



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Lean Six Sigma para aumentar la capacidad instalada en el servicio de
Mantenimiento Preventivo en una empresa de la industria de Ascensores**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR(ES)

Meza Chuquizuta, Ricardo David
Sanchez Rivas Plata, Marco Antonio

0000-0002-3876-188X
0000-0002-8892-4341

ASESOR(ES)

Llontop Jesús, José Alberto

0000-0002-5852-1269

Lima, 23 de enero de 2023

DEDICATORIA

El presente trabajo de suficiencia profesional está dedicado a Dios por la familia que nos ha otorgado y especialmente a nuestros padres que son nuestro motores y ejemplos para seguir en el transcurso de nuestras vidas

Ricardo Meza Chuquizuta

Marco Sánchez Rivas Plata

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres que nos han inculcado desde pequeños los valores y fortalezas que tenemos, siempre han estado presente en los procesos de nuestras vidas y que nos motivan a ser mejores personas y profesionales.

Ricardo Meza Chuquizuta

Marco Sánchez Rivas Plata

RESUMEN

La empresa de la Industria de Ascensores pertenece al sector de construcción. Se analizó a nivel de América Latina y El Caribe presentando el PBI mundial de los últimos 4 años y la participación del mercado que es del 17.9 %. También se analizó a nivel Nacional el PBI de los últimos 4 años y una participación de 12.5% en el año 2021

Se ha identificado una baja capacidad instalada en los servicios de mantenimiento preventivo por tiempos mayores al estándar de 120 minutos, al analizar las causas principales se visualizó que fueron por falta de estandarización y falta de plan de calibración de los equipos de medición, También se analizó el impacto económico identificando el pago horas extras y penalidad a la Marca KONE

Se aplicó la metodología Lean Six Sigma, en relación a los diferentes enfoques identificados en nuestros hallazgos bibliográficos, siguiendo la estructura DMAIC en conjunto a las herramientas Lean como el Mapa de Flujo de Valor, Pareto, Ishikawa, análisis modal de fallas y efectos (FMEA), para identificar nuestra situación actual, asimismo, se realizó el análisis de capacidad estadístico del proceso, el análisis de varianza ANOVA en cada posible hipótesis para determinar las variables críticas del proceso, y el diseño de experimentos minimizando y estandarizando el tiempo de servicio de mantenimiento.

Se identificó la falta de estandarización del proceso, el cuál tras ser mejorado, el tiempo de servicio de mantenimiento preventivo de 130,72 minutos promedio por servicio de mantenimiento preventivo a 109,85 minutos promedio por servicio de mantenimiento preventivo, asimismo, se minimizó el nivel de variabilidad del proceso de 24 minutos promedio por servicio de mantenimiento preventivo a 11,31 minutos promedio por servicio de mantenimiento preventivo. Se aumenta la capacidad instalada de 700 servicios de mantenimiento preventivos por mes a 769 servicios de mantenimiento preventivos por mes.

Palabras clave: Lean Six Sigma; Disponibilidad de proceso; Ascensores; Diseño de Experimentos

ABSTRACT

The Elevators Industry company that is part of the construction economical sector has registered a 17.9% Gross Domestic Product (GDP) in Latin America and the Caribbean market. This industry only registers a 12.5% Gross Domestic Product (GDP) in Peru. Analysis observed the last 4 years. A low installed capacity has been identified in preventive maintenance services, registering lead times over the 120 minutes benchmark standard, a root cause analysis was executed and main pain drivers were the lack of standardization in the process and the lack of calibration plan for maintenance equipment. In addition, the economic impact was identified on the extra working hours and the headquarter fines over the standard fulfillment service.

Lean Six Sigma methodology was implemented, according to our identified approaches from our research resources findings, including a DMAIC work structure along and Lean tools such as the Value State Map (VSM), Pareto Analysis, Ishikawa Analysis, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), in order to determine the current status analysis. In addition, a statistical capability process analysis was executed, the variance analysis ANOVA to assess all possible hypotheses and identify critical variables of the process and implementing a design of experiments minimizing and standardizing the maintenance service average time.

A lack of standardization in the maintenance process was identified, and as a result of the revised process, the average maintenance service lead time was reduced from 130,72 minutes per preventive maintenance service to 109,85 minutes per preventive maintenance service. Also, the variation lead time of the preventive maintenance service was minimized from 24 minutes per preventive maintenance service to 11,31 minutes per preventive maintenance service. Process Installed capacity was improved from 700 preventive maintenance services per month to 769 preventive maintenance services per month.

Keywords: Lean Six Sigma; Process Capability; Elevators; Experimental Design

U201215158_MARCO ANTONIO SANCHEZ RIVAS PLATA_ Lean Six Sigma para aumentar la capacidad instalada en el servicio de Mantenimiento Preventivo en una empresa de la industria de Ascensores

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	www.gobiernodecanarias.org Fuente de Internet	<1%
5	documentop.com Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Tecsup Trabajo del estudiante	<1%
8	Candia, Gabriela Genesis Olivera Velarde, Gisella Silvana Lombardi Salas, Luis	<1%

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	14
1.1. ANTECEDENTES	14
1.1.1. SECTOR A NIVEL AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	14
1.1.2. SECTOR A NIVEL NACIONAL	16
1.1.3. OBJETIVOS	21
1.2. MARCO TEÓRICO	22
1.2.1. LEAN SIX SIGMA	22
1.2.2. HERRAMIENTAS DEL CICLO DMAIC	24
1.2.3. PARETO	27
1.2.4. DIAGRAMA DE FLUJO DE VALOR (VSM)	27
1.3. MARCO NORMATIVO	29
1.3.1. LEY 29783	29
1.3.2. NORMA EM 070	29
1.3.3. NORMA UNE-EN-81-1	30
1.4. ESTADO DEL ARTE	33
1.5. RELACIÓN DE LOS CASOS DE ÉXITO CON LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN	46
2. CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	48
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	48
2.1.1. MISIÓN	49
2.1.2. VISIÓN	49
2.1.3. CLIENTES	49
2.1.4. PRODUCTOS	50
2.1.5. PROCESOS	52
2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	54

2.2.1.	ANÁLISIS DE PROBLEMA.....	54
2.2.2.	IMPACTO ECONÓMICO.....	57
2.3.	IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS.....	61
2.3.1.	ANÁLISIS DE LAS CAUSAS Y CAUSA RAÍZ	61
2.3.2.	ÁRBOL DE CAUSAS	70
2.4.	DIAGNÓSTICO	71
2.4.1.	PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS.....	71
2.4.2.	ÁRBOL DE OBJETIVOS.....	71
3.	CAPÍTULO III: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	73
3.1.	EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN	73
3.2.	DMAIC	73
3.2.1.	DEFINIR	74
3.2.2.	MEDIR	82
3.2.3.	ANALIZAR.....	96
3.2.4.	MEJORAR	110
3.2.5.	CONTROLAR.....	112
4.	CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA	113
4.1.	VALIDACIÓN FUNCIONAL	113
4.2.	MÉTRICAS - SEMÁFOROS – RESULTADOS.....	116
4.3.	EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO	119
4.4.	EVALUACIÓN DEL IMPACTO NO ECONÓMICO	134
4.5.	CONCLUSIONES	137
4.6.	RECOMENDACIONES.....	138
	BIBLIOGRAFÍA.....	140
	ANEXO 1	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 PBI en América Latina y El Caribe en el periodo 2018-2021	13
Tabla 2 Listado de dispositivos eléctricos de seguridad.....	29
Tabla 3 Tabla de Validación de datos con 1970 incidencias registradas	62
Tabla 4 Tabla de Validación de datos con 1052 incidencias registradas	64
Tabla 5 Tabla de Validación de datos con 598 incidencias registradas	66
Tabla 6 Estatuto de Proyecto	71
Tabla 7 Voz del Cliente	71
Tabla 8 SIPOC del Servicio de Mantenimiento Preventivo	72
Tabla 9 Plan detallado	75
Tabla 10 Plan de Comunicación.....	76
Tabla 11 Plan de entrenamiento	77
Tabla 12 Matriz Causa Efecto	80
Tabla 13 Variables de Entrada y Salida.....	80
Tabla 14 FMEA Actual	81
Tabla 15 Plan de Medición y Gage R&R.....	82
Tabla 16 Técnicos Vs Variable Categórica	94
Tabla 17 Muestreo de 100 datos.....	95
Tabla 18 FMEA Mejorado	97
Tabla 19 Medias Operario	99
Tabla 20 Medias de capacitación en el año	101
Tabla 21 Medias de desorden en el área.....	103
Tabla 22 Tiempo de mantenimiento vs. equipos descalibrados	104
Tabla 23 Secuencia de Actividades	106
Tabla 24 Diseño de Experimentos.....	107

Tabla 25 Diseño de la Matriz	108
Tabla 26 Plan de Calibración Anual.....	108
Tabla 27 Concepto de Capacitación	116
Tabla 28 Costo de Capacitación	117
Tabla 29 Costo del Equipo Lean	117
Tabla 30 Costo Herramientas para el Equipo Lean.....	118
Tabla 31 Costo Herramientas para el Equipo Lean.....	118
Tabla 32 Costo de Estandarización en los próximos 5 años.....	119
Tabla 33 Costo de Plan de Calibración Anual.....	119
Tabla 34 Costo del Proyecto en los próximos 5 años.....	120
Tabla 35 Flujo de Caja Libre Proyectado	121
Tabla 36 Préstamo Bancario.....	122
Tabla 37 Capitalización mensual.....	122
Tabla 38 Arrendamiento Financiero.....	123
Tabla 39 Capitalización trimestral.....	123
Tabla 40 Bolsa de Valores de Nueva York en 20 años	124
Tabla 41 Beta desapalancado - Reporte Estadístico Bloomberg de Damodaran	125
Tabla 42 Coeficiente beta proyectado	126
Tabla 43 Tasa Riesgo País.....	126
Tabla 44 Cálculo de COK	127
Tabla 45 Cálculo de WACC.....	127
Tabla 46 Proyección de Gastos Financieros.....	128
Tabla 47 Depreciación y amortización.....	128
Tabla 48 Expectativas Macroeconómicas de Inflación	129
Tabla 49 Flujo de Caja Proyectado.....	130

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Participación del mercado en América Latina y el Caribe en el 2021	14
Figura 2 Producto Bruto Interno según Sector Económico.....	15
Figura 3 Producto bruto interno según actividad económica en el 2021.....	16
Figura 4 Producto bruto interno en construcción durante el 2018-2021	17
Figura 5 Participación del Mercado del Perú en el 2021.....	18
Figura 6 Esquema para la evaluación de un circuito de seguridad.....	30
Figura 7 Ingreso Trimestral del Periodo 2020 – 2021 (en miles de dólares)	46
Figura 8 Principales clientes en el Periodo 2021.....	48
Figura 9 Tipos de Ingresos en el Periodo 2021	48
Figura 10 Venta por modelo de ascensores en el Periodo 2021	49
Figura 11 Procesos de la Empresa de la Industria de Ascensores	50
Figura 12 Diagrama SIPOC del Servicio de Mantenimiento Preventivo.....	51
Figura 13 Servicios de Mantenimiento Preventivo en el Periodo 2021	52
Figura 14 Horas Planificadas Vs Horas Utilizadas en el Periodo 2021	53
Figura 15 Horas Planificadas y Horas Extras en el Periodo 2021.....	53
Figura 16 Motivos de la Baja Capacidad Instalada en el Periodo 2021	54
Figura 17 Tiempo medio de los Servicios de Mantenimiento Preventivo	55
Figura 18 Error de tiempo medio en el Servicio de Mantenimiento Preventivo.....	55
Figura 19 Costo de Horas Extras en el Periodo 2021.....	57
Figura 20 Nivel de cumplimiento en el Servicio de Mantenimiento Preventivo	58
Figura 21 Impacto Económico en el Periodo 2021	59
Figura 22 Ingresos del Servicio de Mantenimiento Preventivo VS Impacto Económico...	59
Figura 23 Diagrama Ishikawa - Baja Capacidad Instalada.....	61

Figura 24 Diagrama de Pareto - Baja Capacidad Instalada	62
Figura 25 Diagrama Ishikawa - Tiempo de mantenimiento mayor a 120 minutos	63
Figura 26 Diagrama de Pareto - Tiempo de mantenimiento mayor a 120 minutos.....	64
Figura 27 Diagrama Ishikawa - Herramientas inadecuadas o en mal estado.	65
Figura 28 Diagrama de Pareto - Herramientas inadecuadas o en mal estado.....	66
Figura 29 Árbol de Causas	67
Figura 30 Árbol de Objetivos	69
Figura 31 Distribución de etapas del Servicio de Mantenimiento Preventivo	74
Figura 32 Value Stream Mapping (VSM)	78
Figura 33 Diagrama de Bloques	79
Figura 34 Situación Objetivo.....	83
Figura 35 Resumen de Tiempo de Mantenimiento	84
Figura 36 Informe Operario 1.....	85
Figura 37 Informe Operario 2.....	85
Figura 38 Informe Operario 3.....	86
Figura 39 Informe Operario 4.....	86
Figura 40 Informe Operario 5.....	87
Figura 41 Informe Operario 6.....	87
Figura 42 Informe Operario 7.....	88
Figura 43 Informe Operario 8.....	88
Figura 44 Informe Operario 9.....	89
Figura 45 Informe Operario 10.....	89
Figura 46 Informe Grupo 1.....	90
Figura 47 Informe Grupo 2.....	91
Figura 48 Informe Grupo 3.....	91

Figura 49	Dispersión del proceso para tiempo de Mantenimiento	92
Figura 50	Estimación de 5 minutos	93
Figura 51	Diagrama Causa-Efecto	96
Figura 52	ANOVA de Tiempo de Mantenimiento Vs. Operario	98
Figura 53	Gráfica de Intervalos de tiempo de Mantenimiento Vs. Operario	99
Figura 54	ANOVA de Tiempo de mantenimiento vs. Estandarización	100
Figura 55	Gráfica de Intervalos de tiempo de mantenimiento vs. estandarización	100
Figura 56	ANOVA de Tiempo de mantenimiento vs. capacitación en el año	101
Figura 57	Intervalos de tiempo de mantenimiento vs. capacitación en el año	102
Figura 58	ANOVA de Tiempo de mantenimiento vs. desorden en el área	102
Figura 59	Intervalos de tiempo de mantenimiento vs. desorden en el área de trabajo	103
Figura 60	ANOVA de Tiempo de mantenimiento vs. equipos descalibrados.....	104
Figura 61	Tiempo de mantenimiento vs. equipos descalibrados.....	105
Figura 62	Diagrama de Actividades	109
Figura 63	Curva de la potencia para diseño factorial de dos niveles	110
Figura 64	Diagrama de Pareto de efectos estandarizados	111
Figura 65	Gráfica de cubos.....	111
Figura 66	Gráfica Óptima.....	112
Figura 67	Efectos principales para tiempo de Servicio	113
Figura 68	Resumen de Tiempo de Mantenimiento Mejorado.....	114
Figura 69	Resumen de Capacidad de Proceso Mejorado	114
Figura 70	Métricas de Mantenimiento.....	115
Figura 71	Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	131

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

El presente capítulo describe los antecedentes, analizando el sector a nivel de América Latina y El Caribe y en el sector nacional con los objetivos generales y específicos. Luego se desarrollará el Marco teórico con la definición de los términos a través de diferentes autores. Posterior a ellos las principales normativas nacionales e internacionales. Se analizará el estado del Arte con los artículos y/o casos de éxitos.

1.1. ANTECEDENTES

Se analizará el sector a nivel de América Latina y El Caribe, el sector a nivel nacional y los objetivos generales y específicos.

1.1.1. SECTOR A NIVEL AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Según el Banco Mundial (2023) se ha tenido un crecimiento del 6,8% en América Latina y El Caribe, el crecimiento económico es la variación porcentual positiva del Producto Bruto Interno (PBI) de un país durante un periodo determinado.

