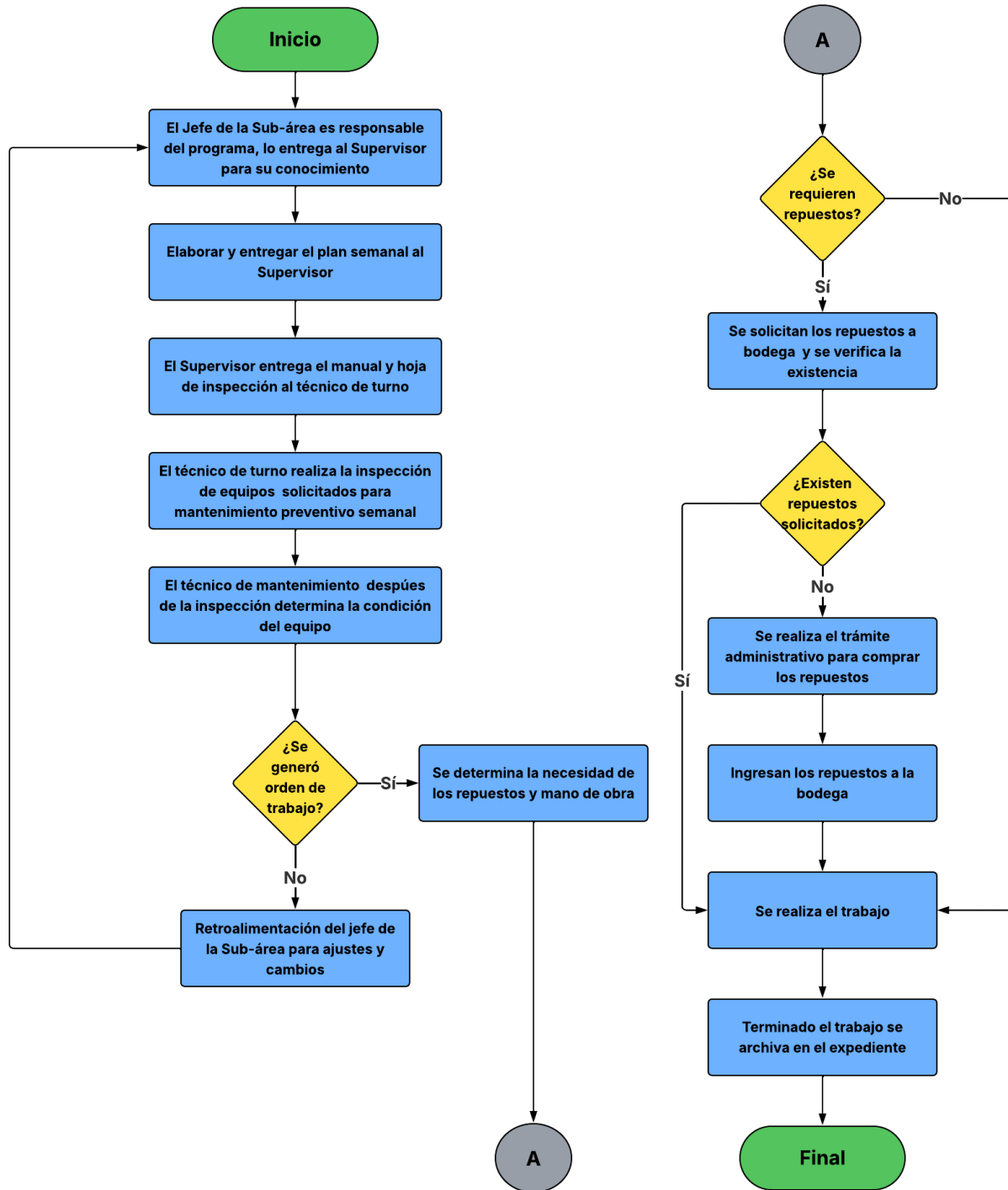
CAJA COSTARRICENSE SEGURO SOCIAL		LISTA DE VERIFICACIÓN MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Placa del Activo:					
Características	Descripción / Especificación				
Ubicación					
Fabricante					
Modelo					
Número de serie					
Uso intencional del equipo					
Mantenimiento					
Criterios de aceptación		Condición observada			Justificación
El equipo no tiene partes faltantes (Tornillos, componentes mecánicos, etc), no presenta daños, ni condiciones que afecten su uso de producción		PASA	FALLA	NO APLICA	
El equipo cuenta con la instrucción y rutina de mantenimiento preventivo		PASA	FALLA	NO APLICA	
El equipo tiene información técnica (planos, manuales) de acuerdo con el modelo y está disponible en el departamento de mantenimiento		PASA	FALLA	NO APLICA	
Infraestructura					
Criterios de aceptación		Condición observada			Justificación
El edificio tiene las instalaciones requeridas para utilizar el equipo		PASA	FALLA	NO APLICA	
Lubricación					
Criterios de aceptación		Condición observada			Justificación
Los componentes y accesorios que requiere lubricación en el equipo contienen los niveles adecuados de lubricación		PASA	FALLA	NO APLICA	
Instrumentos y Control					
Criterios de aceptación		Condición observada			Justificación
No hay discrepancias identificables en el cableado eléctrico, tuberías o mangueras		PASA	FALLA	NO APLICA	
Observaciones:					
Ejecución:		Puesto:		Firma / Fecha	

Fuente: Autor, 2025

5.2.3 Diagrama de flujo mantenimiento preventivo

Se elabora un diagrama de flujo para llevar un control más específico del mantenimiento preventivo que es adecuado según el equipo y las condiciones. En la siguiente figura se presenta el diagrama que define la técnica preventiva de acuerdo con los criterios mencionados.

Figura 5.2: diagrama de flujo para el mantenimiento preventivo



Fuente: Autor, 2025

El diagrama anterior de flujo del proceso de mantenimiento preventivo muestra cómo el jefe del Área de Ingeniería y Mantenimiento debe ser el responsable inmediato de

elaborar y entregar al supervisor el plan semanal de labores por realizar.

Seguidamente, el supervisor debe entregar el manual y la hoja de inspección al técnico de turno, quien debe llevar a cabo la inspección y determinar la condición del equipo.

Una vez realizada la evaluación del técnico, se debe generar una orden de trabajo. Si existe una orden, se determina la necesidad de repuestos y mano de obra. Se verifica si se requieren repuestos específicos; si no se necesitan, el técnico realiza el trabajo. Si se requieren repuestos, se solicita a bodega; si no hay, es necesario hacer el trámite administrativo para comprarlos. Una vez que ingresa el repuesto, se puede hacer el trabajo.

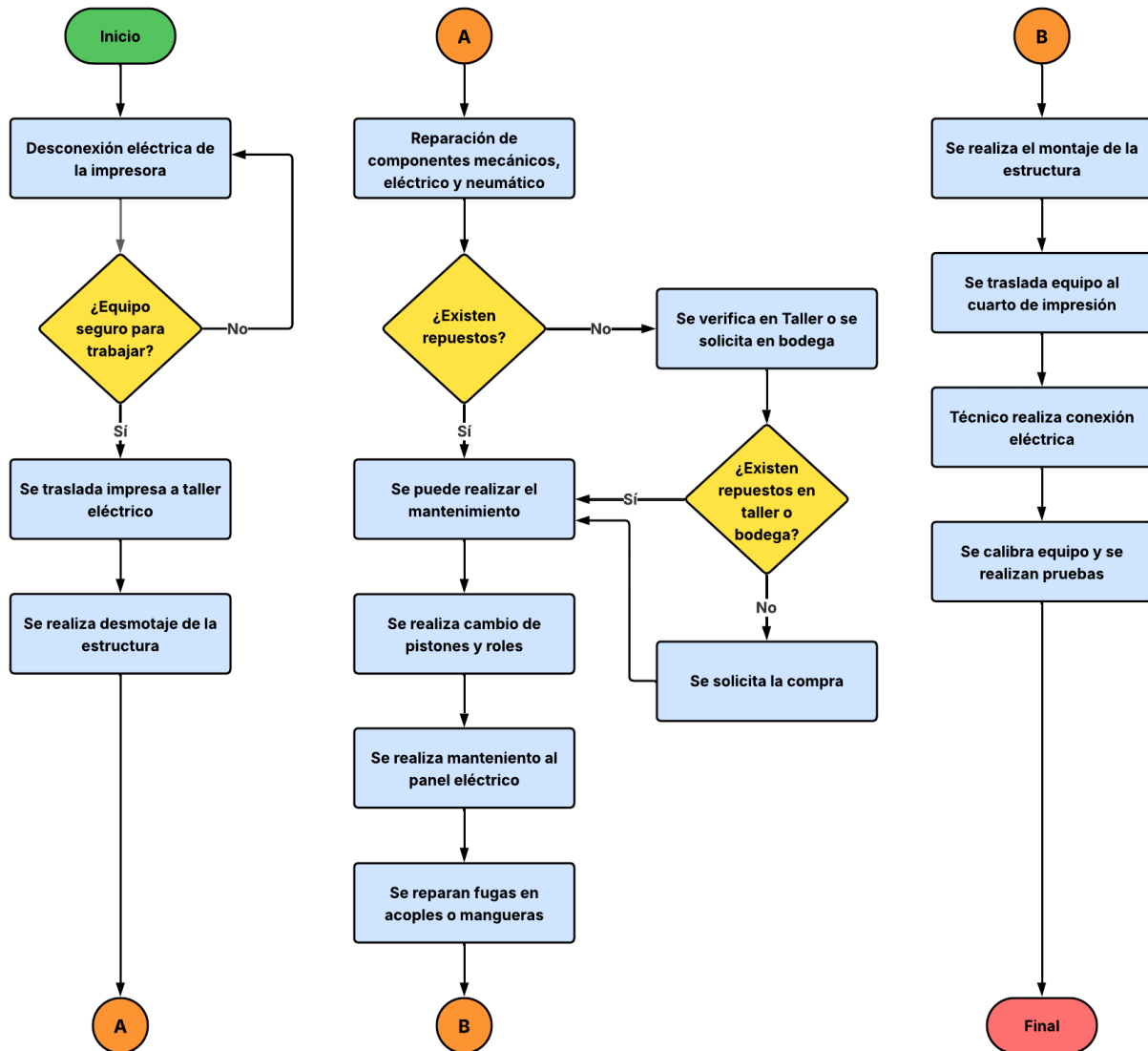
En caso de que no se haya generado una orden de trabajo, el técnico, junto con el jefe de área y el supervisor realiza una retroalimentación para el ajuste y cambio; al finalizar cada tarea, se debe archivar en el expediente.

5.2.3 Diagrama estructural de mantenimiento preventivo de impresoras

Para el análisis para el mantenimiento preventivo de impresoras como equipo crítico se presenta la siguiente propuesta:

Se elabora un diagrama de mantenimiento de las impresoras, que se identificaron como el equipo más crítico dentro del Área de manufactura. Se evalúan los tres sistemas diferentes que ella ejecuta, el sistema mecánico, el sistema eléctrico y el sistema neumático, junto con las descripciones de las labores de cada uno, como se muestra en la siguiente Figura 5.3:

Figura 5.3: diagrama flujo mantenimiento preventivo de impresoras



Fuente: Autor, 2025

El diagrama de mantenimiento preventivo para impresoras se divide en tres sistemas, que son:

Sistema mecánico: en este sistema, el técnico se encarga de desmontar la estructura. Es decir, la carcasa realiza el mantenimiento de los roles y la revisión del pistón, así como de otros accesorios que puedan presentar fallas mecánicas. Una vez solucionada esta tarea, se procede con el montaje de la estructura.

Sistema eléctrico: en este sistema, el técnico especializado realiza la desconexión del equipo con todas las medidas de seguridad aplicadas. Una vez realizada la desconexión,

se encarga de revisar los componentes del panel eléctrico y, si es necesario, lleva a cabo su cambio. Después de conectar nuevamente el equipo, se realizan pruebas para verificar que este opere de manera correcta.

Sistema neumático: el técnico debe revisar las válvulas, los filtros, las entradas y salidas de aire y verificar que no queden fugas de aire en los acoples ni en las mangueras. En caso de que existan, se deben reemplazar y comprobar.

Una vez que el equipo ha sido revisado e instalado en el sitio y tras realizar las pruebas correspondientes, se entrega al supervisor de producción para que lo revise y dé su visto bueno para su uso.

A continuación, la Tabla 5.6 describe las diferentes actividades mencionadas, junto con su duración en días y los procedimientos correspondientes para cada una.

Tabla 5.6: actividades para mantenimiento preventivo de impresoras

Actividades mantenimiento preventivo de impresoras			
Código	Descripción de la actividad	Duración (días)	Precedentes
1.1	Desmontaje de la estructura	2	-
1.2	Reparación de roles y pistón	3	1.1
1.3	Montaje de la estructura	2	1.2
2.1	Desconexiones	1	-
2.2	Mantenimiento panel eléctrico	2	2.1
2.3	Cambio de componentes	3	2.1
2.4	Conexión y pruebas	2	2.2/2.3/3.1/3.2
3.1	Reemplazo de válvulas y filtros	1	1.3
3.2	Reparación de fugas de aire	2	1.3

Fuente: Autor, 2025

Como se muestra en la Tabla 5.6, las actividades de mantenimiento preventivo de impresoras se presentan como propuesta y se dividen en tres sistemas: eléctrico, mecánico y neumático. El sistema mecánico inicia con la actividad 1.1 con el desmontaje de la estructura con la duración de 2 días, seguidamente de la actividad 1.2 que es la reparación del pistón y cambio de roles con 3 días con la precedente de la actividad 1.1 y si no se encuentra otro componente dañado se concluye con la actividad 1.3 con el montaje de la estructura con una duración de 2 días precedente de la actividad 1.2.

El sistema eléctrico inicia con la actividad 2.1 con las desconexiones con la duración de 1 día, seguidamente se debe dar el mantenimiento eléctrico con la duración de 2 días precedente de la actividad 2.1 como tercera actividad del sistema eléctrico la actividad 2.3 muestra el cambio de los componentes eléctricos con una duración de 3 días precedente de la actividad 2.1 al igual que la actividad 2.2. Por último, la actividad 2.4, que es la conexión y pruebas de funcionamiento con 2 días como máximo, precedente de la actividad 2.2, 2.3, 3.1, 3.2.

En el sistema neumático, se debe realizar el reemplazo de válvulas y filtros, tal como se muestra en la actividad 3.1, con una duración de 1 día, precediendo a la actividad 1.3. Asimismo, la actividad 3.2, que consiste en la reparación y detección de fugas de aire, tiene una duración de 2 días.

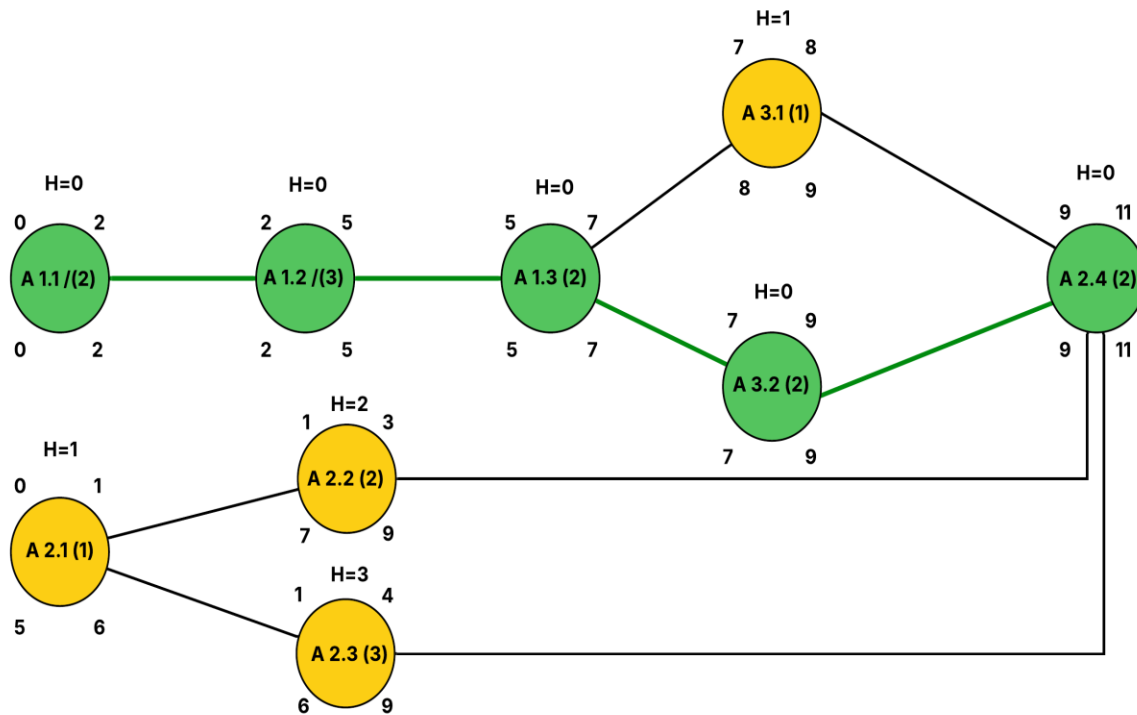
Seguidamente, se elabora un diagrama de ruta crítica para determinar la secuencia de las actividades dentro del plan del taller de mantenimiento, estableciendo la duración total de este, como se muestra a continuación:

5.2.4 Diagrama ruta crítica

El diagrama de ruta crítica es importante para identificar el camino más largo que define la duración mínima posible de un trabajo o proyecto, lo que lo convierte en un elemento fundamental para un plan de gestión de mantenimiento. Cualquier retraso en estas tareas críticas afectará directamente la fecha de finalización del mantenimiento preventivo y el departamento que se ve afectado es el de producción, que requiere que las impresoras estén al 100 % en el lugar de trabajo para llevar a cabo la mayor cantidad de bolsas durante el turno.

Enseguida, se presenta el diagrama de ruta crítica en relación con la Tabla 5.4 de actividades de mantenimiento preventivo de impresoras:

Figura 5.4: diagrama de ruta crítica



Fuente: Autor, 2025

Ruta crítica 1.1-1.2-1.3-3.2-2.4

Como se muestra en la Figura 5.4 de la ruta crítica, las actividades son las siguientes: la actividad 1.1, que consiste en el desmontaje de la estructura; la actividad 1.2, que implica la reparación de los roles o pistones; la actividad 1.3, que corresponde al montaje de la estructura del sistema mecánico; la actividad 3.2, que se refiere a la reparación de fugas de aire del sistema neumático. Por último, la actividad 2.4, que abarca la conexión y pruebas del sistema eléctrico. En estas tareas, no se pueden atrasar los trabajos para que no se vea afectada la fecha de finalización de las labores.

En el análisis, por ejemplo, de la actividad 3.1, que consiste en el reemplazo de válvulas y filtros, lo más temprano que puede iniciar es en el día 7 y lo más tarde en el día 8. Sin embargo, si se presenta un retraso, lo más tarde que puede comenzar es en el día 8 y lo más tarde que puede finalizar es en 9 días, lo que significa que tiene una holgura de 1. Si la actividad 3.1 se atrasa más de un día, afectará el tiempo de entrega del trabajo de mantenimiento de impresoras, que es de 8 días, lo que se volverá crítico. En la Tabla 5.7,

mediante un diagrama de Gantt se pueden visualizar las diferentes actividades, desde el inicio hasta el final del proyecto:

Tabla 5.7: diagrama de Gantt para el proyecto

Calendario de ejecución del proyecto											
Día											
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.1											
1.2											
1.3											
2.1											
2.2											
2.3											
2.4											
3.1											
3.2											

Fuente: Autor, 2025

El diagrama de Gantt de las actividades para el mantenimiento preventivo de impresoras marca en color verde la ruta crítica e identifica la secuencia de tareas que deben completarse a tiempo para asegurar que el trabajo se entregue puntualmente. Las actividades resaltadas en amarillo son aquellas que presentan cierto margen de retraso sin afectar la fecha de finalización del trabajo. Sin embargo, no se deben perder de vista, ya que si alguna de estas tareas se retrasa, se convierte en crítica y no se completaría en la fecha establecida para el trabajo.

En resumen, el diagrama de Gantt ayuda a visualizar el cronograma del trabajo y la ruta crítica destaca las tareas más importantes que deben gestionarse con cuidado para evitar retrasos.