Tabla 1

PBI en América Latina y El Caribe en el periodo 2018-2021

País	2018	2019	2020	2021
Antigua y Barbuda	6,88	4,86	-20,19	5,27
Argentina	-2,62	-2,03	-9,9	10,26
Aruba	1,27	-2,09	-22,32	-
Bahamas	1,83	1,9	-23,82	13,72
Barbados	-1,03	-0,61	-13,98	1,4
Belice ¹	2,04	1,96	-16,75	9,75
Bolivia	4,22	2,22	-8,74	6,11
Brasil	1,78	1,22	-3,88	4,62
Chile	3,99	0,77	-5,98	11,67

Colombia	2,56	3,19	-7,05	10,56
Costa Rica	2,62	2,42	-4,05	7,58
Cuba	2,25	-0,16	-10,95	-
Dominica	3,55	5,5	-16,6	6,54
Ecuador	1,29	0,01	-7,79	4,24
El Salvador	2,43	2,38	-8,58	10,8
Granada	4,36	0,68	-13,76	5,32
Guatemala	3,32	3,87	-1,52	7,53
Guyana	4,44	5,35	43,48	19,93
Haití	1,67	-1,68	-3,34	-1,8
Honduras	3,84	2,65	-8,96	12,53
Islas Turcas y Caicos	5,61	5,32	-26,78	2,1
Jamaica	1,89	0,89	-10	4,6
México	2,19	-0,19	-8,17	4,8
Nicaragua	-3,36	-3,78	-1,79	10,34
Panamá	3,69	2,98	-17,94	15,34
Paraguay	3,2	-0,4	-0,82	4,2
Perú	3,97	2,24	-10,95	13,35
Puerto Rico	-4,15	1,48	-3,9	-
República Dominicana	6,98	5,05	-6,72	12,27
Saint Kitts y Nevis	2,67	4,8	-14,41	-1,02
San Vicente y las Granadinas	3,05	0,4	-5,31	0,74
Santa Lucía	2,93	-0,06	-20,37	6,6
Suriname	4,95	1,1	-15,91	-3,48
Trinidad y Tobago	-0,71	-0,17	-7,37	-0,99
Uruguay	0,48	0,35	-6,12	4,37
Venezuela	-	-	-	-

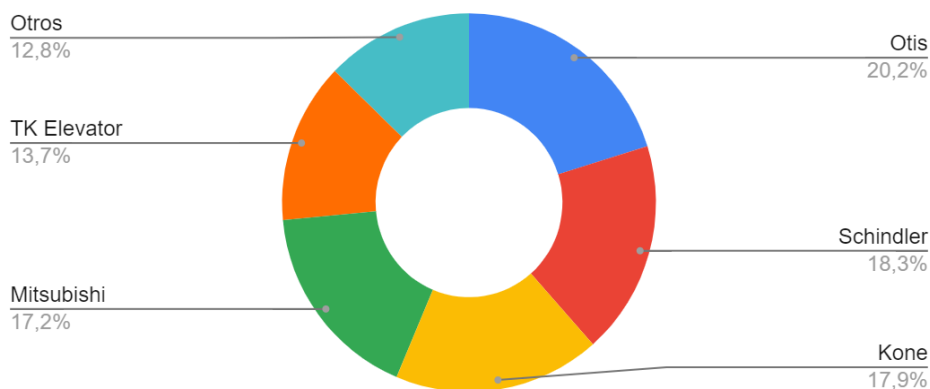
Nota. Adaptado de Banco Mundial (2022). Elaboración propia. (2022)

Como se observa en la Tabla 1 se muestra que en comparación del año 2020 al 2021 se ha tenido un crecimiento en toda América Latina y El Caribe. En el trabajo de suficiencia profesional se tomó las principales empresas de Ascensores en América Latina y El Caribe donde se visualiza la participación del mercado en el año 2021.

Figura 1

Participación del mercado en América Latina y el Caribe en el 2021

PARTICIPACIÓN DEL MERCADO AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE EN EL 2021



Nota. De Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

La Figura 1 representa la participación de mercado en las empresas durante el periodo 2021. La empresa con mayor participación en el mercado es Ascensores Otis con una participación del 20,2%. Seguidamente por la empresa Schindler, con una participación del 18,3%. La empresa Kone, del cual se está realizando el trabajo de suficiencia, se encuentra en un tercer lugar con una participación del 17,9% seguido por las empresas Mitsubishi con una participación del 17,2% y TK Elevator con una participación del 13,7%

1.1.2. SECTOR A NIVEL NACIONAL

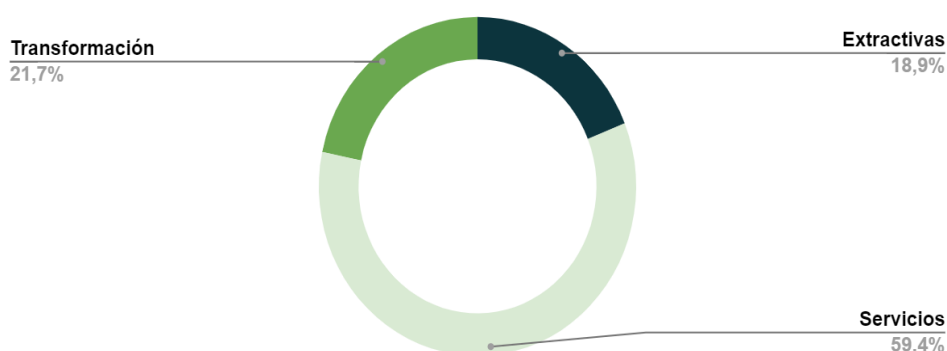
El crecimiento económico denota la variación positiva, expresada en términos porcentuales, del Producto Bruto Interno (PBI) de un país en un período específico. El PBI se compone de los niveles de consumo en diversos sectores industriales y el saldo de la balanza económica (IPE, 2023). Para el año 2022, el PBI del Perú en 2021

ascendió a un total de 551.714 millones de nuevos soles. Al excluir los ingresos derivados de la balanza económica, que totalizaron 51.768 millones de nuevos soles, se obtiene una cifra de 499.945 millones de nuevos soles, representativos de los ingresos generados por los diferentes sectores industriales. Estos sectores se categorizan en industrias de extracción, transformación y servicios (BCRP, 2022). A continuación, se incluye una figura que facilita la visualización de la distribución del Producto Bruto Interno (PBI) según los diversos sectores económicos durante el año 2021.

Figura 2

Producto Bruto Interno según Sector Económico

PRODUCTO BRUTO INTERNO SEGÚN SECTOR ECONÓMICO EN EL 2021



Nota. De Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

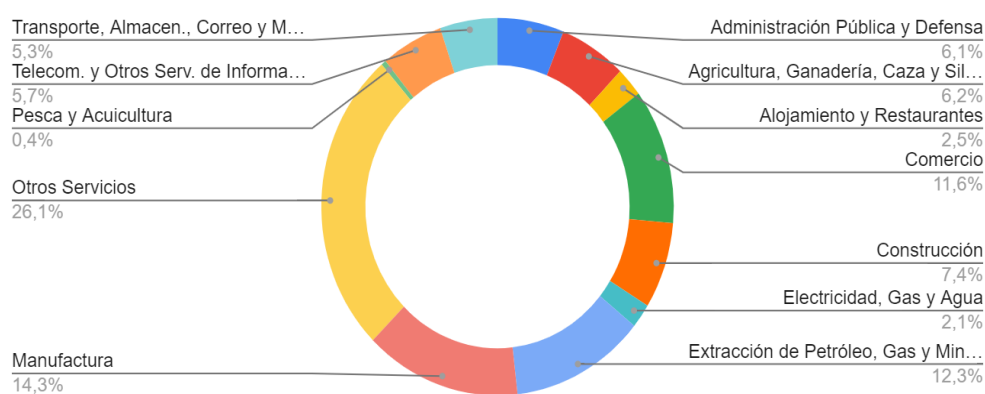
La Figura anterior muestra la relevancia de cada sector económico en el crecimiento nacional. El principal sector económico corresponde a las industrias de servicios, el cual registró el 59.4% (296.726 millones de nuevos soles), las industrias de Transformación registraron una participación de 18.9% (94.580 millones de nuevos soles) y las industrias Extractivas un 21.7% (108.638 millones de nuevos soles) del

PBI durante el periodo 2021. Según el BCRP (2021) los sectores económicos están constituidos por diversas industrias, dichas industrias pueden ser clasificadas principalmente según su actividad económica. A continuación, se inserta un gráfico que muestra el Producto Bruto Interno (PBI) según actividad económica.

Figura 3

Producto bruto interno según actividad económica en el 2021

PRODUCTO BRUTO INTERNO SEGÚN ACTIVIDAD ECONÓMICA EN EL 2021



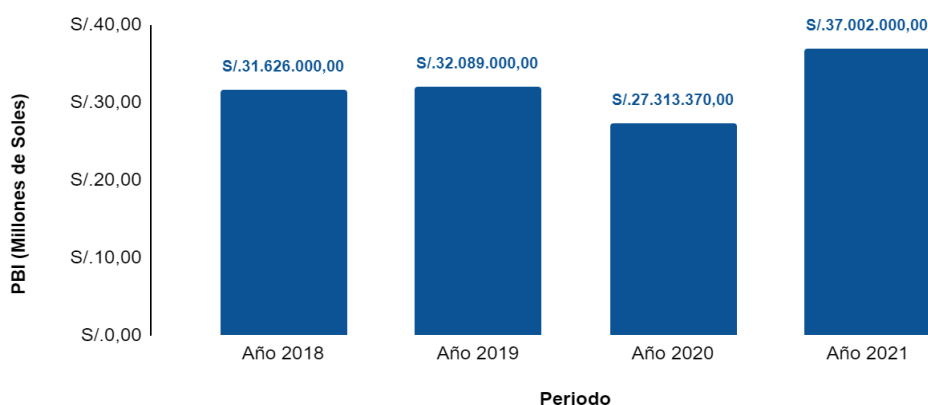
Nota. De Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

La Figura 3 muestra la contribución de las industrias según su actividad económica con el PBI durante el periodo 2021. Las industrias en la actividad económica de construcción registraron el 7.4% del PBI (37.002 millones de nuevos soles) durante el periodo 2021. A continuación, se inserta un gráfico que permite visualizar el comportamiento del sector de Construcción durante el periodo 2018-2021.

Figura 4

Producto bruto interno en construcción durante el 2018-2021

PRODUCTO BRUTO INTERNO DE CONSTRUCCIÓN DURANTE EL 2018-2021



Nota. De Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

La Figura 4 señala el comportamiento de la industria de construcción durante el periodo 2018 – 2021. Durante el periodo 2018 se registró un total de 31.626 millones de nuevos soles, mientras que en el periodo 2021 un total de 37.002 millones de nuevos soles. Las industrias en la actividad económica de Construcción presentaron un crecimiento promedio de 6.00% durante el total de periodos evaluados (2018-2021).

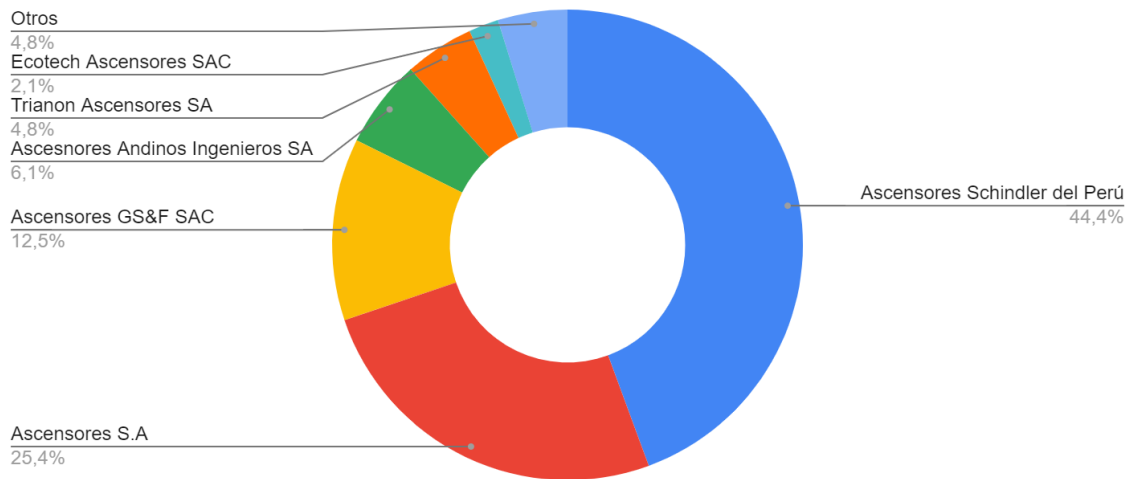
La industria de la construcción genera una demanda dependiente para organizaciones dedicadas al abastecimiento de los materiales, insumos o equipos empleados en la infraestructura. La empresa correspondiente al proyecto de investigación está dedicada a proveer y mantener los equipos de ascensores y escaleras eléctricas para las edificaciones. En la actualidad, hay un número reducido de empresas que comparten una participación considerable del mercado, dentro de estas resaltan

competidores como Ascensores Schindler del Perú SA, Ascensores SA (Otis), Ascensores GS&F SAC (KONE), Ascensores Andinos Ingenieros SA, Trianon Ascensores SA, Ecotech Ascensores SAC, entre otros. A continuación, se inserta un gráfico que permite visualizar la participación de mercado del periodo 2021.

Figura 5

Participación del Mercado del Perú en el 2021

PARTICIPACIÓN DEL MERCADO DEL PERÚ EN EL 2021



Nota. De Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

La Figura 5 representa la participación de mercado en las empresas durante el periodo 2021. La empresa con mayor participación en el mercado es Ascensores Schindler del Perú con una participación de 44,40% del total de equipos instalados durante el periodo 2021. Seguidamente por la empresa Ascensores SA de, la marca Otis con una participación de 25,40% del total de equipos instalados durante el año 2021. La empresa Ascensores GS&F con la representación de marca Kone tiene se encuentra en un tercer lugar con una participación de 12,50% equipos instalados.

1.1.3. OBJETIVOS

1.1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de mejora para aumentar la capacidad instalada en el servicio de mantenimiento preventivo en una empresa de la industria de ascensores utilizando Lean Six Sigma.

1.1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar un análisis sobre las empresas de ascensores en el área de mantenimiento e investigar aplicación de la metodología de Lean Six Sigma

Elaborar el diagnóstico del problema principal para aumentar la capacidad instalada en el servicio de mantenimiento preventivo.

Minimizar el tiempo promedio de servicio de mantenimiento preventivo a un tiempo menor al estándar de 120 minutos y analizar el impacto económico.

1.2. MARCO TEÓRICO

1.2.1. LEAN SIX SIGMA

Según Bloj et al. (2020) la metodología Lean Six Sigma integra dos filosofías de gestión. La filosofía Lean y la filosofía Six Sigma. La metodología Lean Six Sigma combina el enfoque Lean de eliminación de residuos y el enfoque Six Sigma de control estadístico para mejorar la efectividad y costo en los procesos.

Según Quiroz et al. (2022) la metodología Lean Six Sigma es una de las técnicas más esenciales del siglo 21, incluyendo la aplicación en empresas medianas/pequeñas para el desarrollo de ventajas competitivas. Para Sodhi et al. (2020) la metodología ofrece perspectivas de visión óptimas para reducir las brechas técnicas y evaluar el rendimiento de indicadores. Esta metodología es empleada para la toma de decisiones estratégicas para maximizar el valor agregado y minimizar la variabilidad en las características de un proceso, impactando directamente sobre la satisfacción del cliente.