5.2.5 Repuestos para impresoras

En la Tabla 5.8 se muestra una lista de repuestos para mantenimiento preventivo o correctivo. La lista se elaboró junto con el supervisor de mantenimiento y se aprobó por el jefe de mantenimiento y el jefe de área del Laboratorio Soluciones Parenterales, como se muestra a continuación:

Tabla 5.8: repuestos para impresoras

Repuestos para impresoras					
#	Cantidad	Nº Artículo	Descripción	Precio	Total
1	10	N/A	Racor rápido roscado recto 1/8-4mm	€ 1 204,20	€ 12 042,00
2	10	661854PCR	Racor rápido roscado recto 1/8-6	€ 1 263,00	€ 12 630,00
3	10	661854PCR	Racor rápido roscado recto 1/8" a 10mm	€ 1 527,60	€ 15 276,00
4	10	661854PCR	Acople rápido roscado recto 1/8" a 10mm	€ 1 953,60	€ 19 536,00
5	10	661854PCR	Acople rápido 1/8" a 4mm codo	€ 1 894,80	€ 18 948,00
6	10	661854PCR	Racor rápido roscado codo 1/8"- 6mm, metálicos	€ 1 983,00	€ 19 830,00
7	10	572454PCR	Racor rápido roscado codo 1/8"- 8mm	€ 2 291,40	€ 22 914,00
8	10	T22101PCR	Acople rápido roscado codo 1/8"- 10mm	€ 3 099,00	€ 30 990,00
9	10	31242PCR	Acople rápido 1/4 a 4mm recto	€ 1 351,20	€ 13 512,00
10	10	31842PCR	Racor rápido roscado recto 1/4"- 6mm	€ 1 483,20	€ 14 832,00
11	10	32442PCR	Racor rápido roscado recto 1/4"- 8mm	€ 1 586,40	€ 15 864,00
12	10	33042PCR	Racor rápido roscado recto 1/4"- 10mm	€ 1 924,20	€ 19 242,00
13	10	T22041PCR	Racor codo 1/4" - 4 polímero	€ 2 130,00	€ 21 300,00
14	10	T22061PCR	Acople rápido roscado codo 1/4" a 6mm	€ 2 173,80	€ 21 738,00
15	10	T22081PCR	Acople rápido roscado codo 1/4" a 8mm	€ 2 379,60	€ 23 796,00
16	10	T22101PCR	Acople rápido roscado codo 1/4" a 10mm	€ 3 202,20	€ 32 022,00
17	20	580212PCR	Manguera de material sintético rígido 6mm (natural)	€ 2 885,00	€ 57 700,00
18	20	580215PCR	Manguera de material sintético rígido 8mm (natural)	€ 4 920,00	€ 98 400,00
19	20	580218PCR	Manguera de material sintético rígido 10mm (natural)	€ 6 903,00	€ 138 060,00
20	1	1703853PCR	Electroválvula selonoide festo 5 vías G 1/4" monoestable	€ 281 920,80	€ 281 920,80
21	1	478815PCR	Unidad de filtro regulador y lubricador de 1/4 " con manómetro	€ 229 023,00	€ 229 023,00
22	1	1703853PCR	Bobina magnética Festo MSGW- 110-50/60	€ 38 340,00	€ 38 340,00
23	1	478875PCR	Reguladora de presión de 1/4"	€ 88 495,50	€ 88 495,50
24	1	52482PCR	Electroválvula 470 24VDC 4/2	€ 178 281,00	€ 178 281,00
25	3	34260	Set 5 actuador tipo 2000, DN 40	€ 47 690,00	€ 143 070,00
26	1	700773PCR	Set 5 sellos para actuador de válvula 2000 DM63	€ 119 040,00	€ 119 040,00
Total					€ 1 686 802,30

Fuente: Autor, 2025

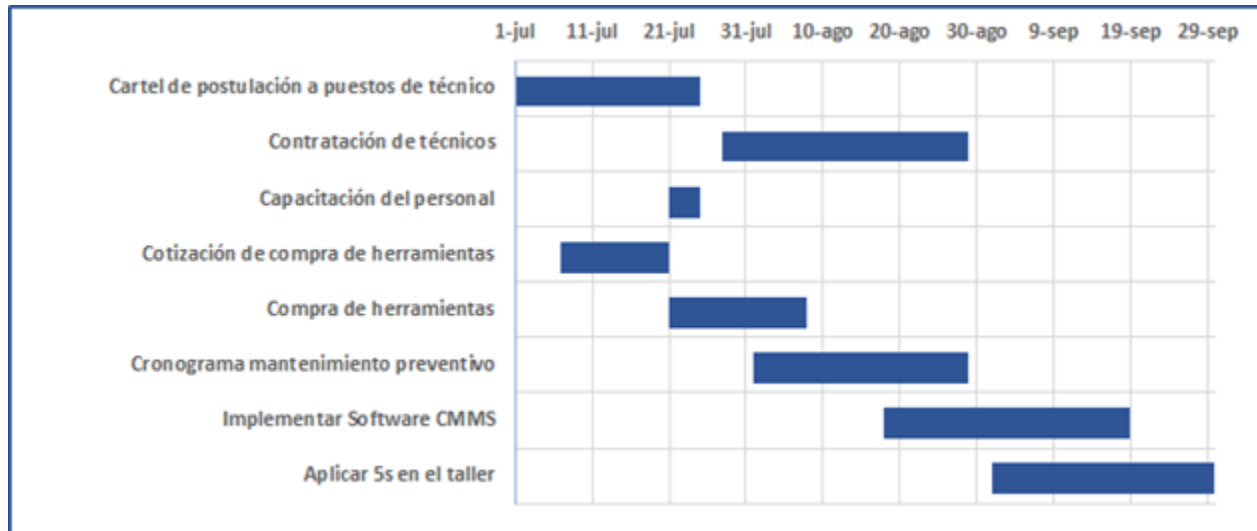
La lista de materiales presentada en la Tabla 5.8 se elaboró junto con el supervisor de mantenimiento, quien solicitó componentes que no se encuentran en bodega ni en el taller de mantenimiento. Esta situación genera, en muchas ocasiones, atrasos debido a la falta de repuestos necesarios para los mantenimientos correctivos o preventivos de las impresoras, que son el equipo más crítico y necesario para iniciar las producciones diarias en el Área de manufactura.

5.3 CRONOGRAMA

El uso del diagrama de Gantt sirve para exponer la duración y la dedicación previstas para las diferentes tareas o actividades a lo largo del tiempo. El siguiente diagrama de Gantt muestra ocho alternativas de solución pendientes para el desarrollo de este

proyecto, las cuales son: cartel de postulación a puestos de técnico, contratación de técnicos, capacitación del personal, cotización de compra de herramientas, compra de herramientas, cronograma de mantenimiento preventivo, implementación de un *software* CMMS y aplicación de 5S en el taller. Según la Tabla 5.9, el período inicia el 01 de julio del año 2025 y finaliza el 30 de septiembre de año 2025, logrando un 100 % de su implementación.

Tabla 5.9: diagrama de Gantt



Fuente: Autor, 2025

5.4 ESTIMACIÓN DE COSTOS

La siguiente tabla muestra los gastos anuales que realiza el Departamento de Mantenimiento, aplicando las actividades propuestas:

Tabla 5.10: gastos anuales

Descripción	Gasto	Tiempo	Cantidad
Contratacion de técnicos	¢22 477 200,00	Mensual	¢1 873 100,00
Herramientas mantenimiento predictivo	¢17 810 179,00	Compra 1 sola vez	
Desarrollador de software CMMS	¢1 042 776,00	Pagar mensualidad	\$69
Mantenimiento preventivo a terceros	¢130 000 000,00	Anual	
Repuestos para impresoras	¢1 688 802,00	Compra 1 sola vez	
Total	¢173 018 957,00		

Fuente: Autor, 2025

El cálculo del retorno de la inversión (ROI) se basa en la siguiente fórmula:

$$ROI = \left(\frac{\text{Ganancia} - \text{Costo de inversión}}{\text{Costo de inversión}} \right) \times 100$$

$$ROI = \left(\frac{32500000 - 173018957}{173018957} \right) \times 100 = -81.21\%$$

Esto indica que, en el primer año, el retorno esperado aún no compensa la inversión inicial, lo cual es común en proyectos de optimización que requieren un período de maduración. Sin embargo, al analizar el tiempo de recuperación de la inversión, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de retorno} = \frac{\text{Costo de inversión}}{\text{Beneficio anual estimado}}$$

$$\text{Tiempo de retorno} = \frac{173018957}{32500000} = 5,3 \text{ años}$$

Esto significa que, en aproximadamente 5,3 años, la inversión se recuperará completamente a través de los beneficios que se generan, lo que demuestra la viabilidad del proyecto a mediano plazo. Una vez superado este período, la empresa continuará obteniendo ahorros y mejoras operativas derivadas de la optimización del sistema del plan correcto de gestión de mantenimiento.

5.4 PROPUESTAS DE CONTROL DEL PROYECTO

Después de formular propuestas de mejora, se debe tener en cuenta una etapa de control en la que se plantean herramientas que le permitan a la organización mantener de forma efectiva los cambios realizados en el proceso, siempre enfocándose en la mejora continua. A continuación, se detalla cada una:

5.4.1 Kaizen

Como se mencionó, se debe llevar a cabo un Kaizen, con el fin de fomentar un ambiente de trabajo bajo el plan de gestión establecido. Para definir la estructura por seguir se efectuó una reunión con el supervisor de mantenimiento:

- Mejora continua: el supervisor se enfoca en cada una de las áreas determinadas para buscar la mejora continua. Es decir, en identificar oportunidades para optimizar las actividades de cada colaborador y área.
- Pequeños cambios: el Departamento de Mantenimiento debe centrarse en pequeñas modificaciones incrementales. Por ejemplo, el taller se encuentra desordenado, con materiales no identificados y herramientas dispersas. Por lo tanto, se puede comenzar a motivar a los técnicos para que inicien esas pequeñas mejoras.

- Participación de todo el grupo de trabajo: el jefe de área debe enfatizar la importancia de la participación de todos los miembros del taller, con el objetivo de obtener una comunicación asertiva entre todas las áreas del laboratorio, tanto en producción como en el Departamento de Calidad, valorando la producción y las ideas de todos los niveles de la organización.
- Orientación a los cambios: estas modificaciones no se realizan de la noche a la mañana, se debe involucrar a todo el cuerpo de trabajo, dar seguimiento al personal y hacerles saber que los cambios son siempre positivos dentro de la institución, ya que ayudan a crecer como departamento, lo cual se refleja en la eficiencia y productividad de la producción.

5.4.2 Gemba Walk

Una de las principales herramientas de control por aplicar es el *gemba walk*, en el cual la persona a cargo, en este caso el supervisor de mantenimiento, realiza recorridos por las áreas de trabajo para observar cómo los técnicos ejecutan sus tareas. De este modo, se recopilan datos para detectar fallos en los equipos, tiempos fuera de operación, maquinaria con problemas, equipos obsoletos, entre otros aspectos. Para esto, el *gemba walk* se efectúa según los siguientes elementos:

- **Preparación para el *gemba walk***

Objetivo claro

Se define el propósito del *gemba walk* considerando cada una de las áreas por evaluar: impresoras, selladoras de bolsas, autoclaves y selladoras de cajas, con la finalidad de observar el proceso específico, identificar las mejoras y comprender los desafíos que enfrentan en ese momento los involucrados.

Planificación

Se establece una agenda y un horario para definir el día y la hora en que se implementa la caminata. Luego, se determina cuál es el área específica y cuáles procesos se observan.

- **Durante el *gemba walk***

Observación directa

Observar cómo se realizan las tareas en el área, verificar el cumplimiento de los procedimientos del equipo de mantenimiento, tomar notas de lo que se observa y se escucha y entender cuál es el flujo de trabajo.

Preguntar

Efectuar preguntas abiertas a los involucrados permite comprender el proceder de los técnicos y los problemas que pueden presentarse y así se logra una comunicación más fluida sin intervenir en los procesos de trabajo.

1. ¿El técnico se presentó al inicio de la impresión?
2. ¿El técnico desarrolla con destreza y habilidad la reparación del equipo?
3. ¿Se observan mejoras en la implementación del plan de gestión en el Departamento de Mantenimiento?
4. ¿Cuáles sugerencias puede brindar para que los equipos se intervengan más rápidamente en impresión u otra área?

- **Post gemba walk**

Análisis, retroalimentación y el plan de acción

Revisar las notas recolectadas y las observaciones para identificar problemas y áreas de mejora, así como determinar si realmente existe un impacto en el nuevo sistema de gestión y cuáles son los puntos por mejorar desde ahora. Asimismo, se debe organizar una reunión con el equipo de trabajo que participa en el *gemba walk* para discutir lo observado y proponer soluciones. A partir de todo lo expuesto, se busca establecer un plan de gestión para seguir.

Al tomar el objetivo general como meta por cumplir, se obtuvieron numerosos resultados positivos en relación con las mejoras y deficiencias que presenta el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento del Laboratorio Soluciones Parenterales. Si se aplican las propuestas expuestas en este proyecto, el Departamento de Mantenimiento tendría una mejor visualización a mediano plazo para alcanzar grandes objetivos.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

Recomendaciones

- Se sugiere al Departamento de Recursos Humanos y al Departamento de Ingeniería y Mantenimiento crear el cartel interno-externo de contratación de técnicos para cubrir las plazas vacantes disponibles del Laboratorio de Soluciones Parenterales.
- Realizar auditorías mensuales de control de las inspecciones diarias de los equipos de manufactura más críticos, garantizando el estado óptimo de su funcionamiento y la efectividad en el Departamento de Producción.
- Establecer los indicadores de tiempo (MTTR – MTBF) para monitorear el estado y el tiempo de fallas y paros de los equipos más críticos. Lo anterior tiene el fin de conocer su disponibilidad y evitar que afecten la producción.
- Implementar la herramienta 5S en el Área de Ingeniería y Mantenimiento tiene como objetivo organizar y optimizar las herramientas y materiales innecesarios del taller, estableciendo estándares para el orden y la limpieza y manteniendo estas prácticas a largo plazo.
- Se recomienda al supervisor encargado implementar mantenimientos preventivos programados en los días libres y feriados, con el objetivo de disminuir la acumulación de órdenes de trabajo pendientes.
- Implementar un *software* CMMS que ayude a la institución a gestionar correctamente los activos y a realizar tareas de mantenimiento más eficientes.
- Se aconseja al Departamento de Mantenimiento modernizar los equipos, incorporando tecnología más automatizada. Lo anterior tiene el fin de reemplazar aquellos que ya han cumplido su vida útil. Esta modernización beneficia la eficiencia, la reducción de costos, la mejora en la calidad y la seguridad, así como una mayor flexibilidad.

Conclusiones

- En cuanto a la aplicación de la metodología DMAIC, específicamente en la etapa de selección, se concluye, mediante el árbol de CTQ, las necesidades de mejora en la producción diaria en manufactura en relación con la eficiencia, funcionalidad y seguridad. Además, por medio de la herramienta Sipoc y el diagrama de flujo, se

logró conocer el proceso aplicado por el Departamento de Mantenimiento en busca de mejoras.

- Por medio de la etapa de medición, se estableció la lista de activos a cargo del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, lo que permitió conocer con qué frecuencia se realizan mantenimientos internos y externos por parte de contratistas. Esto facilitó la determinación de los equipos más críticos mediante la matriz de criticidad.
- Mediante la matriz de criticidad, se detectaron las impresoras y los equipos de autoclaves como equipos de alta criticidad. Se otorgó prioridad de investigación a las impresoras, ya que son los equipos que más generan problemas de intervención y de los cuales depende el inicio de la producción diaria. Por lo tanto, se aplicaron indicadores de MTBF y MTTR para conocer con qué frecuencia ocurre una falla y cuánto tiempo se requiere para resolver el problema que se presenta.
- Entre las diversas herramientas ingenieriles para analizar las posibles causas que pueden afectar la producción diaria, se emplea la técnica de lluvia de ideas, con la cual se detectan 16 posibles causas. A partir de estas, mediante un diagrama de Ishikawa y un proceso de multivoto, se identifican las cinco causas que presentan más problemas: la cobertura de plazas vacantes de técnicos, la acumulación de órdenes de trabajo, la falta de capacitación técnica adecuada y actualizada, la ausencia de indicadores clave de rendimiento y una distribución adecuada de las labores de cada técnico.
- Con la implementación de un *software* para la gestión de mantenimiento (CMMS), el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento agilizaría su control sobre los activos, gestionaría órdenes de trabajo, programaría mantenimientos y administraría inventarios de repuestos y herramientas.
- Todo este análisis del problema presentado se realiza con base en la metodología DMAIC, la cual permite identificar las causas que inciden en los paros de equipos debido a fallos y a la dificultad en los tiempos de reparación.
- En términos de mantenimiento, el laboratorio, al implementar un correcto plan de gestión de mantenimiento, puede ahorrar únicamente en mantenimientos

preventivos por parte de contratistas un monto de ¢26.000.000 a ¢32.500.000 anuales a partir del quinto año de aplicación.

- Se concluye, mediante un diagrama de Gantt, que para lograr el 100 % de implementación de las alternativas de solución se requiere aproximadamente 3 meses, iniciando el 1 de julio del año 2025.

REFERENCIAS

- Abreu, R. (2025). *Paso a paso para realizar el Gemba Walk en tu fábrica*.
<https://es.checklistfacil.com/blog/gemba-walk>
- Arturo. (2025). *DMAIC: Metodología completa con ejemplos prácticos y útiles*.
<https://aprendeindustrial.com/dmaic-metodologia-completa-con-ejemplos-practicos-y-utiles/>
- Babativa Novoa, C. A. (2017). *Investigación cuantitativa* (1.^a ed.).
<https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/3556/Investigaci%C3%B3n%20cuantitativa.pdf?sequence=1>.
- Barboza Arguedas, M. (2013). *Plan General Integral de Mantenimiento para la Infraestructura Física del Hospital Dr. Tomás Casas Casajús*.
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6077/Plan_Mantenimiento_Infraestructura_HospitalDoctorTomasCasasCasajus.pdf
- Betancourt, D. F. (2017). *Diagrama SIPOC: Qué es, para qué sirve y cómo se hace*.
<https://www.ingenioempresa.com/diagrama-sipoc/>
- Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). (2021). *Plan Anual Operativo 2021*.
[http://file:///C:/Users/50685/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/OUTF9EN0/ANEXO2-AI-2905-2020 \[1\].pdf](http://file:///C:/Users/50685/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/OUTF9EN0/ANEXO2-AI-2905-2020 [1].pdf)
- Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). (2023). *Plan Estratégico Institucional 2023-2033*. <https://www.ccss.sa.cr/arc/actas/2024/files/9400%20-22c60.pdf>
- Caja Costarricense Seguro Social (CCSS). (2022). *Resumen ejecutivo*.
<https://www.ccss.sa.cr/arc/auditoria/informes/AOPER-0048-2024.pdf>
- Camacho Salazar, P. (2009). *Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE*.
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6196/Dise%C3%B1o_Plan_Modelo_Mantenimiento_Edificios_ICE.pdf
- Castelan, J. (2021). *¿Qué son los stakeholders y cómo influyen en tu negocio? Tips para mantenerlos contentos*. <https://www.crehana.com/blog/negocios/que-son-stakeholders/>
- Córdoba Salamanca, H. E. (2017). *Investigación cualitativa* (1.^a ed.).
<https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/3556/Investigaci%C3%B3n%20cualitativa.pdf?sequence=1>.

- Cruz, C. (2025). *Ejemplo Project Charter*.
<https://www.studocu.com/co/document/universidad-santo-tomas-colombia/formulacion-y-evaluacion-de-proyectos/ejemplo-project-charter/25652367>
- Diario del Exportador. (2025). *Matriz FODA: Definición e importancia*.
<https://www.diariodelexportador.com/2016/11/matriz-foda-definicion-e-importancia.html>
- Drip Capital Inc. USA. (2025). *Qué son los activos y pasivos de una empresa*.
<https://www.dripcapital.com/es-mx/recursos/blog/activo-y-pasivo>
- Edit.Org. (s. f.). *Crea gratis el Diagrama SIPOC de una empresa*. Edit.Org.
<https://edit.org/es/blog/plantillas-diagrama-sipoc>
- Enciclopedia Concepto. (2025a). *Diagrama de Gantt*. <https://concepto.de/diagrama-de-gantt/>
- Enciclopedia Concepto. (2025b). *Diagrama de Ishikawa*. <https://concepto.de/diagrama-de-ishikawa/>
- Enciclopedia Concepto. (2025c). *Tipos de investigación*. <https://concepto.de/tipos-de-investigacion/>
- Enciclopedia de ejemplos. (2025). *Lluvia de ideas*. <https://www.ejemplos.co/lluvia-de-ideas/>
- Enciclopedia Iberoamericana. (2025). *Activo*.
<https://enciclopediaiberoamericana.com/activo/>
- Financiero. (2025). *¿Qué es el Análisis de Costos?* <https://financionario.com/definicion-analisis-de-costos>
- Gestionar fácil. (2025). *Herramientas de calidad: 7 para gestionar proyectos*.
<https://www.gestionar-facil.com/herramientas-de-calidad/>
- Godoy Rodríguez, C. (2020). *Análisis estadístico de datos ejemplo detallado*.
<https://tesisdeceroa100.com/analisis-estadistico-de-datos-ejemplo-detallado>
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.
- Herrera Cruz, H.; López, L. E. y Jarquín, J. A. (2022). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento industrial para mejorar la eficiencia de los molinos del área de*

- elaboración de compañía cervecera de Nicaragua durante el período febrero - mayo del año 2022.*
<http://repositorio.ucc.edu.ni/1262/1/Propuesta%20de%20un%20modelo%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20mantenimiento%20industrial.pdf>
- Hesam Tb. (s. f.). *¿Qué es Six Sigma?* - Instituto Mudanai.
<https://www.pinterest.com/pin/785033778821633257>
- Hurtado de Barrera, J. (2008). *La investigación proyectiva.*
<https://investigacionholistica.blogspot.com/2008/02/la-investigacin-proyectiva.html?m=1>
- Ingeniare. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 11-20.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011
- Kaizen Institute. (2025). *Qué es un Evento KAIZEN™ y cómo promueve una cultura de mejora continua.* <https://kaizen.com/es/insights-es/evento-kaizen-mejora-continua/>
- LatAm Network Business. (2024). *Análisis estadístico: Qué es, tipos y pasos para hacerlo.*
<https://www.marketeroslatam.com/analisis-estadistico-que-es-tipos-y-pasos-para-hacerlo/>
- López Salazar, B. (2019). *Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF).*
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>
- Marketing QServus. (2022). *Lluvia de ideas: Generación de muchas ideas radicales y creativas.* <https://blog.qservus.com/lluvia-de-ideas-generacion-de-muchas-ideas-radicales-y-creativas>
- Martins, J. (2024). *Project charter: qué es y cómo crearlo con una plantilla.*
<https://asana.com/es/resources/project-charter>
- Medina, G. (2022). *¿Qué es un Gemba Walk?*
<https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/qu%C3%A9-es-un-gemba-walk>
- Molina, Z. (1997). *Planeamiento Didáctico: Fundamentos, principios, estrategias y procedimientos para su desarrollo.* 1.^a ed., EUNED.