Según Sreedharan y Raju (2016) la metodología Lean es aplicada para mejorar la eficiencia del proceso y la metodología Six Sigma, la cuál es aplicada para mejorar la efectividad del proceso. Ambas metodologías combinadas se refuerzan la una a la otra para optar un método de trabajo holístico. Para Laureani et al. (2010) se emplea la metodología DMAIC para ajustar los parámetros del proceso, integrándose con herramientas Lean, empleando diagramas VSM que permitan visualizar los cambios en el proceso. Esta metodología puede ayudar a las empresas a obtener resultados en

cero defectos y optimizar sus tiempos en soluciones de bajo costo. Según Wang et al. (2022) el Lean Six Sigma es un acercamiento centrado en las personas, el cual permite reducir el error humano mediante el involucramiento de las personas dentro del proceso. El Lean y el Six Sigma son dos métodos compatibles de solución de problemas. Según Klochkov et al. (2019) el lean usualmente empieza con el desarrollo y entendimiento del valor agregado hacia el cliente y lo usa para examinar el proceso al detalle en el diagrama de flujo de valor (VSM). Cuando el VSM identifica los puntos críticos en el proceso, la metodología Six Sigma permite profundizar en un análisis estadístico para definir y cuantificar los tipos de error.

Según Furterer y Smelcer (2007) el Lean Six Sigma es un acercamiento probado y estructurado que ayuda a las organizaciones a reducir el desperdicio y mejorar el flujo de valor. Para Mustapha et al. (2019) en consideración de los diferentes conceptos de la metodología Lean Six Sigma podemos determinar que está compuesta por la combinación de dos metodologías compatibles entre sí, la metodología Lean que permite enfocar los esfuerzos en la búsqueda de valor agregado en las operaciones y la eliminación de desperdicios en un proceso, mientras que la metodología six sigma permite evaluar estadística los comportamientos del proceso y minimizar la variabilidad. De acuerdo con Li et al. (2019) es una excelente herramienta de solución de problemas que enfocan las necesidades y la importancia del valor que determina el cliente con las herramientas lean y el ajuste estadístico para controlar las variables críticas del proceso.

1.2.2. HERRAMIENTAS DEL CICLO DMAIC

Según Quiroz et al. (2022) la metodología DMAIC del Lean Six Sigma provee un acercamiento comprensivo para evaluar las brechas técnicas y obtener beneficios operacionales, se enfatiza el control estadístico del proceso, control de gestión de riesgos, técnicas y/o herramientas Lean. La metodología DMAIC está compuesta por cinco fases.

Según Ahmed (2019) la metodología DMAIC es empleada para definir el problema, medir la extensión del problema, analizar el problema para identificar la causa raíz, buscar soluciones para reducir los efectos de los problemas y finalmente sostener las mejoras realizadas. El proceso DMAIC es un acercamiento de solución de problemas que implementa el Lean Six Sigma. Es un método de cinco fases que son dirigidos a problemas existentes del proceso en base a un método científico.

Para Nandakumar et al. (2020) los diferentes enfoques conceptuales determinan que las herramientas del ciclo DMAIC proporcionan un acercamiento comprensivo para profundizar sobre el problema, es un método de cinco fases que combina las herramientas lean para identificar el problema, medir del problema, determinar la causa raíz y plantear diferentes soluciones en base a un método científico, enfatizando el control estadístico, y la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo.

1.2.2.1. FASE DEFINIR

Según Wang et al. (2022) la etapa de definir consiste en definir el problema, recolectar información del proceso a través del diagrama SIPOC, seleccionar las variables del proceso, identificar los puntos críticos de control, y delimitar los objetivos del proyecto. Según Smętkowska y Mrugalska (2018) la etapa Definir consiste en detallar los objetivos y el estatuto del proyecto, realizar el diagrama de flujo de valor (VSM), así como los límites del proceso, y finalmente identificar los roles y responsabilidades del proyecto con un despliegue de entregables en una línea de tiempo. Tras analizar los diferentes enfoques, la fase Definir consiste en identificar el problema, a través del análisis del proceso, empleando herramientas Lean que permitan delimitar el alcance, el objetivo y variables del proyecto.

1.2.2.2. FASE MEDIR

Según Arafeh et al. (2018) la etapa medir consiste en el desarrollo del modelo de ecuación lineal propuesta. Asimismo, se analiza el desempeño del proceso evaluado con herramientas lean. Seguidamente, se analizan todas las variables y se analiza estadísticamente la capacidad del proceso. Según Quiroz et al. (2022) la etapa medir consiste en analizar la situación actual, asimismo, se debe recolectar información y medir el comportamiento de métricas del proceso. Tras analizar los diferentes enfoques, la fase Medir consiste en recolectar la información, el modelamiento de la ecuación lineal y analizar estadísticamente el proceso.

1.2.2.3. FASE ANALIZAR

Según Guimarey et al. (2021) la etapa analizar se descompone del análisis de resultados estadísticos del estado AS-IS. De forma similar, para Hakimi et al. (2019) la etapa analizar se descompone de identificar y evaluar las causas raíces potenciales, y de generar ideas para la validación de hipótesis. Tras analizar los diferentes enfoques, la fase Analizar consiste en analizar los resultados estadísticos del proceso, generar posibles hipótesis del problema y analizar el comportamiento de estas variables estadísticamente con el problema para validar la hipótesis.

1.2.2.4. FASE MEJORAR

Según Karout y Awasthi (2017) la etapa mejorar consiste en la adaptación de la metodología y herramientas, y diseñar el diagrama de flujo de valor (VSM) mejorado para analizar la reducción de desperdicios. Según Trimarjoko et al. (2020) la etapa mejorar consiste en planificar una implementación a escala completa con el diagrama de flujo de valor (VSM), asimismo, se debe seleccionar y usar las herramientas Lean para eliminar el desperdicio en un diseño centrado en las personas, y finalmente la actualización de métricas de desempeño del proceso. Tras analizar los diferentes enfoques, la fase Mejorar consiste en la adaptación de la metodología y las herramientas Lean, el diseño del diagrama de flujo de valor mejorado.

1.2.2.5. FASE CONTROLAR

Según Quiroz et al. (2022) la etapa controlar consiste en el desarrollo de un plan de control para delimitar especificaciones para el rendimiento del proceso, y tendencias atípicas en la fase final. El panel de ANOVA es diseñado para identificar los indicadores críticos en el proceso, y finalmente se ejecuta un plan de retroalimentación para evaluar la adaptabilidad del modelo. Según Laureani y Antony (2010) la etapa controlar consiste en desarrollar un plan de monitoreo y transferencia de responsabilidades, asimismo, se debe finalizar con la entrega del proyecto terminado. Tras analizar los diferentes enfoques, la fase Controlar consiste en desarrollar puntos de control para monitorear la sostenibilidad de la propuesta mejora.

1.2.3. PARETO

Según Adeodu et al. (2021) el Pareto es una técnica estadística que determina que unas cuantas acciones o procesos contribuyen con la mayoría de un resultado. La información analizada es posteriormente ordenada en barras de mayor a menor o viceversa. Tras analizar los diferentes enfoques, el análisis de Pareto permite segmentar las frecuencias, y explicar que el 80% del problema puede ser solucionado con el 20% de las causas.

1.2.4. DIAGRAMA DE FLUJO DE VALOR (VSM)

Según Adeodu et al. (2021) el mapa de flujo de valor es una herramienta Lean

apropiada para el análisis y diseño del flujo de materiales/información que es requerida para entregar los productos a los clientes. Asimismo, puede contribuir con la reducción de desperdicios durante la producción. El VSM permite entender el estado actual de las operaciones para poder planificar futuros movimientos. El análisis del flujo de valor VSM consiste en definir las expectativas del cliente, diagramar el flujo de valor, luego, analizar los valores correspondiente y finalmente planificar el flujo del valor. Asimismo, se indica que el diagrama de flujo de valor actual debe iniciar con la identificación de desperdicios, y la generación de propuestas de diferentes proyectos para mejorar de acuerdo al objetivo estratégico. Finalmente, el diagrama de flujo de valor futuro debe mostrar claramente la mejora en los indicadores de control del proceso. Según Wang et al. (2022) el diagrama de flujo de valor (VSM) es usualmente realizado en el punto de inicio de todos los proyectos Lean. El diagrama de flujo de valor (VSM) crea líneas de producto, registros de estados actuales, planificación de futuros estados, integrados con canales de proyectos y transformación de actividades industriales.

Según Schretlen et al. (2021) el diagrama de flujo de valor (VSM) es una herramienta importante de la metodología Lean Six Sigma que permite entender el proceso de creación de valor. Tras analizar los diferentes enfoques, el diagrama de flujo de valor permite entender el estado actual de las operaciones, visualizando el recorrido del valor y la capacidad fragmentada del proceso para identificar cuellos de botella y oportunidades de mejora.

1.3. MARCO NORMATIVO

Los equipos de transporte vertical se encuentran regulados las normas internacionales y normas nacionales a continuación, se presentan las principales normativas:

1.3.1. LEY 29783

La ley 29783 se refiere sobre la Seguridad y Salud en el trabajo; además, el Artículo 3 de la Resolución Ministerial N° 260-2016-TR (2016) indican como principio de prevención:

El empleador garantiza, en el centro de trabajo, el establecimiento de los medios y condiciones que protejan la vida, la salud y el bienestar de los trabajadores, y de aquellos que, no teniendo vínculo laboral, prestan servicios o se encuentran dentro del ámbito del centro de labores. Debe considerar factores sociales, laborales y biológicos, diferenciados en función del sexo, incorporando la dimensión de género en la evaluación y prevención de los riesgos en la salud laboral. (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2021).

1.3.2. NORMA EM 070

La norma técnica EM 070 (2019) sobre Transporte mecánico del reglamento nacional de edificaciones hace llamado a la normativa internacional UNE-EN-81-1 (2001), como también indican los componentes de seguridad que tiene los ascensores eléctricos, características y partes de los ascensores como también las consideraciones que se debe tener en el momento de la instalación, mantenimientos de los ascensores o rescates que se ejecuten.

1.3.3. NORMA UNE-EN-81-1

La normativa UNE-EN-81-1 (2001) indica que se ha hecho un estudio de diversos aspectos de los accidentes que puedan producirse en el campo de los ascensores y de los posibles riesgos debidos a:

- Cizallamiento
- Aplastamiento
- Caída
- Choque
- Atrapamiento
- Fuego
- Choque eléctrico
- Fallo de material por daño mecánico, desgaste, corrosión

La norma esta creada para proteger a los usuarios, personal de mantenimiento e inspección y personas que se encuentren fuera de los huecos del ascensor o cuarto de máquinas. En la Tabla 2, se visualiza el listado de dispositivo eléctricos de seguridad los cuales el técnico de instalación y de mantenimiento debe de revisar para un correcto funcionamiento cuando ejecuten sus labores

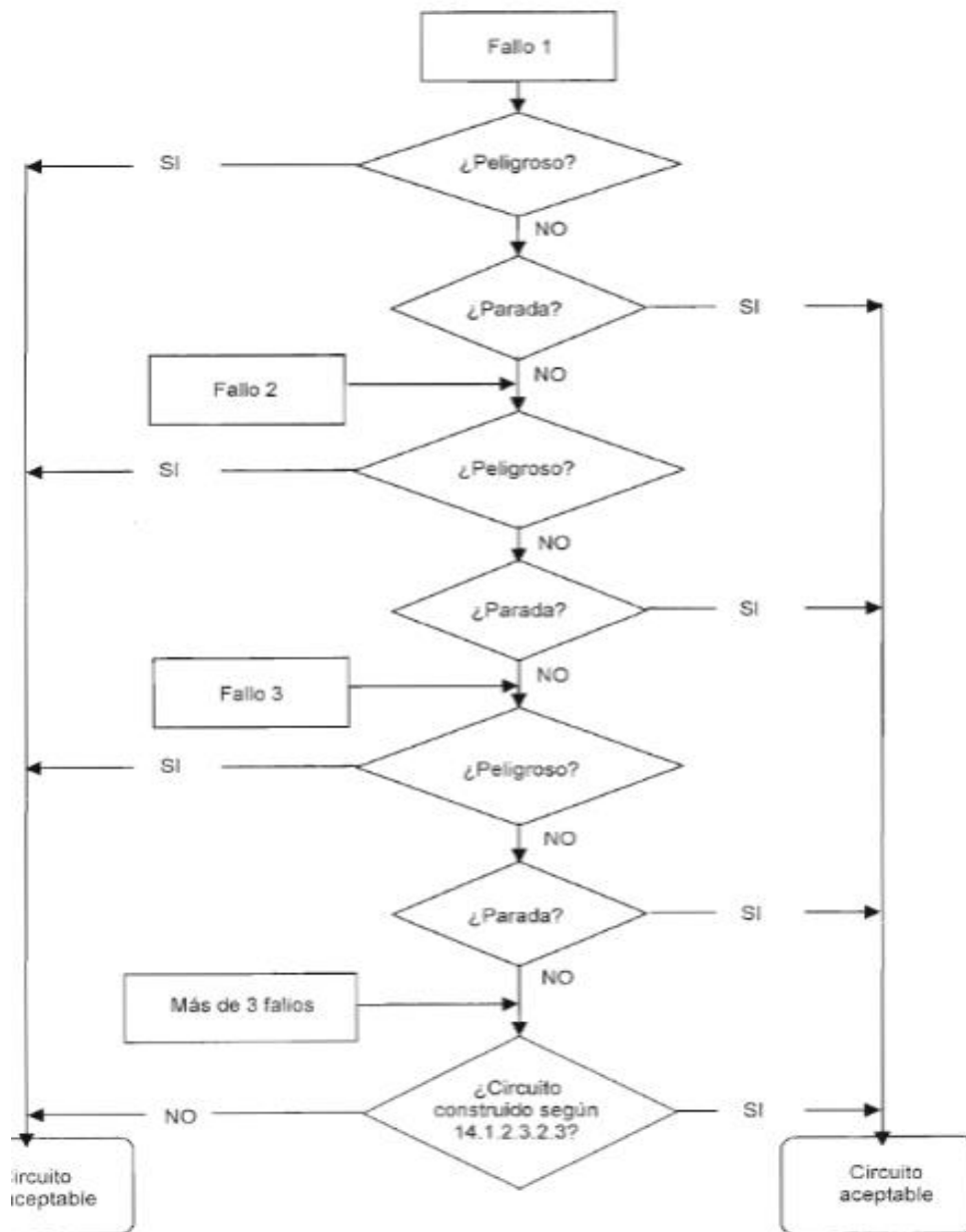
Tabla 2*Listado de dispositivos eléctricos de seguridad*

Apartado	Dispositivos controlados
5.2.2.2.2	Control de cierre de las puertas y trampillas de inspección y emergencia en su posición cerrada
5.7.3.4 a)	Dispositivo de parada en el foso
6.4.5	Dispositivo de parada en el cuarto de poleas
7.7.3.1	Control de enclavamiento de las puertas de piso
7.7.4.1	Control de cierre de las puertas de piso en su posición cerrada
7.7.6.2	Control de cierre del o de las hojas sin enclavamientos
8.9.2	Control de la puerta de cabina en su posición cerrada
8.12.4.2	Control de enclavamiento de la trampilla y puerta de socorro de la cabina
8.15 b)	Dispositivo de parada en el techo de cabina
9.5.3	Control de alargamiento relativo anormal de un cable o una cadena en caso de una suspensión de dos cables o dos cadenas
9.6.1 e)	Control de la tensión de los cables de compensación
9.6.2	Control del dispositivo anti-rebote
9.8.8	Control de actuación del paracaídas
9.9.11.1	Detección de sobrevelocidad
9.9.11.2	Control de retorno del limitador de velocidad a su posición normal
9.9.11.3	Control de la tensión del cable del limitador de velocidad
9.10.5	Control del dispositivo de sobrevelocidad en subida
10.4.3.4	Control del retorno de los amortiguadores a su posición extendida normal
10.5.2.3 b)	Control de la tensión del órgano de transmisión de la posición de la cabina (dispositivos de final de recorrido)
10.5.3.1 b) 2)	Dispositivo de seguridad de final de recorrido para ascensores de tracción por adherencia
11.2.1 c)	Control de enclavamiento de la puerta de cabina
12.5.1.1	Control de la posición del volante móvil
12.8.4 c)	Control de la tensión del dispositivo de transmisión de la posición de la cabina (control de reducción de velocidad)
12.8.5	Control de reducción de velocidad en el caso de amortiguadores de carrera reducida
12.9	Control de aflojamiento del cable o cadena para ascensores de tracción de arrastre
13.4.2	Control del interruptor principal
14.2.1.2 a) 2)	Control de nivelación por medio de un contactor de apertura de circuito y renivelación
14.2.1.2 a) 3)	Control de la tensión del dispositivo de transmisión de la posición de la cabina (nivelación y renivelación)
14.2.1.3 c)	Dispositivo de parada con mando de inspección
14.2.1.5 b)	Limitación del recorrido de cabina con maniobra de puesta a nivel de carga
14.2.1.5 i)	Dispositivo de parada con maniobra de puesta a nivel de carga

Nota. De “Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores”, Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001.