Pérez, M. (2017). *Multivoto*. https://prezi.com/3_sg5e8g8zhb/multivoto

Portillo, C. (2025). *FODA*. <https://mind42.com/mindmap/e676511b-e1bb-4590-9ee7-cfb74e6c21e2?rel=pmb>

Posting Komentar. (2022). *Diagrama de árbol control de calidad*. <https://usanishikawa.blogspot.com/2022/01/diagrama-de-arbol-control-de-calidad.html#comments>

Probabilidad y Estadística. (2025). *CTQ*. <https://www.probabilidadyestadistica.net/ctq/>

Probabilidad y Estadística. (2025). *Gráfico de control (o diagrama de control)*. <https://www.probabilidadyestadistica.net/grafico-de-control-o-diagrama-de-control/>

Raeburn, A. (2024). *Análisis FODA: qué es y cómo usarlo (con ejemplos)*. <https://asana.com/es/resources/swot-analysis>

Raven, A. (2025). *Todo sobre la matriz de criticidad*. <https://traction.com/es/blog/todo-sobre-la-matriz-de-criticidad>

Rodrigo, R. (2020). *Observación naturalista: ejemplos, definición y método*. <https://estudyando.com/observacion-naturalista-ejemplos-definicion-y-metodo/>

Rojas, J. (2023). *Método de la ruta crítica: qué es, cómo realizarlo y ejemplos*. <https://blog.hubspot.es/service/metodo-ruta-critica>

Simply Stakeholders. (2022). *Guía de Análisis de Stakeholders*. <https://simplystakeholders.com/resources/guides/guia-de-analisis-de-stakeholders/>

Sinnaps. (2020). *¿Qué es el método de la ruta crítica?* <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/metodo-de-la-ruta-critica>

Studypool Inc. (2025). *Caso carper para evaluación estados financieros proforma*. <https://www.studypool.com/documents/9504930/caso-carper-para-evaluacion-estados-financieros-proforma>

Teoría General del Sistema. (2010). *Diagramas causales*. <http://teoriageneralsistema.blogspot.com/2010/11/diagramas-causales-un-diagrama-causal.html>

Think. (2023). *¿Qué es el mantenimiento planificado?* <https://www.ibm.com/es-es/topics/planned-maintenance>

- Universidad Tecnológica de La Habana. (2022). *La planificación del mantenimiento, su importancia en la gestión de los activos*. file:///C:/Users/50685/Downloads/Dialnet-LaPlanificacionDelMantenimientoSuImportanciaEnLaGe-8992138.pdf
- Vásquez Vélez, P. (2011). *Propuesta de la gestión de mantenimiento en la empresa Futech Group S. A.*
<https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/7ae1e61a-9130-41a7-aadb-39d636e9ec1f/content>
- Wikidot. (2016). *Multivotación* 2.
<http://calidadafacemepico2016ii.wikidot.com/wiki:multivotacion-2>
- Zendesk. (2023). *¿Cómo calcular el ROI? Fórmula con ejemplos*.
<https://www.zendesk.com.mx/blog/roi-como-calcular-sacar/>
- Zúñiga Castro, C. (2024). *Laboratorio de Soluciones Parenterales y Reactivos Químicos de la CCSS y la defensa de los derechos laborales*.
<https://surcosdigital.com/laboratorio-de-soluciones-parenterales-y-reactivos-quimicos-de-la-ccss-y-la-defensa-de-los-derechos-laborales/>

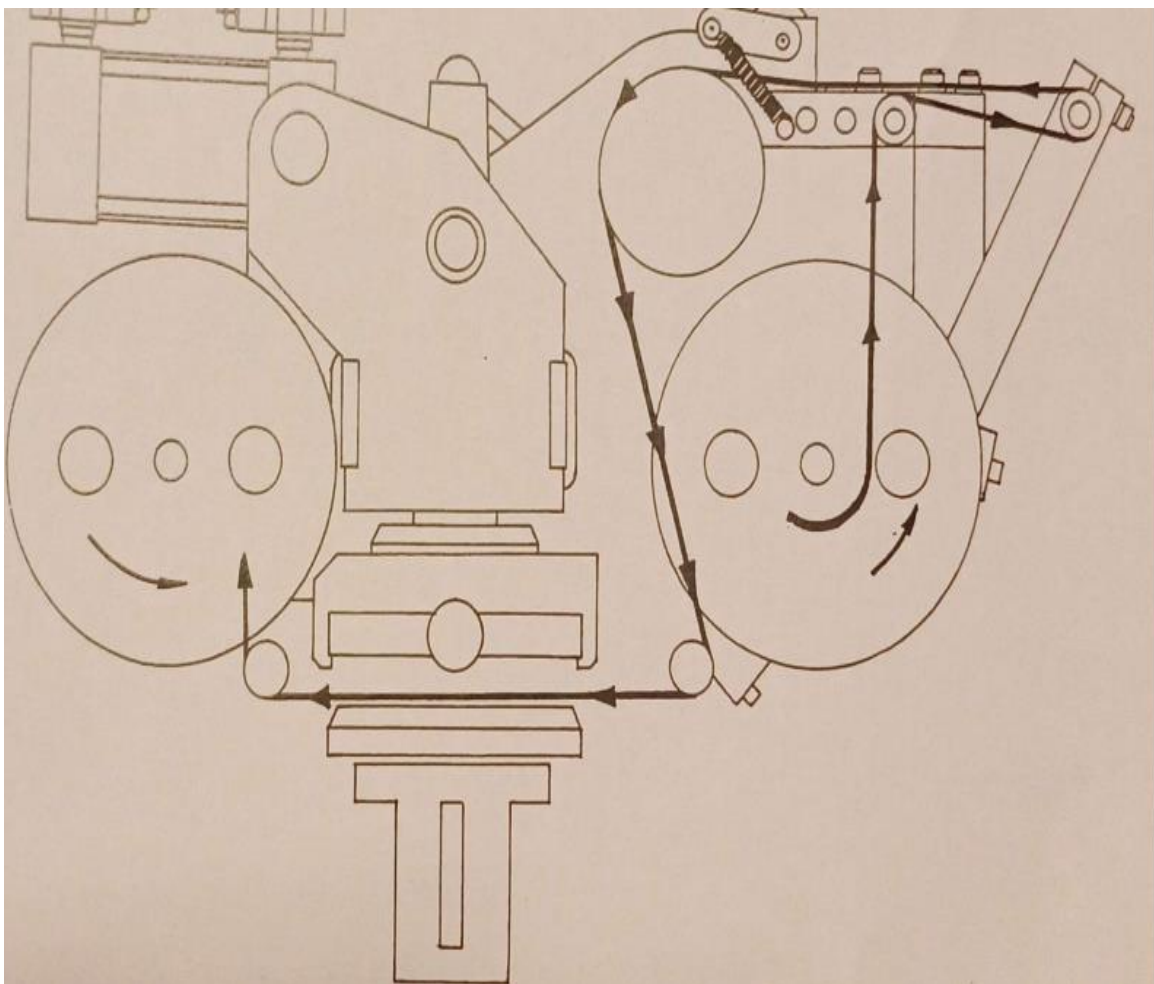
APÉNDICES Y ANEXOS

APÉNDICE 1: glosario de términos

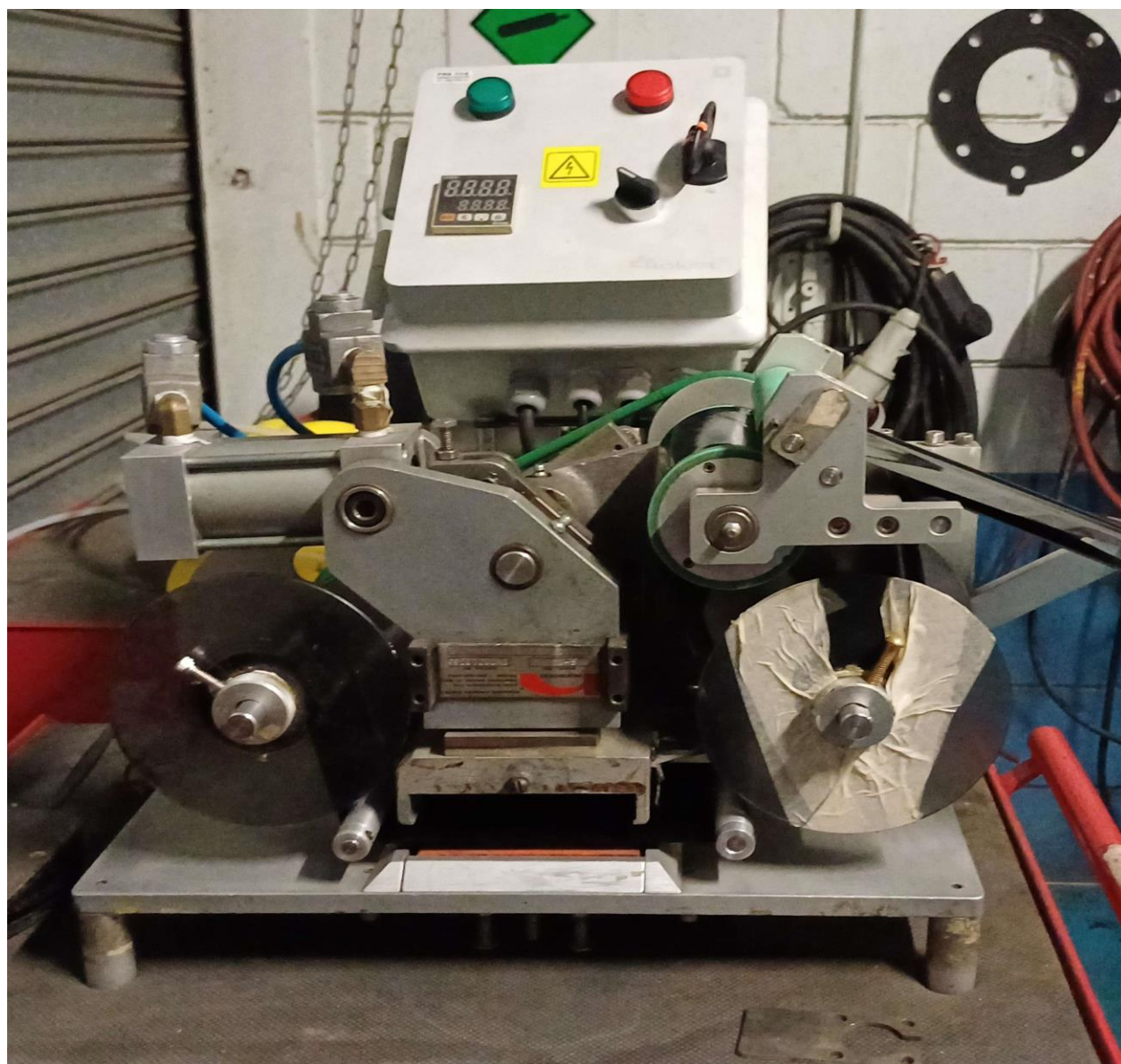
- **Activos:** cualquier herramienta, equipo, propiedad o elemento físico que se utiliza en las operaciones de una instalación y que proporciona algún tipo de beneficio para la entidad.
- **Contratistas (terceros):** son grupos de trabajadores que se contratan a cambio de un precio y se comprometen por realizar una obra o prestar un servicio.
- **Destilador:** equipo que se utiliza para destilar mezclas de líquidos con distinto punto de ebullición, haciendo que estos hiervan y luego enfriando el vapor para condensarlo.
- **Esterilización:** es un proceso que elimina o mata todas las formas de vida microbiana, lo que incluye bacterias, virus, hongos y esporas, de un objeto o superficie.
- **KPI:** sus siglas en inglés, Key Performance Indicator, que en español se traduce como indicador clave de rendimiento, son métricas que se utilizan para evaluar el éxito de una organización, un proyecto o una actividad específica.
- **Mantenimiento predictivo:** es una estrategia que utiliza datos y análisis para predecir fallas en los equipos y procesos antes de que ocurran, lo que permite realizar intervenciones planificadas y evita tiempos de inactividad no deseados.
- **Matriz de criticidad:** es una herramienta que se utiliza en la gestión de mantenimiento para clasificar y priorizar equipos o activos según su importancia y el impacto de sus fallas en la operación de la entidad.
- **Software CMMS:** su traducción es *sistema de gestión de mantenimiento computarizado*. Este sistema, por sus siglas en inglés, es una herramienta que ayuda a las empresas a gestionar de forma centralizada las tareas de mantenimiento, lo que optimiza los procesos y mejora la eficiencia.
- **Stock:** son las cantidades de mercancías o productos que una empresa tiene almacenados en un momento determinado.
- **Sueros:** se refiere a las soluciones que se administran vía intravenosa para tratar la hidratación, corregir los desequilibrios de electrolitos, proporcionar nutrientes y administrar medicamentos.

- **TMEF:** su significado, tiempo promedio entre fallas, es una métrica que se enfoca en el tiempo promedio en el que los equipos operan con plena funcionalidad, sin considerar pequeñas fallas o ajustes que no requieren una parada completa.
- **TMPR:** significado es tiempo medio para la reparación. Este es un indicador clave de mantenimiento que mide el tiempo promedio que tarda un equipo o sistema en ser reparado tras una falla y en volver a estar operativo.

APÉNDICE 1: imagen de impresora tomada de manual



APÉNDICE 2: impresora #4 fuera de servicio



APÉNDICE 3: autoclave #1 fuera de servicio



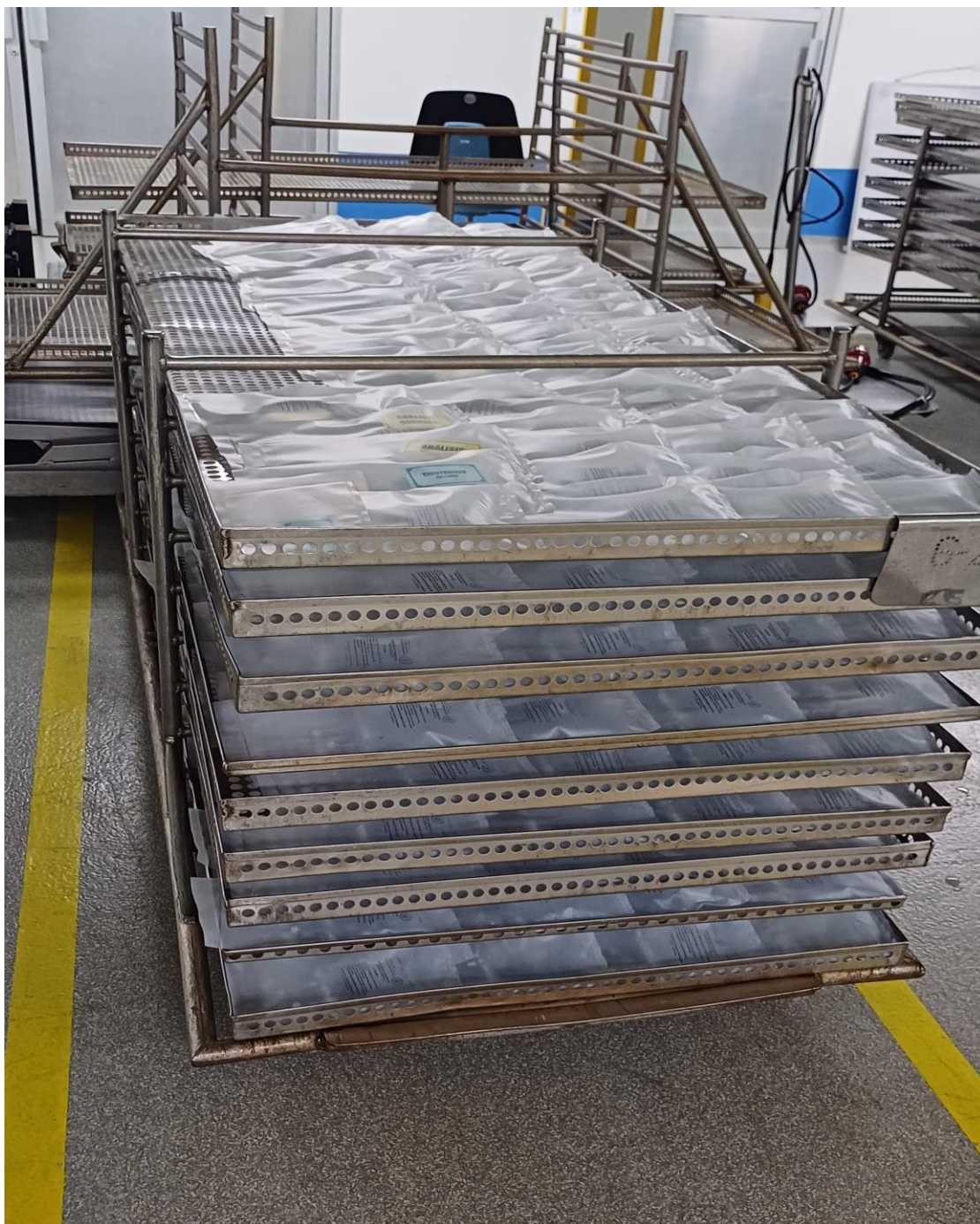
APÉNDICE:4: autoclave #5 fuera de servicio



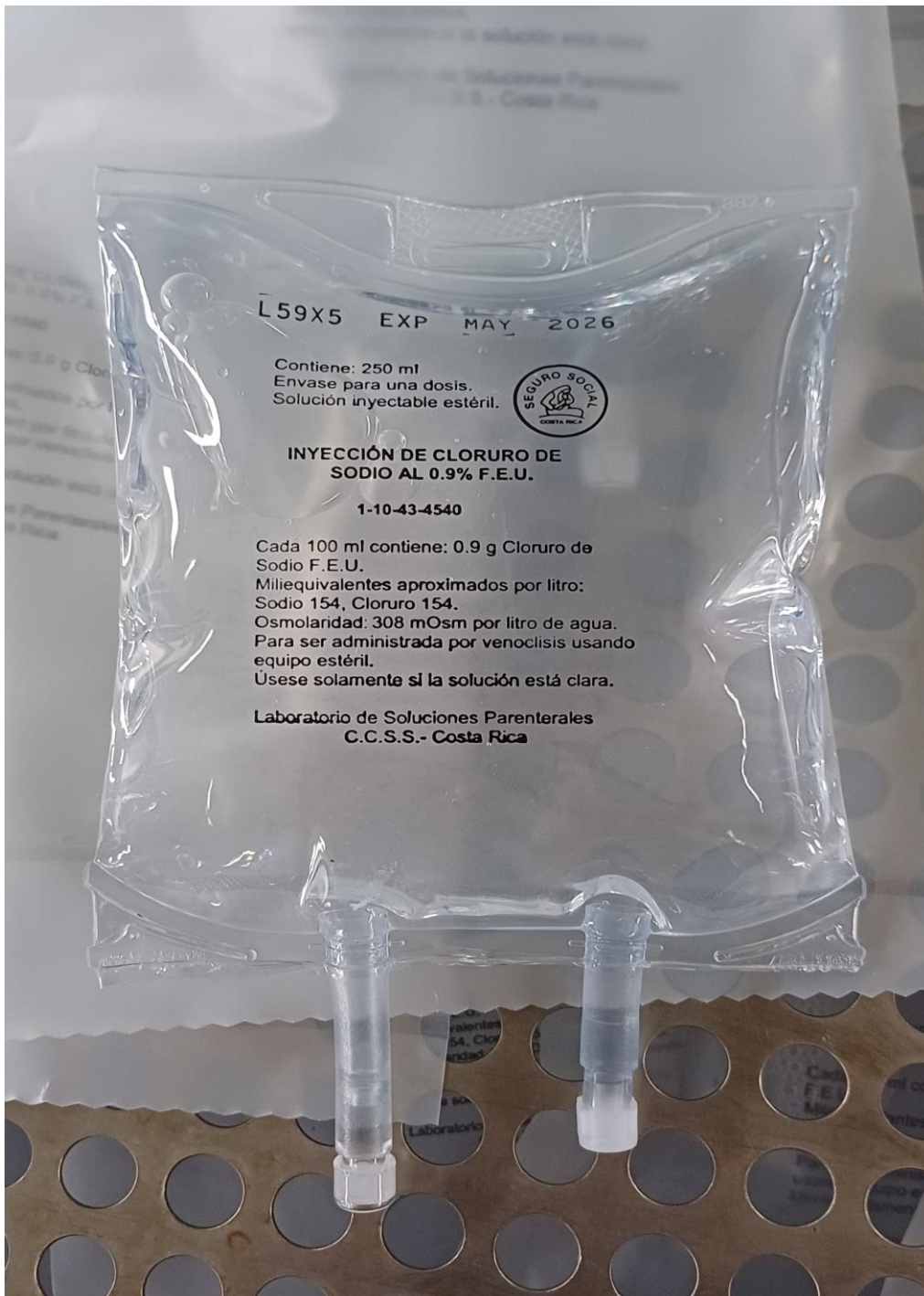
APÉNDICE 5: producción de sueros esterilizados listos para empacar