Figura 6

Esquema para la evaluación de un circuito de seguridad



Nota. De “Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores”, Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001.

La norma EN81-1, en el artículo 14, se visualiza el diagrama de fallas que se deben de cumplir con los fallos de circuito de seguridad.

1.4. ESTADO DEL ARTE

1.4.1. ARTÍCULO 1: MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE LEAN SIX SIGMA EN EMPRESAS PEQUEÑAS/MEDIANES DE LA INDUSTRIA PERUANA DE VIDEOJUEGOS

1.4.1.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de Quiroz et al. (2022) presenta un acercamiento innovador para mejorar el rendimiento del nivel de servicio mediante la aplicación de Lean Six Sigma en el proceso de cumplimiento de órdenes en el consumo de un almacén de electrodomésticos. Uno de los principales dolores de estas empresas medianas/pequeñas es el riesgo de que los equipos se vuelvan obsoletos debido a la fragilidad de la industria y los cortos ciclos de vida de los productos. Este proyecto analiza el promedio mensual de reclamos y el porcentaje de devoluciones por productos dañados o en mal estado. Durante el 2020 se retornaron 1130 productos, registrando una tasa de devoluciones de 10.27%

1.4.1.2. OBJETIVOS

Identificar y eliminar los cuellos de botella en las operaciones del almacén y optimizar el proceso de aprovisionamiento actual.

1.4.1.3. PROPUESTA

Durante la primera etapa, definir, se definió el problema, se recolectó información del proceso a través del diagrama SIPOC, se seleccionó las variables del proceso, y se identificó los puntos críticos de control para así delimitar los objetivos.

La etapa medir consiste en el desarrollo del modelo de ecuación lineal de la

propuesta. Asimismo, se analiza el desempeño del proceso evaluado con herramientas de Lean Warehousing como el balance de línea, Poka Yoke, Mapa de flujo de valor, 5S. Seguidamente, se analizan todas las variables y se analiza estadísticamente la capacidad del proceso en Minitab. La etapa analizar se descompone del análisis de resultados estadísticos del estado AS-IS, determinando los flujos de aprovisionamiento a través de una matriz Kraljic, la estimación de la demanda y el control de riesgos a través del FMEA.

La etapa mejorar consiste en la adaptación de la metodología y herramientas 5S para proveer el marco de trabajo de esta particular fase, seguidamente se aplican las técnicas Poka-Yoke y sistemas de inventario FIFO para acelerar el flujo de material, limpieza y métodos de auditoría para minimizar desperdicios, una vez determinado el marco de trabajo 5S, y se diseña un diagrama de flujo de valor (VSM) mejorado para analizar la reducción de desperdicios.

La etapa Controlar consiste en el desarrollo de un plan de control para delimitar especificaciones para el rendimiento del proceso, y tendencias atípicas en la fase final. El panel de ANOVA es diseñado para identificar los indicadores críticos en el proceso, y finalmente se ejecuta un plan de retroalimentación para evaluar la adaptabilidad del modelo con los trabajadores en el almacén.

1.4.1.4. RESULTADOS

La implementación de la metodología mostró resultados satisfactorios y es una solución costo efectiva para las empresas medianas y pequeñas de la industria. En la fase Definir, se identifican elementos vitales del proceso, para luego evaluar las

variables y métricas, como el rendimiento del nivel de servicio para proveer un avistamiento claro del problema. En la fase Analizar, se identifican las mudas y desperdicios lean, a través de un diagrama C & E y el análisis de datos no normales que expliquen el comportamiento estadístico del proceso. Seguidamente, el desempeño del producto con la matriz Kraljic y se identificó las tendencias de la demanda mediante el método Winter. En la fase de Mejorar, se minimizan las mudas y desperdicios, por lo que se aplican herramientas de ingeniería como el Poya-Yoke, metodología 5S. Se diseñaron rótulos QR para el control de ingresos y salidas de activos para determinar la rotación en el flujo de movimientos y ordenar el posicionamiento de los productos de acuerdo al tiempo de permanencia en el almacén y rotulados con etiquetas FIFO para evitar errores durante el picking. Se concluyó la fase con la auditoría 5S del proceso y el diseño del nuevo mapa de flujo de valor (VSM).

En la fase de Control se diseñó y documentó planes de control que permitan a la empresa monitorear el rendimiento crítico del proceso. Los resultados estadísticos demostraron una mejora del nivel sigma de 2.38 con una tasa de rendimiento de 80% a un nivel sigma de 3.18 con una tasa de rendimiento de 94.39%. La capacidad de proceso mejoró de 0.29 a 0.56 y la cantidad de productos retornados se redujo de 10.27% a 8.70%, el tiempo de ciclo se redujo de 38.71 a 26.30 minutos por orden, mejorando el rendimiento de nivel de servicio en 56.0% a 62.7%

1.4.2. ARTÍCULO 2: IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SIX SIGMA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE PAPEL

1.4.2.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de Adeodu et al. (2021) buscó la implementación de la metodología Lean Six Sigma para evaluar la productividad y los desperdicios de manufactura en la línea de producción de una empresa en la industria de papel. El método muestra como el lean six sigma es utilizado para evaluar el proceso productivo existente en una empresa de papel enfocado en la productividad y los desperdicios de manufactura. El presente estudio es considerado como un problema de insatisfacción al cliente. La metodología fue seleccionada debido a la flexibilidad en el diseño, permitiendo análisis cuantitativos y cualitativos.

1.4.2.2. OBJETIVOS

Se espera mejorar la eficiencia del proceso productivo, mejorar el tiempo de entrega, mejorar el tiempo Takt, reducir el número de disconformidades en los productos, mejorar el % de disponibilidad de las máquinas en el proceso productivo.

1.4.2.3. PROPUESTA

El método muestra como el lean six sigma es utilizado para evaluar el proceso productivo existente en una empresa de papel enfocado en la productividad y los desperdicios de manufactura. El presente estudio es considerado como un problema de insatisfacción al cliente. Se presentó el mapa de flujo de valor actual del proceso productivo sesgado por el tiempo de actividades que generan valor y actividades que

no generan valor. Asimismo, se determinó la eficiencia del ciclo del proceso, el tiempo medio de operación y el tiempo Takt. Se determinó la eficiencia del ciclo del proceso actual de 23.4% en actividades que generan valor por 10130 segundos, el tiempo en actividades que no generan valor 33070 segundos, en un tiempo de ciclo total de 43200 segundos. Se determinó el tiempo Takt de 4.11 segundos por pieza, de acuerdo a la cantidad de tiempo disponible de su capacidad instalada. Se observaron tres grandes desperdicios en la línea de producción por productos no conformes, pérdidas de tiempo, y los desplazamientos en el área de trabajo.

Se estimó la cantidad de productos no conformes basadas en el estándar de conformidad six sigma, identificando que la sección de impresión muestra el nivel más alto de incumplimiento en el proceso con una brecha de 29840 piezas por millón. Se estimó el porcentaje de tiempo no funcional de la línea de producción por 32.64%, lo cual es un tercio no utilizado en el ciclo de producción. Se analizaron los resultados del tiempo no operativo de la línea de producción en un Pareto en el cual se determinó que el desalineamiento de una placa de tinta del equipo de impresión contribuye en 80-90% al tiempo no operativo de la línea total de producción. Se analizó la cantidad de trabajadores en la línea de producción de 33 y se identificó que el área de impresión contiene la mayor cantidad de trabajadores con un número total de 6. Se implementó las herramientas Lean en la línea de producción como Kanban, Poka-Yoke, 5S y se diseñó un nuevo mapa de flujo de valor (VSM) con el proceso mejorado.

Se estimó la eficiencia del ciclo de producción mejorado en la línea de producción de 25115 segundos, con un 40% de tiempo en actividades que generan valor. Se

estimó el tiempo Takt del proceso mejorado de 4.71 segundos por pieza. Se estimó la cantidad de productos no conformes del proceso mejorado con un nivel de conformidad aceptable menor a 340000 piezas por millón. Se estimó el tiempo no operativo de la línea de producción en el proceso mejorado con 10.9%. Se realizó un análisis de brechas técnicas en el proceso presentados en un diagrama de Ishikawa mostrando las causas raíz trabajadas durante el proyecto.

1.4.2.4. RESULTADOS

La eficiencia del ciclo del proceso aumentó del 23% al 40%, reduciendo la cantidad de actividades que no generan valor al proceso, excediendo y cumpliendo el estándar de la empresa del 25% con la implementación de Kaizen y trabajo estandarizado. Se redujo el nivel de tiempo no operativo del proceso de 32.6% a 11% y se determinó el personal necesario en el balance de línea, reduciendo un total de 33 a 16 empleados mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma. El tiempo takt fue mejorado de 4.11 a 4.71 segundos por pieza, el bajo tiempo Takt responde a tres factores en el cambio de turnos de trabajadores, tiempos de almuerzo, y paradas planificadas. Estos 3 tiempos no estaban bien planificados aumentando la ineficiencia del proceso y el tiempo en actividades que no agregan valor al proceso.

1.4.3. ARTÍCULO 3: LEAN SIX SIGMA CON DIAGRAMA DE FLUJO DE VALOR EN INDUSTRIA 4.0 PARA EL DISEÑO DE ESTACIONES DE TRABAJO ENFOCADO EN LAS PERSONAS

1.4.3.1. INTRODUCCIÓN

La investigación de Wang et al. (2022) se propuso el desarrollo de modelo mejorado basado en la metodología DMAIC con VSM 4.0 para una empresa fabricante de

camiones de cadena de frío, y mejorar el diseño de la estación de trabajo de picking con un acercamiento centrado en las personas.

1.4.3.2. OBJETIVOS

Mejorar la tasa de rendimiento del proceso de picking en la estación de trabajo.

1.4.3.3. PROPUESTA

Durante la fase Definir, se analizó el proceso de picking actual y las estaciones de trabajo actual en las 3 líneas de producción. Asimismo, se identificó los desperdicios del proceso en el cambio de actividades de los operarios en el proceso de picking, el cual requiere 1/10 de su tiempo ciclo total. Se diseñó un diagrama de flujos de valor (VSM) y se identificó que, si el espacio y desperdicio de las tres líneas de producción es usada más eficientemente, la fábrica podría mejorar sus tiempos y su espacio útil de capacidad de planta, asimismo, podría mejorar la calidad de los productos y reducir el inventario. El espacio podría ser empleado para añadir nuestras estaciones de trabajo y agregar trabajadores en la línea de ensamblado. La duración del proyecto es de 21 días e incluye todas las fases del DMAIC en la creación de nuevas estaciones de trabajo. Se define el desplegable de entregables para el proyecto distribuido por fases del DMAIC.

Se recolecta la información y se identifican los defectos no son producto del nivel de calidad, debido a que eran solucionados en un tiempo menor a una semana y no generaban un impacto significativo en el servicio. Sin embargo, aún se tenía la disconformidad del cliente hasta que el producto esté disponible para el uso. Se analizaron los últimos 3000 operaciones y se determinó que el 97.8% de kits defectuosos se debían a partes faltantes (76%), no identificables (18%) y partes

defectuosas (6%). Se analizó las estaciones de trabajo de cada línea de producción y se identificó que el operador usa movimiento de mano (1.7) para viajar desde su estación de trabajo hasta la estación de picking, este desplazamiento desperdicia tiempo, reduce la productividad y la concentración del operador. Asimismo, se identificó que el trabajador tenía que elegir partes (4), lo cual es ineficiente, ya que obliga al operador comparar 4 veces con el panel estándar de materiales, otro gran problema era el mal rotulado (6), debido a que la estación de trabajo estaba llena de rótulos por diferentes productos y era un trabajo de alta concentración, y finalmente, el traslado debido a la falta de inventario, por cada 200 kits de producción, ocurría 8 traslados, el operador debe interrumpir su trabajo y concentración para obtener el material faltante del almacén, en un traslado de 2 minutos.

Durante la fase Analizar, se recolectó la información y se determinaron las causas raíz. Se propuso cinco hipótesis que den respuesta al problema, y seguidamente se analizó las causas mediante el método de los cinco porqués para cada hipótesis. Durante la fase Mejorar, se trasladó las estaciones de trabajo con mayor distancia de la línea de producción, simplificando el flujo de materiales para mejorar el proceso de picking se diseñó una cartilla gráfica con las imágenes de las piezas, resaltadas por colores y símbolos diferentes fácilmente identificables para que los rótulos sean asignados correctamente. Asimismo, se estableció una bandeja de metal de trabajo con la cartilla gráfica para que el operador pueda identificar el cumplimiento de todas las piezas del kit. Luego, se separaron las cajas por ubicación y tamaño (pequeño, mediano, grande), según la frecuencia (muy frecuente, frecuente, raro) en que estas eran abastecidas, eliminando el desplazamiento innecesario ya que todas las cajas estarían al alcance del operador en el área de trabajo.

Se implementó las tarjetas Kanban para regular el consumo de los productos en un sistema FIFO, solicitando tarjetas de producción con sus necesidades. Otro gran cambio de mejora fue el uso de escaneados del código de barras de las tarjetas Kanban para imprimir el rótulo correspondiente y así evitar el mal rotulado en los productos. Durante la fase Controlar, se evalúa el desempeño de las estaciones de trabajo, así como la retención del conocimiento de la metodología y se desarrolla el plan de adaptación futuro. En esta etapa a pesar de haber obtenido la eficiencia adecuada con 3 horas por día y 3 días por semana, la capacidad de trabajo no cubría la demanda actual por lo que la empresa decidió alterar la propuesta a 4 horas por 4 días a la semana. Durante las primeras dos semanas, solo se presentaron errores por confusión de rótulos, piezas desordenadas o materiales insuficientes. Una vez corregidos los errores, los siguientes cuatro meses no presentaron ningún error, incrementando la eficiencia del proceso de 98% a 100%.

1.4.3.4. RESULTADOS

Se mejoró el espacio disponible en planta de 11m² a 8m². Se mejoró la tasa de rendimiento del proceso de 98% a 100%. Se redujo la cantidad de inventario no utilizado en un total de 40%. Se determinó el tiempo de ensamblado en la línea productiva por 63 segundos por unidad. Se difundió la cultura enfocada al cliente, por la creación de generar valor en función a la voz del cliente y los dolores identificados del proceso, se desplegó una mentalidad de para cada trabajador clave en la reingeniería del proceso de negocio.