APÉNDICE 6: carro para ingresar en la autoclave



APÉNDICE 7: bolsa de suero antes de salir a sellado de segunda bolsa



APÉNDICE 8: control y registro de autoclaves

		C.C.S.S		
SUBÁREA DE PRODUCCION		PROCEDIMIENTO LSP-PR-EQ-00 v08	REGISTRO LSP-PR-EQ-00-02	PÁG.: 1 DE 1
CONTROL DE EQUIPOS DE ESTERIZACIÓN Y CARRETILLA ELÉCTRICA				
Operario: <u>K. Calderón</u>		Fecha: <u>28/May/2025</u>	Turno: <u>II Turno</u>	
Ítem	Descripción	Estado		
		CONFORME	NO CONFORME	FUERA DE USO
1.1	Verificar visualmente que los equipos no presenten fugas de agua, aire o vapor en sus tuberías, acoples o válvulas.			
	Autoclave #1			X
	Autoclave #2	✓		
	Autoclave #3	✓		
	Autoclave #4	✓		
	Autoclave #5			X
1.2	Verificar que no se presenten daños en el cableado, conexiones, enchufes o alimentación eléctrica de las válvulas electrónicas, cables sueltos que puedan generar algún desperfecto o falla durante su funcionamiento de los ciclos o procesos.			
	Autoclave #1			X
	Autoclave #2	✓		
	Autoclave #3	✓		
	Autoclave #4	✓		
	Autoclave #5			X
1.3	Verificar la alimentación eléctrica del equipo de cómputo que esté conectado y encendido, así como las impresoras de los registros gráficos, los niveles de tinta y papel.			
	Autoclave #1			✓
	Autoclave #2	✓		
	Autoclave #3	✓		
	Autoclave #4	✓		
	Autoclave #5			✓
1.4	Verificar el estado de la perra eléctrica, niveles de batería, su elevación, el rodaje que todos sus mecanismos funcionen, en caso alguno reportar o informar a mantenimiento para intervención inmediata.			
	Carretilla Eléctrica (857361)	✓		
	Carretilla Eléctrica (957556)	✓		
Revisado por (Jefatura de Producción):		Firma:	Fecha:	

APÉNDICE 9: registro de carga por cada bandeja



CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL
Laboratorio Soluciones Parenterales

ORTE REGISTRO DE CARGA

Partida N°	L60A6 F-1	
Carga N°	6-1	
Fecha	28may2025	
Clave	1-10-50-3035	
Tamaño	250ml	

PUESTO	FIRMA
8	J. Branca
9	M. Gutierrez
10	A. Solas
SUPERVISOR	L. Aguilar
AUTOCLAVERO/AUTOCLAVE	J. Ortiz # 4

Cuento de la Carga (Esterilizador)		
N° Bandejas	N° de Bolsas	
Por bandejas	Por carga	
10	92	920
Total Bolsas por carga		920

Cuento de la carga (Empacador)		
N° Bandejas	N° de Bolsas	
Por bandejas	Por carga	
1	1	1
Total Bolsas por carga		

L60A6 F-1 28may2025

APÉNDICE 10: control de esterilización del 30 de mayo de 2025

		LABORATORIO DE SOLUCIONES PARENTERALES						
SUBÁREA DE PRODUCCIÓN		CÓDIGO PROCEDIMIENTO LSP-PR-EQ-00 v08	CÓDIGO DE REGISTRO LSP-PR-EQ-00-01	Página 1 de 1				
CONTROL DE ESTERILIZACIÓN								
PRODUCTO: Agua esteril		CÓDIGO: 3095	LOTE: L60A9					
VOLUMEN: 500ml		OPERARIO: K. Calderón	FECHA: 30/May/2025					
AUTOCLAVE	CARGA	HORA ENTRADA	HORA SALIDA	Fo OBTENIDO	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	ENTREGADO (Firma)	RECIBIDO (Firma)	OBSERVACIONES
3	P-V	05:40am	07:13am	32.0	120.0	K. Calderón	N/A	
4	P-V	05:45am	07:16am	30.0	121.0	K. Calderón	N/A	
4	1-1	08:40am	10:47am	30.3	120.6	K. Calderón		
3	2-1	09:39am	11:48am	31.0	119.0	K. Calderón		
4	3-1	11:11am	01:20pm	30.7	120.9	K. Calderón		
3	4-1	12:41pm	03:01pm	30.0	119.0	J. Ortiz		
4	5-1	01:56pm	03:49pm	30.9	121.0	J. Ortiz		
3	6-1	03:09pm	05:13pm	31.0	119.0	J. Ortiz		
4	7-1	03:59pm	05:49pm	30.7	120.9	J. Ortiz		
3	8-1	05:33pm	07:44pm	31.0	119.0			
4	9-1	05:59pm	07:55pm	30.9	120.9			
3	10-1	07:59pm	09:57pm	31.0	120.0	P/R Peres		
4	11-1	08:08pm	09:56pm	30.8	120.9	P/R Peres		
4	1-2	10:11pm	12:17am	30.5	120.9	R Peres		
3	2-2	10:17pm	12:36am	31.0	119.0	R Peres		
4	3-2	12:39am	02:36am	30.7	120.9	R Peres		
3	4-2	12:55am	02:45am	31.0	119.0	R Peres		
					UL			

APÉNDICE 11: bitácora de reporte de averías de impresión

124

Cliche 4610 2000ml No hace cinta en todos los máquinas Moja.

28/may/2025 (Luis Herrera) 3085 250

Se ajusta para P112-002 11:00am a 11:10am no a la producción Juallan

28/may/2025 (Luis Herrera)

Se encuentran los papeles en 185 gsm la cual no se está por los papeles se cambia a 180 gsm Juallan

Se produce: 28/may/2025 3440 500ml Luis Herrera

Liliene Aguilar 29/may/2025 50ml 3450

P112-004 no hace cinta se ajusta control de gusto de aire, Moja, 06:30am - 06:40am

Liliene Aguilar 29/may/2025 50 ml 3450

P112-003 Se ajusta proceso Juallan 10:05 a 10:10am Luis Herrera

30/may/2025 500ml 3095

02/jun/2025 (Luis Herrera) 250ml 4540

Se ajusta control proceso 09:20am a 09:30am 200ml

3095) Ray Cardillo 03/jun/2025 3095 500ml

P112-004 Cinta mal colocada. Moja

P112-003 No aplica V Moja

Liliene Aguilar 04/jun/2025 3530 50ml

P112-004 cambio de resistencia y ajuste de aire en Se le da vuelta a posición de pul. Sport 5/Moja

Liliene Aguilar 05/jun/2025 4540 250ml

P112-001 Se realiza ajuste aire y axial se le entrega a Liliene gsm en proceso continuando 09:20am Juallan

Liliene Aguilar 06/jun/2025 3295 500ml

P112-004 recalentó, cambio de control de Temperature Moja

125

09/jun/2025 (Ray Cardillo) 4500 250ml

P112-004 Se realiza reporte gsm no saca bolsa se va en solo ajuste de base por parte supervisor no afecta producción Juallan

Liliene Aguilar 10/jun/2025 3095 500ml

P112-004 recalentó por a taller

Liliene Aguilar 11/jun/2025 4592 1000ml

P112-003 axial P112-002 Corrimiento Moja

Liliene Aguilar 12/jun/2025 3590 500ml

No se entró a reparaciones Moja

Liliene Aguilar 13/jun/2025 4540 250ml

No se entró a asistir por fallas Moja

16/jun/2025 (Liliene Aguilar) 4560 1000ml

P112-002 Se da la ajuste base por parte supervisor Cilda muy arriba impide que la bolsa saliera correctamente Juallan

P112-004 Se ajusta proceso se entregan moja y se le hace la observación supervisor libere de la altura base Juallan

24/jun/2025 (Liliene Aguilar)

Se entregan moja P112-004 con base pasada Juallan 02:20am

Liliene Aguilar 25/jun/2025 3530 50ml 3540 1000ml

3095 500ml) No se entró a impresión repetida axial y ruptura de cinta controlado por Liliene 5/Moja

Ray Cardillo 30/jun/2025 4560 1000ml

Se hace impresión ajuste de control de punto de aire (moja)

Luis Herrera 01/jul/2025 4550 500ml

Se hace impresión y se quedó el punto abajo; se realiza ajuste Moja

P112-004 no hace bien la cinta, se demuestra que el ajuste de plataforma - Cliche (Cliche) está defectuoso, el día 02/07/25 se ajustó impresión por parte de moja Moja

APÉNDICE 12: control para realizar pruebas de impresión

6.13 CONTROL DE PRUEBAS DE IMPRESIÓN (arranque, desayuno, almuerzo, café, paros, rutina inspección)

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA	HORA DE IMPRESIÓN DE LA PRUEBA	RESULTADO DE LA PRUEBA	HORA DE INICIO / RE-INICIO DEL PROCESO DE IMPRESIÓN

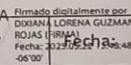
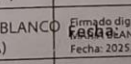
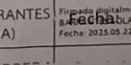
OBSERVACIONES: _____

APÉNDICE 13: cronograma de producción de la semana del 26 al 30 de mayo de 2025

	LABORATORIO DE SOLUCIONES PARENTERALES C.C.S.S.		
	SUBÁREA DE PRODUCCIÓN	Código de Registro: LSP-PR-AD-00-01	Página 1 de 1