1.4.4. ARTÍCULO 4: REDUCIR LA CANTIDAD DE CANCELACIONES QUIRÚRGICAS: UN CASO EXITOSO DE LA APLICACIÓN DEL LEAN SIX SIGMA EN EL SECTOR DEL CUIDADO DE LA SALUD

1.4.4.1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de Schretlen et al. (2021) muestra la reducción de la cantidad de cancelaciones por citas quirúrgicas cardíacas en el centro médico de la universidad Maastricht de Holanda, con 5500 empleados, 715 camas y 26 ORs, donde aproximadamente el 20% de citas son canceladas, lo cual representa un impacto económico de 12000 euros por caso.

1.4.4.2. OBJETIVOS

Reducir el nivel de cancelaciones quirúrgicas 24 horas antes de la fecha programada en al menos 50% y aumentar el nivel de puntaje neto de promotor (NPS).

1.4.4.3. PROPUESTA

El proyecto inicia con la formación del grupo multifuncional de trabajo. El equipo participó en una capacitación para el entendimiento de los cinco principios Lean (definir valor, diagramar el flujo del valor, crear el flujo, establecer sistema reactivo pull, y perseguir la perfección) y el uso de herramientas Lean. El proyecto siguió el proceso DMAIC. Durante la fase Definir, se identificó y se delimitó el alcance del proyecto. Durante la fase Medir, se debe entender y diagramar la línea base de capacidad. Se identifican 60 cuellos de botella durante el proceso, los cuáles podrían explicar la cancelación de las citas quirúrgicas 24 horas antes de la fecha planificada. Estas posibles causas de cancelación de las citas quirúrgicas son luego

cuantificadas en un análisis Pareto, en el que se determina que el 86% de cancelaciones es explicado en 74 citas previas con demora que no permitieron ingresar al cliente a su cita programada (48%), 40 citas en las que el cliente no estaba preparado (27%), 18 citas por falta de capacidad de camas UCI (11%), 14 citas por complicaciones médicas (9%), por 5 citas de cardiología no disponibles (4%) y 2 citas por cambio en el plan de tratamiento (1%).

Durante la fase Analizar, se debe identificar la causa raíz del problema empleando herramientas como el diagrama de flujo de valor (VSM), Análisis de Pareto, y los cinco por qué. Los más importantes cuellos de botella identificados en el diagrama de flujo de valor, y el análisis Pareto son analizados con el método de los 5 por qué. Se determina que, para el cuello de botella por preparación incompleta del paciente previo a la cirugía, es explicado por falta de documentación importante para la evaluación, falta de información del paciente, agenda ocupada del equipo de cardiología y a exámenes con diagnósticos obsoletos. Asimismo, se identifica que el cuello de botella perioperatorio, se debe a la falta de disponibilidad del paciente por la extensión de su cita previa muy cercana a su siguiente cita programada, el cuál es causado por una planificación inadecuada, o inicios tardíos de la cita, y finalmente el cuello de botella de postoperatorio, se explica por la incapacidad de despedir a los clientes efectivamente hacia el centro de referencia, la clínica de rehabilitación, enfermería o de vuelta a su hogar.

Durante la fase Mejorar, se debe diseñar la nueva normalidad del proceso y profundizar en el cambio de método de trabajo en función a la priorización de contramedidas. Para el cuello de botella de la fase preoperatoria, primero, se

determinó una hoja de verificación administrativa con casillas para marcar cada documento necesario con la finalidad de asegurar que el paciente cumpla con todos los requerimientos del equipo de cardiología. Asimismo, se incluyó una secretaria en el equipo de cardiología para organizar la planificación de citas y no saturar la agenda de los especialistas de salud. Dichas contramedidas eliminaron el tiempo en la búsqueda de información histórica del paciente durante la cita quirúrgica, y se reforzaron las instrucciones de preparación del paciente. Segundo, se estableció un centro de información para las visitas de hospital, en el cual se explicaba toda la información y documentación requerida para la admisión hospitalaria, las citas eran programadas posterior a la solicitud de información, de esa forma se establecía un sistema de trabajo pull y se prevenía la programación de más de una cita dentro de un rango de 6 semanas.

Para el cuello de botella de la fase perioperatoria, primero, se determinó que para evitar que una cita programada se vea afectada por una cita extendida subsecuente, se categorizan los tipos de operación de acuerdo a su duración predictiva de la cirugía, la cual considera características como complejidad del procedimiento, las características del paciente, agregando un tiempo mínimo de desfase entre cada cita, el espacio era separado para citas quirúrgica de emergencia. Segundo, se estableció una iniciativa Kaizen en la que se determina que el inicio de las operaciones quirúrgicas sólo podía efectuarse si es que el equipo completo de la operación estaba presente, lo cual forzó al equipo a llegar a la hora programada, verificar que los materiales y herramientas necesarias estén completas, y discutir posibles cuellos de botella o desafíos, evitando así el inicio tardío de la operación. Tercero, el desarrollo de la cultura Lean, el constante análisis de diferentes perspectivas

permitió unificar el conocimiento fragmentado del proceso, orientando a los trabajadores a tener un enfoque basado en las necesidades del cliente. Cuarto, soporte de alta dirección permitió autorizar el uso de horarios extendidos y pago de horas extras en caso de cirugías de emergencia.

Para el cuello de botella de la fase post operativa, primero, se garantiza la capacidad de camas UCI, se firmó el acuerdo de incorporar 4 camas UCI adicionales en la línea base de capacidad. Segundo, se incorporó un sistema de flujo simplificado, para reducir el tránsito de pacientes, dirigiendo a los pacientes directamente a la unidad de rayos X en MCU posterior a la cirugía, en caso de no ser necesario pasar por la unidad de cuidados intensivos (UCI), tercero, se implementó una plataforma tecnológica que permitía monitorear el despedido rápido de pacientes e identificar la capacidad disponible de camas UCI rápidamente. Durante la fase Controlar, se debe sustentar la estimación del beneficio y medir la nueva capacidad del proceso. Se implementó las contramedidas, cuadros de control con métricas críticas.

1.4.4.4. RESULTADOS

Se redujo el nivel de cancelaciones quirúrgicas en un 50%, reduciendo del total de 16 a 8 intervenciones canceladas por mes. Asimismo, se redujo el nivel de defectos por millón (DPMO), iniciando con un nivel inicial de 190,476 DPMO y finalizando con un nivel de 95,328 DPMO. Luego, se mejoró el nivel Sigma inicial de 2.4 a un nivel sigma post intervención de 2.8, y finalmente se mejoró el nivel de satisfacción del cliente (NPS) de un 14% (n=399) a un nivel de satisfacción del cliente (NPS) de 28% (n=546). Se mejoró la cultura de la organización y el tiempo de despido de pacientes de 10.5 días a 9.8 días promedio por paciente, lo cual representa un

aumento en la disponibilidad en hasta 600 días de hospitalización cada año. Al aumentar la capacidad del proceso, se obtuvo un incremento de 96 posibles operaciones quirúrgicas al año, lo cual representa \$1.15 millones en ingresos adicionales.

1.5. RELACIÓN DE LOS CASOS DE ÉXITO CON LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El primer artículo nos muestra que la implementación de la metodología Lean Six Sigma responde a la aplicación de las fases DMAIC. La fase Definir es relevada con el diagrama SIPOC, el diagrama de flujo de valor, variables críticas del proceso y la delimitación del alcance del proyecto. Se hace énfasis en la gestión de riesgos identificados en la herramienta FMEA, para asegurar la sostenibilidad de la propuesta. Asimismo, se muestra la importancia del diagrama visual del flujo de valor en la identificación de cuellos de botella, se analiza estadísticamente la capacidad del proceso y se identifica el comportamiento y relevancia de las variables estadísticamente con la prueba de ANOVA.

El segundo artículo nos muestra un acercamiento diferente de la aplicación de la metodología, ya que no se presenta un estatuto de un lineamiento DMAIC, sin embargo, sigue los procesos lógicos de definición del problema, recolección de información, enfocados en la separación de actividades según el valor que generan, intentando minimizar el tiempo que no genera valor para optimizar el rendimiento del tiempo de ciclo. Asimismo, se despliegan herramientas lean para el balance de línea productiva y la nueva distribución de trabajadores por estación de trabajo. El tercer artículo permite visualizar la implementación de la metodología Lean Six Sigma a través de los lineamientos DMAIC, el cuál inicia con la delimitación del alcance del

proyecto, las variables y definición del problema. El proyecto pone énfasis en el diagrama de flujo de valor como herramienta Lean clave para identificar los cuellos de botella y el rendimiento de las estaciones del flujo productivo. Asimismo, el proyecto vincula la excelencia operativa con el nivel de servicio o satisfacción del cliente, identificando los dolores del proceso con el método de cinco por qué y su relación con las disconformidades del proceso. Se logra eliminar las actividades ineficientes de desplazamiento y se diseñan estaciones de trabajo orientadas a un enfoque de personas que permitan minimizar el error de picking con ilustraciones de las piezas en cada estación de trabajo para verificar el cumplimiento de la orden y el rotulado correcto de las piezas. El cuarto artículo evidencia el uso de la metodología Lean Six Sigma con los lineamientos DMAIC, con el enfoque en la identificación de cuellos de botella como conductores de problemas, se analiza cada cuello de botella con los cinco por qué y el análisis pareto de frecuencias para determinar la criticidad y orden de implementación. Se logra vincular un indicador de satisfacción al cliente de puntaje neto de promotor (NPS) con la eficiencia del proceso en la industria del cuidado de la salud.

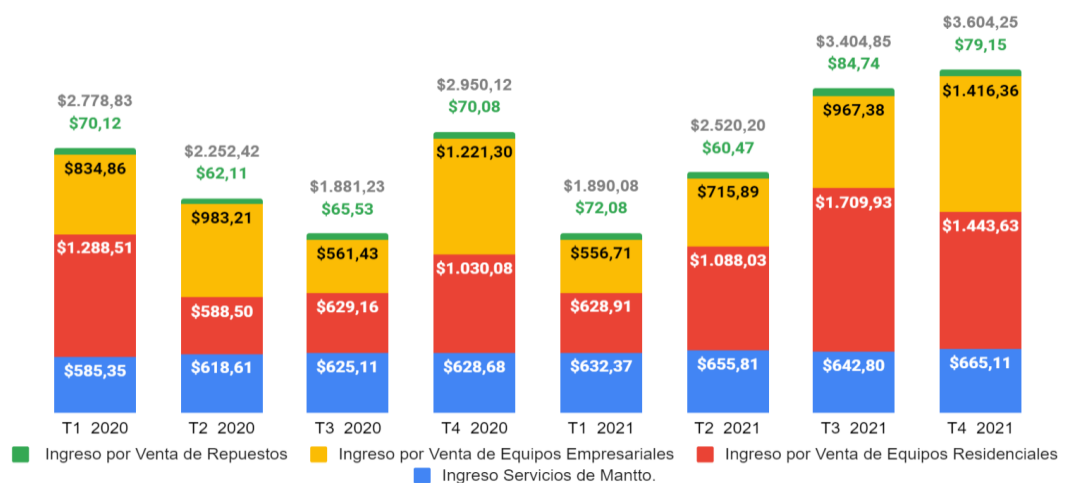
2. CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Una empresa de la industria de transporte vertical dedicada a la comercialización, mantenimiento y suministro de repuestos de equipos de transporte vertical (ascensores, escaleras y rampas eléctricas) para edificaciones residenciales y/o comerciales. La empresa se encuentra ubicada en el distrito de San Isidro – Lima y cuenta con 14 años de experiencia en el rubro de comercialización, mantenimiento y suministro de repuestos de equipos de transporte vertical residenciales y comerciales (hoteles, oficinas, centros educativos, centros de salud, etc) en todos los departamentos del Perú. El desarrollo económico de la empresa de la industria de ascensores ha ascendido progresivamente durante los años 2020 y 2021. A continuación, se inserta una figura que permite visualizar el comportamiento trimestral de los ingresos durante el Periodo 2020 – 2021.

Figura 7

Ingreso Trimestral del Periodo 2020 – 2021 (en miles de dólares)



Nota. De Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

La empresa de la industria de ascensores registró un total de ingresos de \$9,862,2 USD en el año 2020 y \$11,419,373 USD en el año 2021. Se observa que en los últimos trimestres tiene un mayor índice de ingresos.

2.1.1. MISIÓN

Es una empresa de la industria de ascensores comprometida con la seguridad y confort de viajes en los equipos de transporte vertical haciendo que sus desplazamientos sean seguros, y confiables para el usuario final en el transcurso del tiempo.

2.1.2. VISIÓN

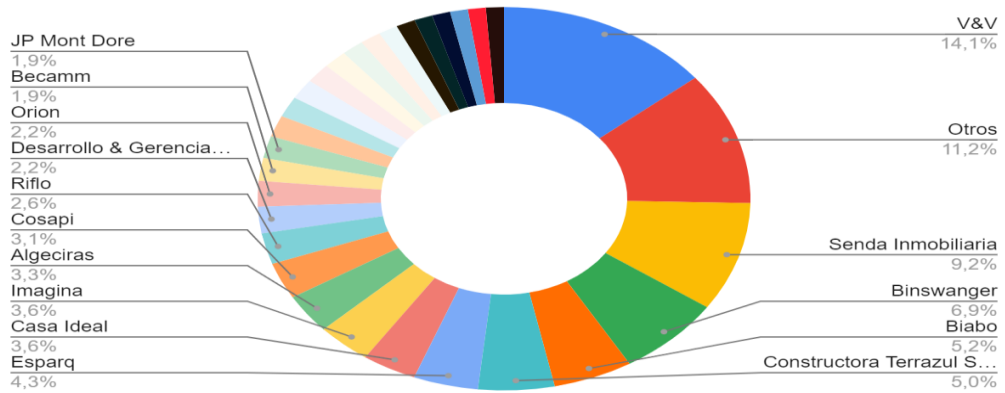
Posicionamiento de la marca KONE a nivel nacional de transporte vertical. proporcionando calidad, confort, eficacia y experiencias para todos los usuarios durante todo el ciclo de vida de los edificios.

2.1.3. CLIENTES

Según la empresa Ascensores GS&F (2023), los clientes con mayor representación de una empresa de industria de ascensores pertenecen al rubro de construcción e inmobiliaria., dentro de esta relación se encuentran clientes como V&V Bravo, Senda Inmobiliaria, Binswanger, Biabo, Constructora Terrazul, Esparq, Casa Ideal, Imagina, Algeciras, Cosapi y Riflo los cuales en conjunto corresponden al 72,10% del total de ingresos del periodo 2021. A continuación, se inserta una figura que permite visualizar la participación de los clientes en los ingresos por ventas de ascensores en el 2021.

Figura 8

Principales clientes en el Periodo 2021



Nota. De Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

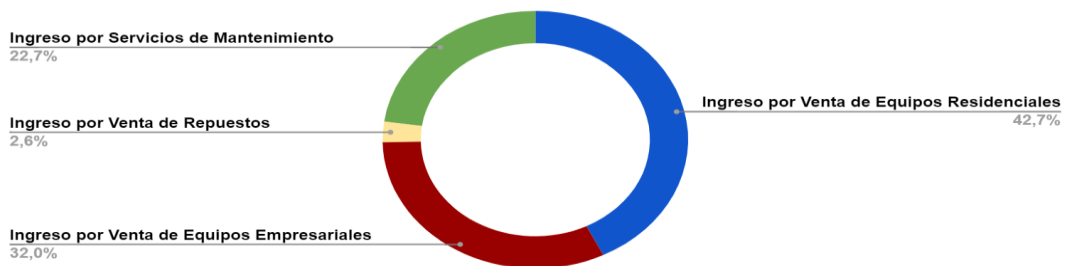
2.1.4. PRODUCTOS

La empresa de la industria de ascensores se encarga de distribuir ascensores eléctricos exclusivamente de la marca finlandesa KONE. Estos ascensores pueden ser clasificados en dos categorías de productos Residenciales y Empresariales (hoteles, oficinas, centros educativos, centros de salud, etc.) A continuación, se inserta una figura que permite visualizar los ingresos por ventas de ascensores, ingresos por servicios de mantenimiento y venta de repuestos en el periodo 2021.