PROGRAMA SEMANAL DE PRODUCCIÓN				
PERÍODO:	DEL 26 AL 30 DE MAYO, 2025	VERSIÓN:	1	N° DE PROGRAMA: 04 - 05

FECHA	ORDEN PRODUCCIÓN	CÓDIGO	PRODUCTO	LOTE	TEÓRICO			
					N° CARROS	VOLUMEN	LLENADO	
LUNES 26 DE MAYO	10680	1-10-43-3470	Inyección de Dextrosa al 5% F.E.U.	250 mL	L60A4	24	6 500	22 080
MARTES 27 DE MAYO	10681	1-10-43-3460	Inyección de Dextrosa al 5% F.E.U.	100 mL	L60A5	24	3 500	30 000
MIÉRCOLES 28 DE MAYO	10682	1-10-50-3085	Agua Estéril para uso externo F.E.U. (TINTA ROJA)	250 mL	L60A6	18	9 500	16 560
MIÉRCOLES 28 DE MAYO	10683	1-10-43-3440	Solución de Dextrán 70 al 6% en Cloruro de Sodio al 0,9% F.E.U.	500 mL	L60A7	2	1 000	1 748
JUEVES 29 DE MAYO	10684	1-10-43-3450	Inyección de Dextrosa al 5% F.E.U.	50 mL	L60A8	24	2 000	30 000
VIERNES 30 DE MAYO	10685	1-10-50-3095	Agua Estéril para uso externo F.E.U. (TINTA ROJA)	500 mL	L60A9	22	11 500	20 240
-----	-----	ÚLTIMA LÍNEA	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Programa digitado por:	Ing. Dixiana Guzmán Ingeniera de Planta	Firma:  DIXIANA LORENA GUZMAN ROJAS (FIRMA) Fecha: 2025.05.22 14:43:48
Programa realizado por:	Dr. Gerardo Alvarado Jefe Producción	Firma:  MARIO ALBERTO VEGA QUIROS (FIRMA) Fecha: 2025.05.22 14:43:55
Programa revisado por:	Bach. Mauricio Fernández Jefe Proveeduría	Firma:  MAURICIO FERNANDEZ FALLAS (FIRMA) Fecha: 2025.05.23 08:04:24
	Ing. Germán Mathurín Jefe Ing y Mto	Firma:  GERMAN JEREMIAH MATHURIN PEART (FIRMA) Fecha: 2025.05.23 08:07:45
	Dr. Esteban Zamora Jefe I&D/Validaciones	Firma:  ESTEBAN ZAMORA LOPEZ (FIRMA) Fecha: 2025.05.23 14:02:34
	Dra. Yorleni Esquivel Jefe Control Calidad	Firma:  YORLENI ESQUIVEL ARIAS (FIRMA) Fecha: 2025.05.22 14:02:34
	Dra. Dunnia Blanco Jefe Garantía Calidad	Firma:  DUNNIA MARIA BLANCO MENDEZ (FIRMA) Fecha: 2025.05.22 14:26:48
	Dr. Kenneth Barrantes Regente Farmacéutico	Firma:  KENNETH BARRANTES SOLANO (FIRMA) Fecha: 2025.05.22 16:43:06

APÉNDICE 14: taller de mantenimiento (aplicar 5 s)



ANEXO 1: cotización repuestos de impresoras

		CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL Área Laboratorio Soluciones Parenterales-Reactivos Químicos Cédula Jurídica CCSS: 4-000-042147 Tel: 2239-1422 - Correo: gl_dpi_alsp@ccss.sa.cr			
Orden de Compra N° OC-000206-2024 Concurso N° 2024CI-000243-8202					
Señores:		PROYECTOS Y AUTOMATIZACION P Y A S.A.			
Cédula Jurídica/ Física:		3-101-373211			
Correo electrónico		vrodriquez@pyasa.net , info@pyasa.net			
Código Proveedor CCSS					
Información del Producto o Servicio					
Item	Código Institucional	Descripción de la Mercadería o Servicio	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	8-80-13-0120	Repuestos para impresoras (según cotización 12375)	1	€ 1 686 802,30	€ 1 686 802,30
Valor en letras		Un millón seiscientos ochenta y seis mil ochocientos dos colones con 30/100.		Total	€ 1 686 802,30
Fecha de entrega:		Inmediata, después de notificada la Orden de Compra.			
Lugar de entrega:		Área Laboratorio de Soluciones Parenterales, ubicado en Heredia, Ulloa, costado norte de C3 Cariari Corporate Center (antigua Plaza Real Cariari).			
Horario de entrega:		Lunes a jueves de 6am-12pm y de 1pm - 3pm viernes de 6am - 12pm y de 1pm - 2pm			
Trámite para el Pago de Facturas					
Facturas de Caja Chica			Facturas de Compra Directa Interna		
Para efectos de pago bajo el formato de compra por caja chica, se debe adjuntar a esta orden de compra, la factura comercial con las siguientes características: a) Factura comercial timbrada o autorizada por la Dirección General de Tributación Directa. b) Factura con la fecha del día que se cobra y sin tachones. c) Factura electrónica con la siguiente información: Razón social: Caja Costarricense de Seguro Social (Área Laboratorio de Soluciones Parenterales de la C.C.S.S.) Dirección: Provincia: Heredia, Cantón: Central, Distrito Ulloa, (100 mts este del cruce de San Antonio de Belen, costado Norte de C3 Cariari Corporate Center (antigua Plaza Real Cariari). Email para el envío de la factura electrónica: gluzmanf@ccss.sa.cr d) Factura con la leyenda "CONTADO", de ninguna manera podrá tener la leyenda "CREDITO" de ser así la factura no se cancelará la factura. e) Todo pago por caja chica deberá ser coordinado previamente con la Licda. Gabriela Guzmán Flores Encargada de Caja Chica, al tel: 2239-1422, ext.109 o bien; al correo electrónico: gluzmanf@ccss.sa.cr			Para efectos de pago bajo el formato de compra directa se deben realizar los siguientes pasos: a) Esperar a que la persona solicitante del bien o servicio, le comunique el respectivo recibido conforme del bien o servicio entregado. b) Confeccionar la factura digital, para lo cual se proporciona la siguiente información: Razón social: Caja Costarricense de Seguro Social (Área Laboratorio de Soluciones Parenterales) Dirección: Provincia: Heredia, Cantón: Central, Distrito Ulloa, (100 mts este del cruce de San Antonio de Belen, costado Norte de C3 Cariari Corporate Center (antigua Plaza Real Cariari). c) Email para la factura electrónica: gl_dpi_alsp@ccss.sa.cr. d) Subir la factura electrónica a la oficina virtual de la CCSS, en la dirección electrónica https://aisffa.ccss.sa.cr/afiliacion/ de no subirse la factura la misma no será tramitada. e) Para cualquier duda o consulta sobre la oficina virtual pueden dirigirse al correo electrónico: consulta_facturas@ccss.sa.cr		

Oficentro Plaza Aeropuerto, 1.5 km este del Aeropuerto. Contiguo a Tikal
Alajuela, Teléfono (506) 2435-9091 / 2435-9089
Fax (506) / 2435-9089
info@pyasa.net www.pyasa.net

Nº Documento: 3180

Fecha: 17/12/2024

Datos del Cliente

Contacto: German Mathurin
Compañía: Laboratorio Soluciones Parenterales de la C.C.S.S.
Céd. Jurídica: 400004214703
Dirección:
Correo: qquzmanf@ccss.sa.cr;crm2@pyasa.net;gl_dpl_alsp@ccss.sa.cr

3-101-373211

ORDEN DE VENTA

Condiciones de Venta

Validez de la Oferta: 17/01/2025
Moneda del Doc.: Colón
Condiciones de pago: Contado
Contacto: Víctor Rodríguez M.
Celular:

#	Cantidad	Nro Artículo	Descripción	Tiempo de Entrega	Precio	Total
1	10		Racor Rapido Roscado Recto 1/8-4mm		COL 1,204.20	COL 12,042.00
2	10	31854PCR	Racor Rapido Roscado Recto 1/8-6		COL 1,263.00	COL 12,630.00
3	10	32454PCR	Racor Rapida Roscado Recto 1/8-8mm,		COL 1,527.60	COL 15,276.00
4	10	33054PCR	Acople rapido roscado recto 1/8" a 10mm		COL 1,953.60	COL 19,536.00
5	10	661254PCR	Acople rápido 1/8 a 4mm codo		COL 1,894.80	COL 18,948.00
6	10	661854PCR	Racor Rapida Roscado Codo 1/8- 6mm, Metalicos		COL 1,983.00	COL 19,830.00
7	10	572454PCR	Racor Rapida Roscado Codo 1/8-8mm		COL 2,291.40	COL 22,914.00
8	10	T22101PCR	Acople rapido roscado codo 1/8" a 10mm		COL 3,099.00	COL 30,990.00
9	10	31242PCR	Acople rápido 1/4 a 4mm recto		COL 1,351.20	COL 13,512.00
10	10	31842PCR	Racor Rapido Roscado Recto 1/4-6mm		COL 1,483.20	COL 14,832.00
11	10	32442PCR	Racor Rapida Roscado Recto 1/4-8mm		COL 1,586.40	COL 15,864.00
12	10	33042PCR	Racor Rapida Roscado Recto 1/4-10mm		COL 1,924.20	COL 19,242.00
13	10	T22041PCR	Racor Codo 1/4-4 Polimero		COL 2,130.00	COL 21,300.00
14	10	T22061PCR	Acople rapido roscado codo 1/4" a 6mm		COL 2,173.80	COL 21,738.00
15	10	T22081PCR	Acople rapido roscado codo 1/4" a 8mm		COL 2,379.60	COL 23,796.00
16	10	T22101PCR	Acople rapido roscado codo 1/4" a 10mm		COL 3,202.20	COL 32,022.00
17	20	580212PCR	Manguera de material Sintetico Rigido 6mm (Natural)		COL 2,885.00	COL 57,700.00
18	20	580215PCR	Manguera de material Sint,tico Rigido 8mm (Natural)		COL 4,920.00	COL 98,400.00
19	20	580218PCR	Manguera de material Sint,tico Rigido 10mm (Natural)		COL 6,903.00	COL 138,060.00
20	1	1703853PCR	ElectroValvula Solenoide Festo 5vias G1/4" monoestable		COL 281,920.80	COL 281,920.80
21	1	478815PCR	Unidad de filtro regulador y lubricador de 1/4 con manom		COL 229,023.00	COL 229,023.00
22	1	1703853PCR	Bobina magnética Festo MSFW-110-50/60		COL 38,340.00	COL 38,340.00
23	1	478875PCR	Regulador de Presion 1/4"		COL 88,495.50	COL 88,495.50
24	1	52482PCR	Electroválvula 470 24VDC 4/2		COL 178,281.00	COL 178,281.00
25	3	34260	Set 5 para Actuador tipo 2000, DN 40.		COL 47,690.00	COL 143,070.00

Observaciones		
1. Si la mercadería no se entrega en la fecha acordada queda a juicio de la CCSS su aceptación. 2. Con base en la Ley Fortalecimientos de las Finanzas Públicas (Ley 9635) la CCSS está excenta del impuesto al valor agregado (IVA). Como se indica Título I cap III " No estarán sujetos al impuesto: Los bienes y servicios que venda, preste o adquiera la CCSS".		
Contenido Presupuestario		
Esta compra cuenta con contenido presupuestario asignado mediante solicitud de compra.	N° Solicitud	I&M-097-2024
	N° Partida Presupuestaria	2223
	N° Reserva	V.B. R. Herrera
Autorizaciones		
Elaborado y Revisado por	Solicitado por	Autorizado por
 CONTIENE firmadigital	 CONTIENE firmadigital	 CONTIENE firmadigital
Bach. María Fernanda Venegas Núñez	Ing. German Mathurin Peart	Ing. Randall Herrera Muñoz
Compras	Jefe subárea de Ingeniería & Mantenimiento	Jefe Área