Figura 9

Tipos de Ingresos en el Periodo 2021

TIPOS DE INGRESOS EN EL PERIODO 2021

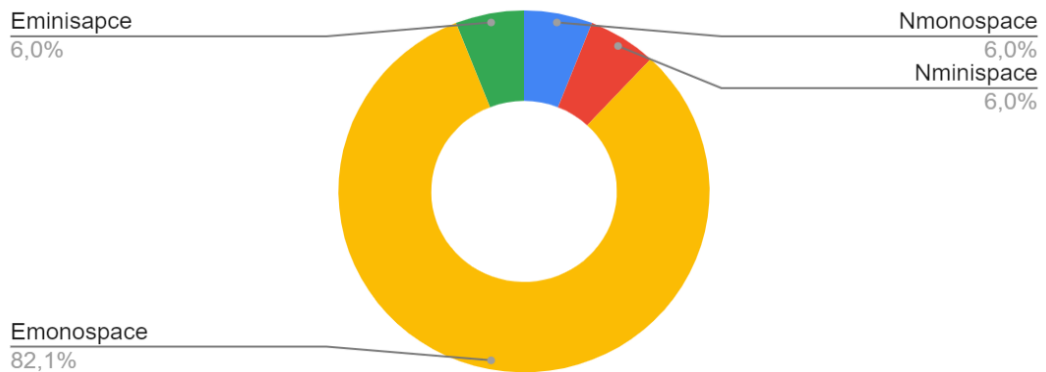


Nota. De Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

La empresa de la industria de ascensores registró el 42,70% (\$4,870,501 USD) del total de ingresos proviene de la venta de ascensores residenciales, el 32,00% (\$3,656,341 USD) por ventas de ascensores empresariales y el 2,60% (296,440 USD) por venta de repuestos y partes. Asimismo, se tiene los ingresos por Servicios de Mantenimiento lo cual representa al 22,70% (\$2,596,091 USD) del total de ingresos en el año 2021. A continuación, se inserta una figura que permite visualizar los ingresos por ventas de ascensores según el modelo en el periodo 2021.

Figura 10

Venta por modelo de ascensores en el Periodo 2021



Nota. De Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

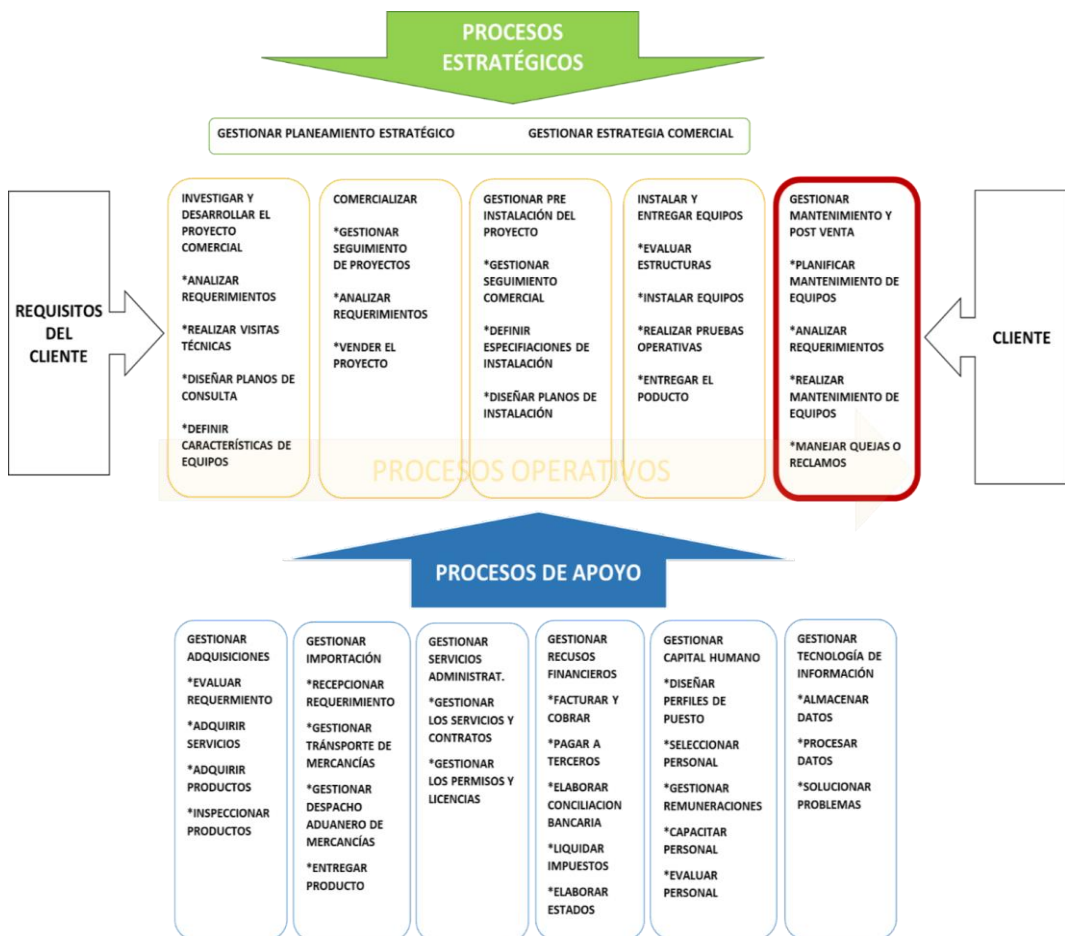
En Ascensores el modelo con mayor frecuencia de venta fue el EMONOSPACE con 82% del total de ingresos por venta, (el modelo EMONOSPACE es la línea estándar o económica con pocos acabados). Seguido por los modelos NMONOSPACE, NMINISPACE y EMINISPACE con 18% de ingresos por venta del periodo 2021 (los modelos NMONOSPACE y NMINISPACE son la línea premium con más de 100,000 acabados).

2.1.5. PROCESOS

A continuación, se inserta una figura donde se permite visualizar los procesos de la empresa de la industria de ascensores.

Figura 11

Procesos de la Empresa de la Industria de Ascensores



Nota. De Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

En la figura anterior muestra la integración de los procesos de la organización, según su clasificación por procesos estratégicos, procesos operativos y procesos de apoyo. En el presente trabajo de suficiencia profesional se analizará el proceso operativo de Gestión de Mantenimiento que comprende la gestión de reclamos y servicio post

venta, la planificación y operación de mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos de una empresa en la industria de ascensores. En el presente trabajo de suficiencia profesional se va a desarrollar sobre los servicios de mantenimientos preventivos en una empresa de la industria de ascensores. A continuación, se inserta un diagrama SIPOC que permite visualizar las actividades del proceso de servicio de mantenimiento preventivo.

Figura 12

Diagrama SIPOC del Servicio de Mantenimiento Preventivo

SUPPLIER (Proveedor)	INPUTS (entradas)		PROCESS (Proceso)	OUTPUTS (Salidas)		CUSTOMER (Clientes)	
Proveedor	Cuales son las Entradas ?	Cuál de el requisito de especificación de la Entrada?		Cuál es la Salida ?	Cuál de el requisito de especificación de la Salida ?	Quién recibe el producto o servicio ? Quién es mi Cliente.	
CLIENTE	TÉCNICO ASIGNADO	-	<pre> graph TD S0[S0 PREPARAR ÁREA DE TRABAJO] --> S1[S1 REVISAR CUARTO DE MÁQUINAS] S1 --> S2[S2 REVISAR CABLES Y POLEAS DE MÁQUINA] S2 --> S3[S3 REVISAR MÁQUINA] S3 --> S4[S4 REVISAR PUERTA] S4 --> S5[S5 VERIFICAR FOSO] S5 --> S6[S6 CULMINAR ENTREGA] </pre>	ÁREA DE TRABAJO PREPARADA	REVISAR CUARTO DE MÁQUINAS	TÉCNICO	
	HERRAMIENTAS DE TRABAJO CALIBRADAS			PREPARAR AREA DE TRABAJO	CUARTOS DE MAQUINA HABILITADO	REVISAR CABLES Y POLEAS DE MÁQUINA	TÉCNICO
	MATERIALES DE TRABAJO				CABLES Y POLEAS EN BUEN ESTADO	REVISAR MÁQUINAS	TÉCNICO
TÉCNICO	TÉCNICO ASIGNADO	REVISAR CUARTO DE MÁQUINAS		MAQUINAS EN BUEN ESTADO	REVISAR PUERTAS	TÉCNICO	
	HERRAMIENTAS DE TRABAJO CALIBRADAS						REVISAR CABLES Y POLEAS DE MÁQUINA
	MATERIALES DE TRABAJO						
TÉCNICO	TÉCNICO ASIGNADO	REVISAR MÁQUINAS		PUERTAS EN BUEN ESTADO	VERIFICAR FOSO	TÉCNICO	
	HERRAMIENTAS DE TRABAJO CALIBRADAS						
	MATERIALES DE TRABAJO						
TÉCNICO	TÉCNICO ASIGNADO	REVISAR PUERTAS	FOSO EN BUEN ESTADO	CULMINAR ENTREGA DE SERVICIO	TÉCNICO		
	HERRAMIENTAS DE TRABAJO CALIBRADAS						
	MATERIALES DE TRABAJO						
TÉCNICO	TÉCNICO ASIGNADO	VERIFICAR FOSO	INFORME DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO	-	CLIENTE		
	HERRAMIENTAS DE TRABAJO CALIBRADAS						
	MATERIALES DE TRABAJO						

Nota. Adaptado de Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

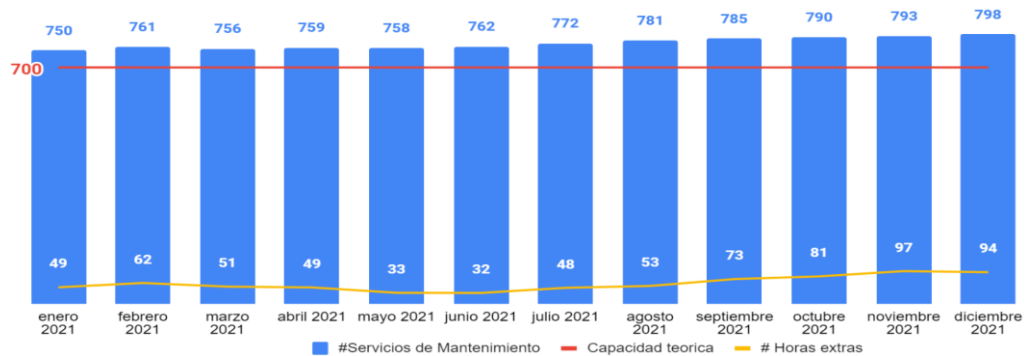
2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. ANÁLISIS DE PROBLEMA

La empresa de la industria de ascensores registra una capacidad instalada de 700 servicios de mantenimiento preventivo, capacidad máxima teórica de servicios, que actualmente la empresa excede, empleando con horas adicionales de trabajo. A continuación, se inserta una figura de los servicios de mantenimiento preventivo y las horas extras mensuales realizadas en el periodo 2021.

Figura 13

Servicios de Mantenimiento Preventivo en el Periodo 2021



Nota. Adaptado de Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

Como se observa en la figura anterior durante el periodo 2021 se han realizado menos servicios de mantenimientos preventivos mensual que la capacidad instalada máxima (70 servicios de mantenimiento preventivo por técnico) por una baja eficiencia de los técnicos del servicio de mantenimiento preventivo y actualmente se realiza el pago de horas extras durante los meses del año 2021.

Figura 14

Horas Planificadas Vs Horas Utilizadas en el Periodo 2021

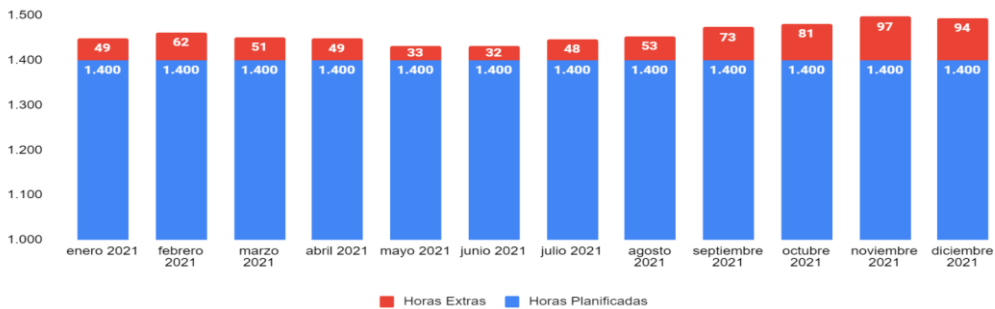


Nota. Adaptado de Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

En la gráfica anterior se logra visualizar que se ha registrado un 8.66% de horas utilizadas más de las horas planificadas. A continuación, se inserta la figura donde se puede observar las horas empleadas en el periodo 2021

Figura 15

Horas Planificadas y Horas Extras en el Periodo 2021

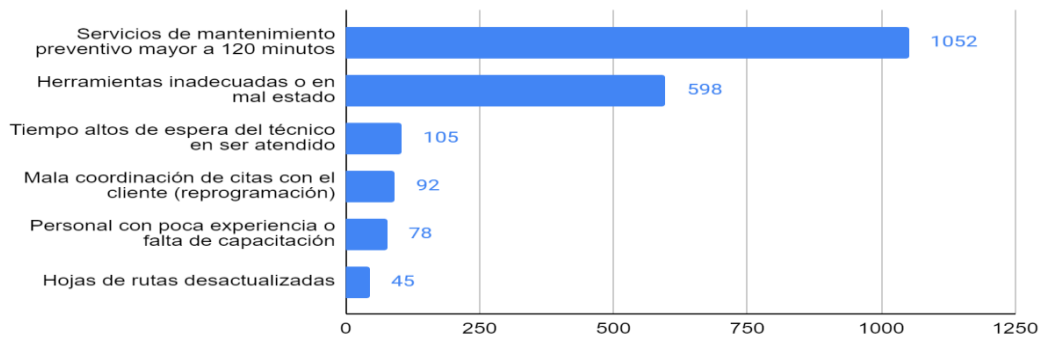


Nota. Adaptado de Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

En la figura anterior se puede visualizar las horas empleadas, que son formadas por las horas planificadas más las horas extras y que durante el periodo 2021 se ha registrado 723 horas extras. Debido a la baja capacidad instalada actual se han generado tantas horas extras, se inserta figura de los motivos de la baja capacidad.

Figura 16

Motivos de la Baja Capacidad Instalada en el Periodo 2021

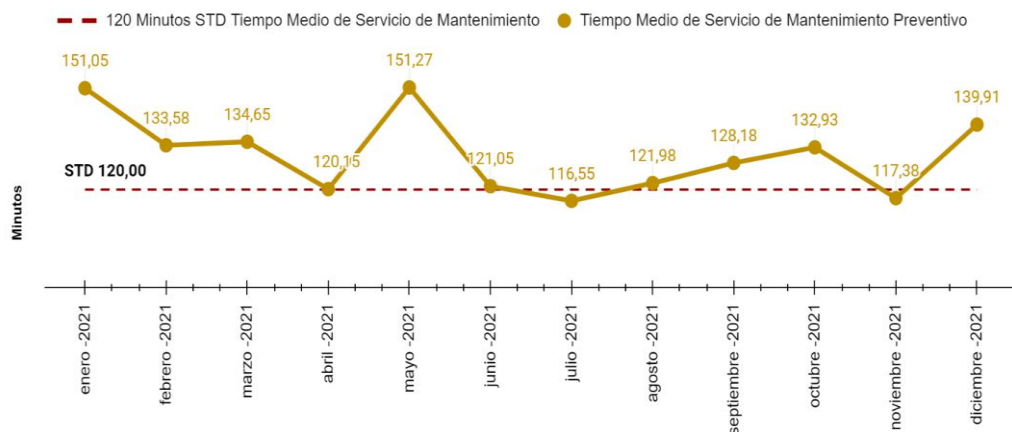


Nota. Adaptado de Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

Como se puede observar de la figura anterior de 1970 incidencias registradas el mayor motivo de la baja capacidad instalada en el periodo 2021, el 53.4% es por demora en realizar los servicios de mantenimientos (1052 registros) y el 30.4% es por el uso de herramientas inadecuadas o en mal estado (598 registros). No se cumple con el tiempo estándar realizar el servicio de mantenimiento el cual es de 120 minutos.

Figura 17

Tiempo medio de los Servicios de Mantenimiento Preventivo en el Periodo 2021

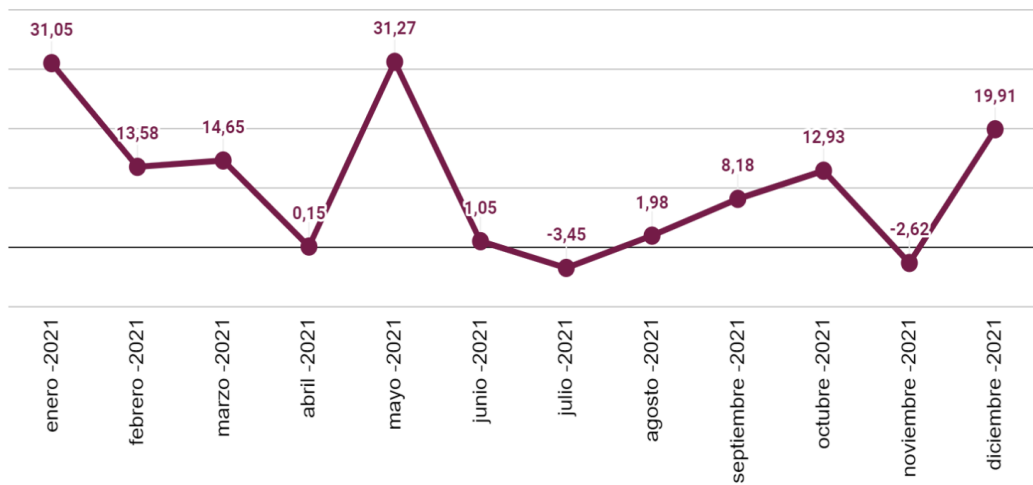


Nota. Adaptado de Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

Se logra visualizar en la figura anterior el tiempo estándar esperado es de 120 minutos y el promedio en el año 2021 es de 130,72 minutos. A continuación, se inserta una gráfica mostrando el error del tiempo medio en el servicio de mantenimiento preventivo durante el periodo 2021.

Figura 18

Error de tiempo medio en el Servicio de Mantenimiento Preventivo



Nota. Adaptado de Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

En la figura se puede visualizar que el error promedio es de 10,72 minutos en el año 2021. También se logra observar que en algunos meses el promedio ha sido hasta 31,27 minutos.

2.2.2. IMPACTO ECONÓMICO

El análisis desarrollado anteriormente permite identificar el problema que tiene la empresa de la industria de ascensores dentro del proceso de Mantenimiento, sin embargo, se debe cuantificar económicamente y evaluar el impacto económico que genera el problema a la organización. Para cuantificar el impacto económico del

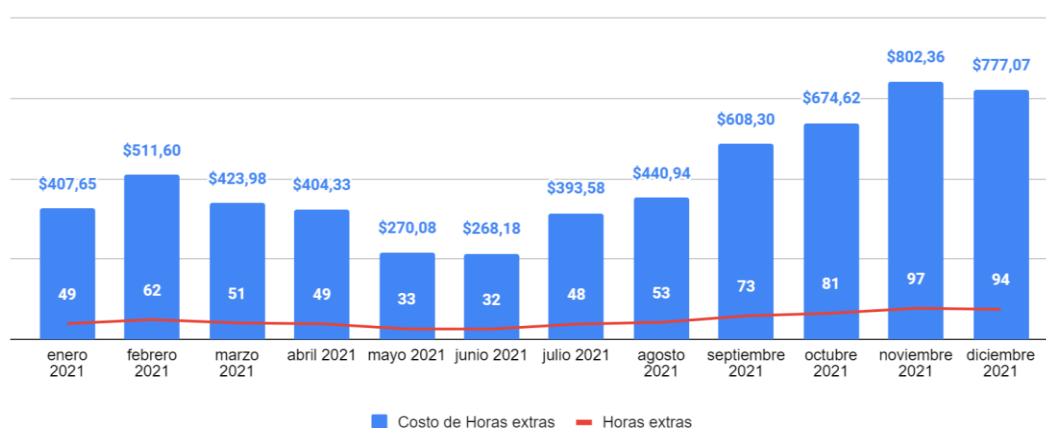
problema, se debe analizar todos los efectos que se desprenden del mismo. A continuación, se detallan dos criterios del cual comprenderá el impacto económico.

2.2.2.1. Gastos por pagos de horas extras en el Servicio de Mantenimiento Preventivo

Durante el periodo 2021 el costo de la hora extra para los técnicos fue de \$8,28 USD y se ha registrado en total 723 horas extras.

Figura 19

Costo de Horas Extras en el Periodo 2021



Nota. Adaptado de Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

En la figura anterior se ha registrado un costo de horas extras de USD \$5,982.69 dólares durante el periodo 2021 y con un mayor incremento en el segundo semestre del año.

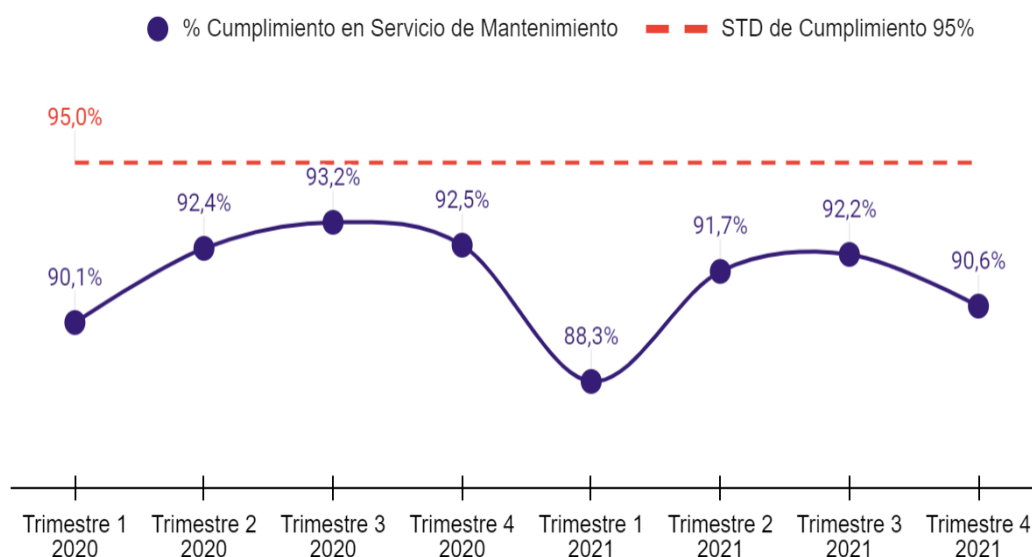
2.2.2.2. Gastos por Penalidad de la marca KONE

El gasto por penalidad de la marca KONE es de \$50.000 USD por cada año que no alcanza con el nivel de cumplimiento establecida por la marca KONE, por el uso exclusivo de representación en el Perú. La empresa de la industria de ascensores y

la empresa filipina productora de ascensores KONE acuerdan al inicio de sus operaciones un nivel de cumplimiento de en sus servicios de mantenimiento preventivo del 95%, esta evaluación es trimestral y si por 5 años consecutivos la empresa de la industria de ascensores no logra alcanzar con el nivel de cumplimiento establecida se sanciona quitándole el uso exclusivo de representación en el Perú. A continuación, se inserta la figura del nivel de cumplimiento en el servicio de mantenimiento preventivo

Figura 20

Nivel de cumplimiento en el Servicio de Mantenimiento Preventivo



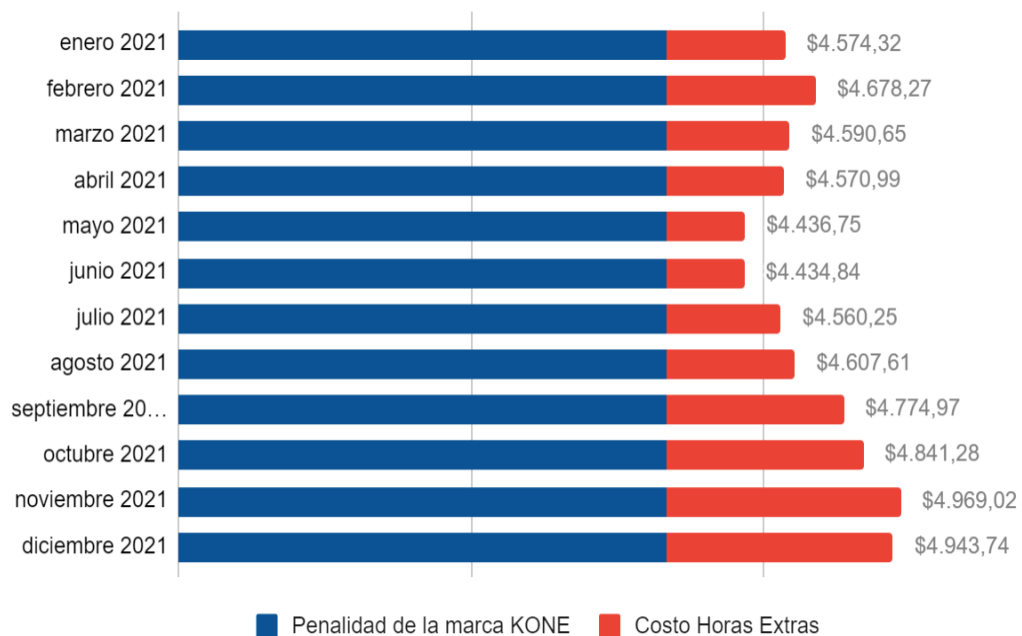
Nota. Adaptado de Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

En la figura anterior se logra visualizar que durante los dos últimos años no se ha logrado llegar al nivel de cumplimiento establecido por la marca KONE (120 minutos), en el año 2020 se registró un nivel de cumplimiento de 91.01% y en el año 2021 se registró un nivel de cumplimiento de 89.57%. En el año 2021 se ha

tenido que pagar una penalidad de USD \$50.000 dólares, mensualmente se considera USD \$ 5.000 dólares. Por último, después de haber revisado todos los gastos en los que incurre la empresa de la industria de ascensores por pago de horas extras y la penalidad de la marca KONE, podemos resumir todos los gastos en la siguiente figura:

Figura 21

Impacto Económico en el Periodo 2021

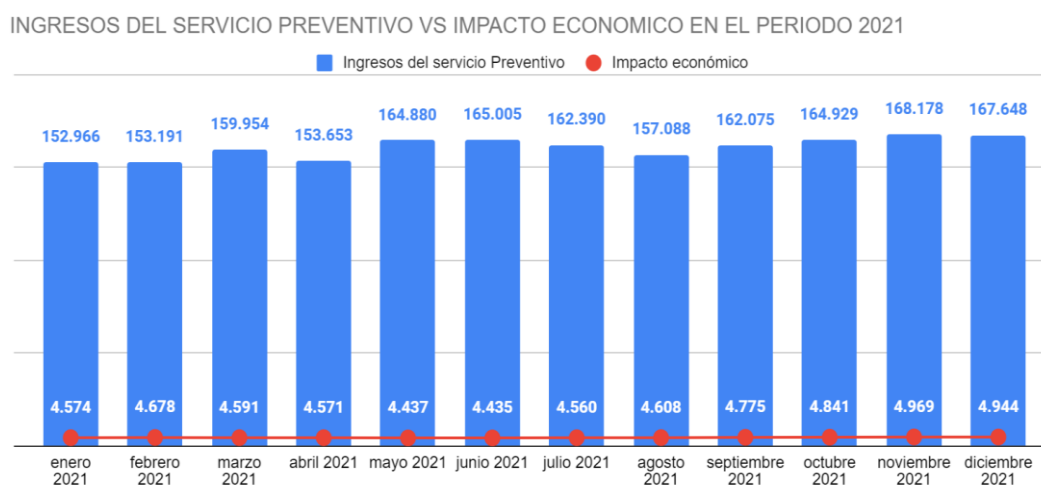


Nota. Adaptado de Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

En la figura anterior se percibe que el total del impacto económico en el periodo 2021 es de USD \$55.982 dólares. A continuación, se inserta la figura donde se compara ingreso del servicio mantenimiento preventivo con el impacto económico en el periodo 2021.

Figura 22

Ingresos del Servicio de Mantenimiento Preventivo VS Impacto Económico



Nota. Adaptado de Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

En la figura anterior se puede observar que el que el impacto económico representa el 2.90% de los ingresos de los servicios de mantenimiento preventivo durante el periodo 2021.

2.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS

2.3.1. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS Y CAUSA RAÍZ

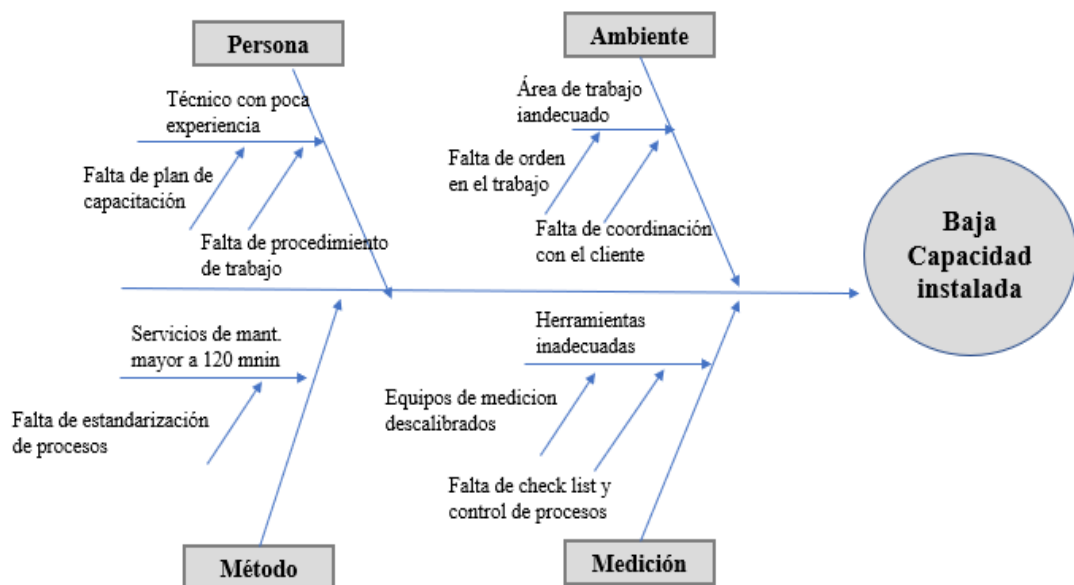
Se ha desarrollado el análisis de las causas principales y las causas raíz al problema presentado. La capacidad máxima instalada es de 700 servicios de mantenimiento preventivo al mes considerando que cada técnico puede realizar 70 servicios de mantenimiento preventivo al mes, porque de las 48 horas semanales sólo 35 horas son empleadas para realiza el servicio de mantenimiento y las otras horas son consideradas como horas empleadas en traslado o espera por parte del cliente.

$$35 \text{ horas semanales} \times \frac{4 \text{ semanas al mes}}{1 \text{ mes}} \times \frac{1 \text{ Mant. Prevent.}}{2 \text{ horas (120 min)}} = 70 \text{ servicios al mes}$$

En el 2021 se han realizado menos de 700 servicios de mantenimientos preventivos al mes y se ha tenido que emplear horas extras para poder cumplir con todos los servicios planificados al mes y esto se ha debido porque se ha registrado servicios de mantenimiento preventivos donde se ha empleado mayor tiempo a los 120 minutos establecidos o por otros factores y esto es debido a la baja eficiencia de los técnicos de mantenimiento preventivo. Se inserta un diagrama visual de causa-efecto para categorizar las diferentes razones por el cual se tiene una baja capacidad instalada en los servicios de mantenimiento preventivo durante el periodo 2021.

Figura 23

Diagrama Ishikawa - Baja Capacidad Instalada



El diagrama Ishikawa nos muestra que la baja de capacidad instalada se encuentra distribuida en diferentes categorías principales. A continuación, se muestra una tabla

de validación de datos con 1970 incidencias registradas, en donde se analiza la frecuencia de las diferentes causas que explican la baja capacidad instalada.

Tabla 3

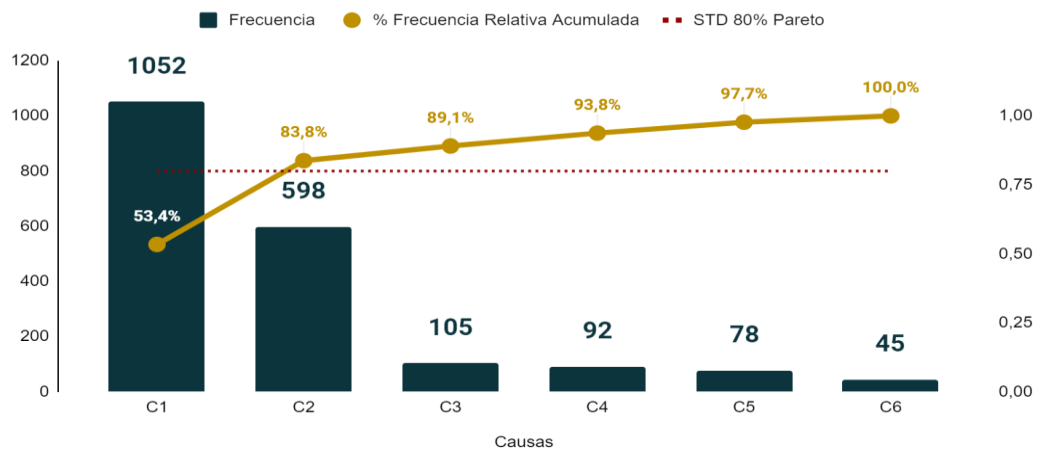
Tabla de Validación de datos con 1970 incidencias registradas

Cod	BAJA CAPACIDAD INSTALADA	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Pareto
C1	Servicios de mantenimiento preventivo mayor a 120 minutos	1052	53,4%	53,4%	80,0%
C2	Herramientas inadecuadas o en mal estado	598	30,4%	83,8%	80,0%
C3	Tiempo altos de espera del técnico en ser atendido	105	5,3%	89,1%	80,0%
C4	Mala coordinación de citas con el cliente (reprogramación)	92	4,7%	93,8%	80,0%
C5	Personal con poca experiencia o falta de capacitación	78	4,0%	97,7%	80,0%
C6	Hojas de rutas desactualizadas	45	2,3%	100,0%	80,0%
Total		1970	100,00%		

Con la tabla de validación se ha realizado un análisis Pareto para determinar las categorías principales de la baja capacidad instalada.

Figura 24

Diagrama de Pareto - Baja Capacidad Instalada



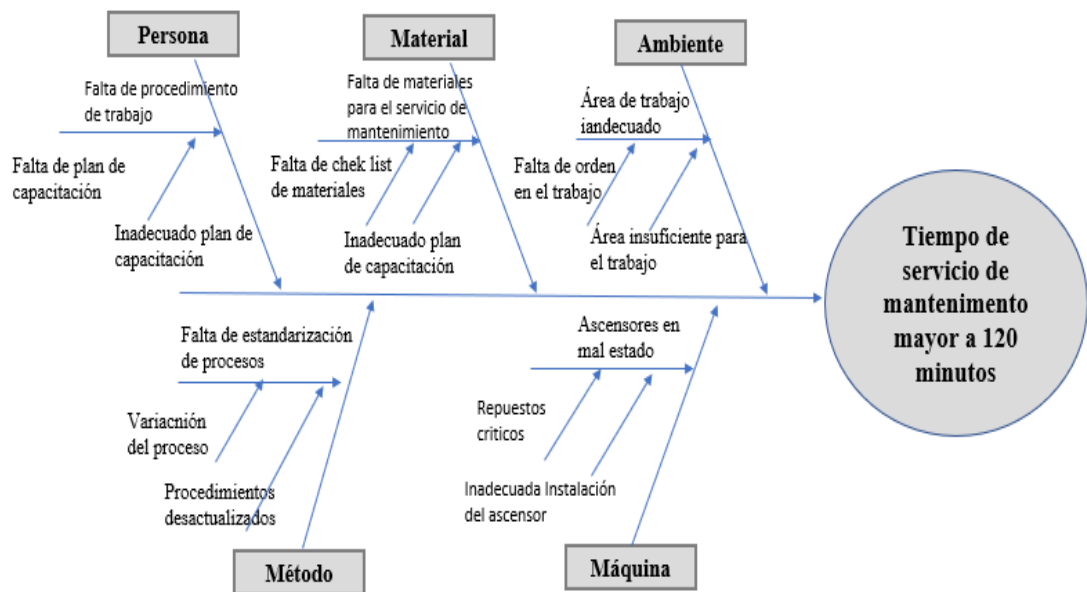
El análisis Pareto nos muestra que las causas con mayor frecuencia de la baja capacidad instalada, con hasta 83.8%, son por servicios de mantenimiento preventivo

mayor a 120 minutos (53.4%) y herramientas inadecuadas o en mal estado de representación (30.4%) durante el periodo 2021.

Primero se procede analizar la primera causa con mayor representación sobre el problema. A continuación, se elabora un diagrama de causa – efecto “Ishikawa” sobre servicios de mantenimiento preventivo mayor a 120 minutos.

Figura 25

Diagrama Ishikawa - Tiempo de servicio de mantenimiento mayor a 120 minutos



El diagrama Ishikawa nos muestra que la causa del tiempo de servicio de mantenimiento preventivo mayor a 120 minutos se encuentra distribuida en diferentes categorías principales. A continuación, se muestra una tabla de validación de datos con 1052 incidencia registradas, en donde se analiza la frecuencia de las diferentes causas del tiempo de servicio de mantenimiento mayora a 120 minutos.

Tabla 4

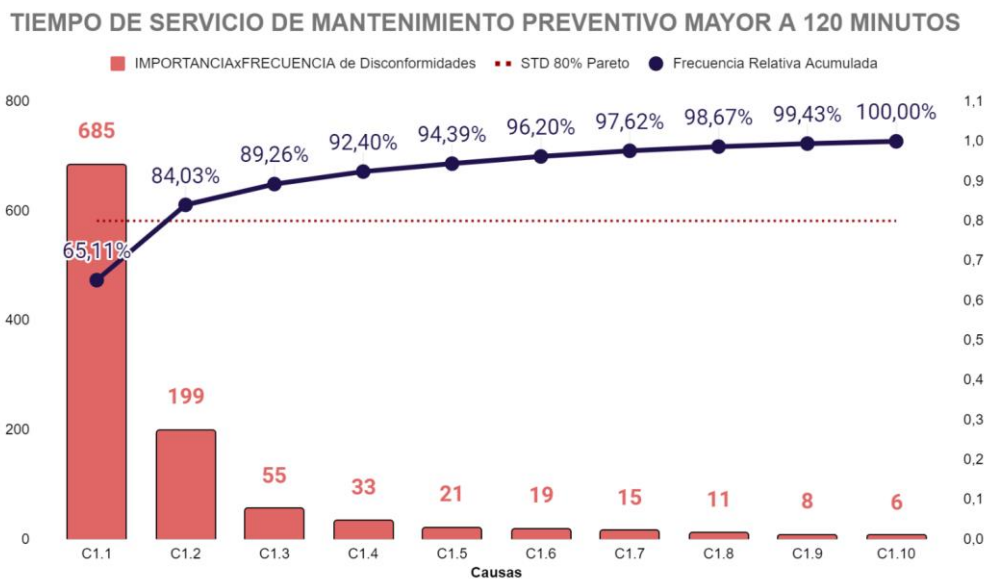
Tabla de Validación de datos con 1052 incidencias registradas

COD	CAUSA	FRECUENCIA	hi	Hi	STD
C1.1	FALTA DE ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO	685	65,11%	65,11%	80,00%
C1.2	FALTA DE CHEK LIST Y PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO	199	18,92%	84,03%	80,00%
C1.3	INADECUADO PLAN DE CAPACITACION	55	5,23%	89,26%	80,00%
C1.4	FALTA DE MATERIALES PARA EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO	33	3,14%	92,40%	80,00%
C1.5	INADECUADA INSTALACIÓN DEL ASCENSOR	21	2,00%	94,39%	80,00%
C1.6	DESORDEN EN EL AREA DE TRABAJO POR AREA INSUFICIENTE	19	1,81%	96,20%	80,00%
C1.7	DESORDEN EN EL AREA DE TRABAJO POR OPERADOR	15	1,43%	97,62%	80,00%
C1.8	FALTA DE CONTROL DE PROCESO	11	1,05%	98,67%	80,00%
C1.9	ASCENSORES EN MAL ESTADO POR FALTA DE REPUESTOS CRÍTICOS	8	0,76%	99,43%	80,00%
C1.10	ASCENSORES EN MAL ESTADO POR EXTENSOS PERIODOS DE REPARACION	6	0,57%	100,00%	80,00%
TOTAL		1.052	100,00%		

Con la tabla de validación se ha realizado un análisis Pareto para determinar las categorías principales del tiempo de servicio de mantenimiento preventivo mayor a 120 minutos.

Figura 26

Diagrama de Pareto - Tiempo de servicio de mantenimiento mayor a 120 minutos



El análisis Pareto nos muestra que las causas con mayor frecuencia de tiempo de

servicio de mantenimiento preventivo mayor a 120 minutos con hasta 84%, son la falta de estandarización del proceso (65.11%), falta de check list y procedimientos (18.92%) durante el periodo 2021. En segundo lugar, se procede analizar la segunda causa con mayor representación sobre el problema. A continuación, se elabora un diagrama de causa – efecto “Ishikawa” sobre herramientas inadecuadas o en mal estado.

El diagrama Ishikawa mostrado a continuación muestra que la causa de las herramientas inadecuadas o en mal estado se encuentra distribuida en diferentes categorías principales. A continuación, se muestra una tabla de validación de datos con 598 incidencias registradas, en donde se analiza la frecuencia de las diferentes causas que explican las herramientas inadecuadas o en mal estado.

Figura 27

Diagrama Ishikawa - Herramientas inadecuadas o en mal estado.

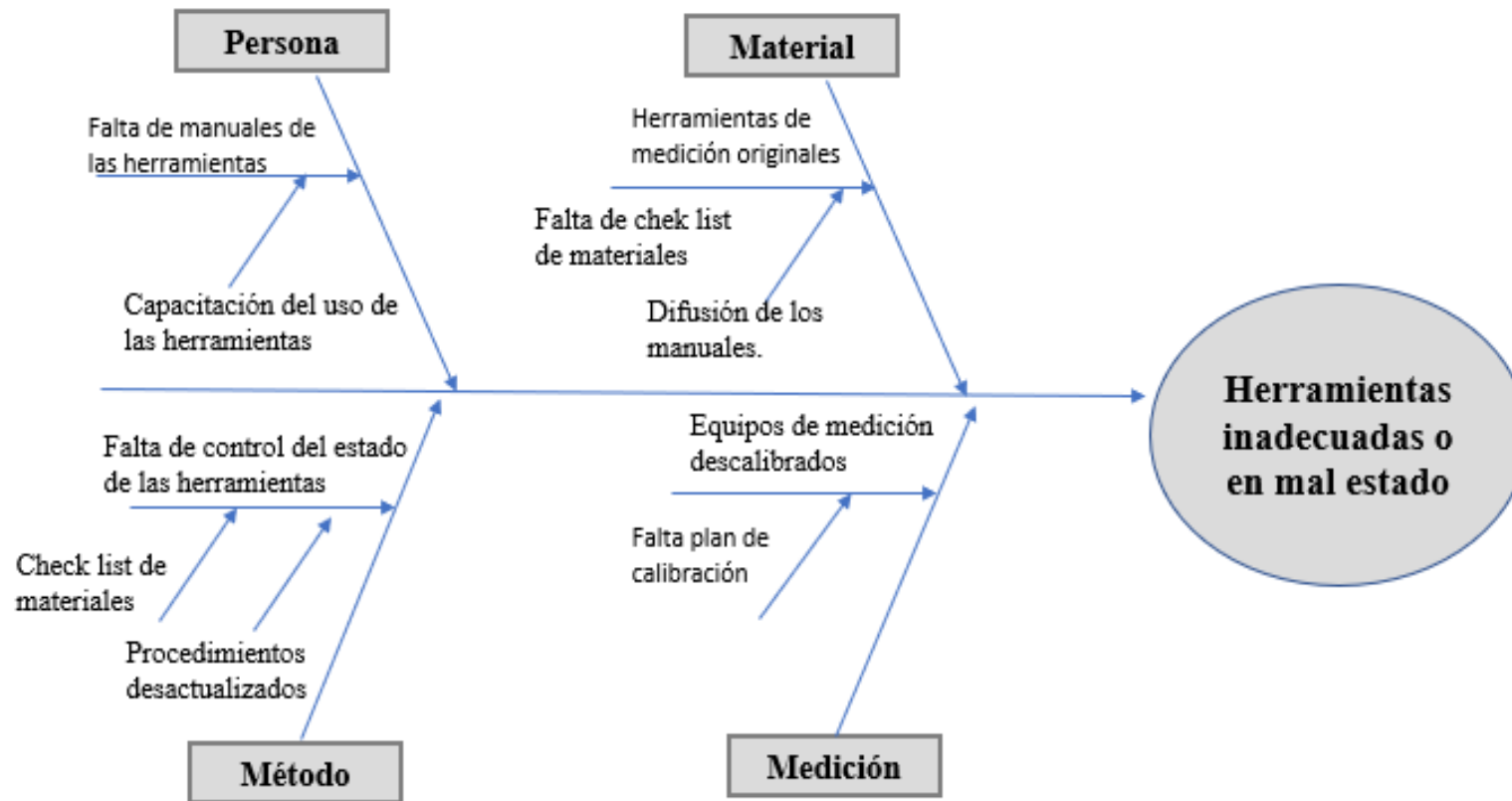


Tabla 5

Tabla de Validación de datos con 598 incidencias registradas

COD	CAUSA	FRECUENCIA	hi	Hi	STD
C2.1	EQUIPOS DE MEDICIÓN DESCALIBRADOS	392	65,55%	65,55%	80,00%
C2.2	CONTROL DEL ESTADO DE LAS HERRAMIENTAS	93	15,55%	81,10%	80,00%
C2.3	FALTA DE CAPACITACIÓN DEL USO DE LAS HERRAMIENTAS	48	8,03%	89,13%	80,00%
C2.4	FALTA DE DIFUSION DE LOS MANUALES DE LAS HERRAMIENTAS	36	6,02%	95,15%	80,00%
C2.5	FALTA DE CHECK LIST DE LAS HERRAMIENTAS	21	3,51%	98,66%	80,00%
C2.6	HERRAMIENTAS DE MEDICION ORIGINALES (BUENA CALIDAD)	8	1,34%	100,00%	80,00%
TOTAL		598	100,00%		

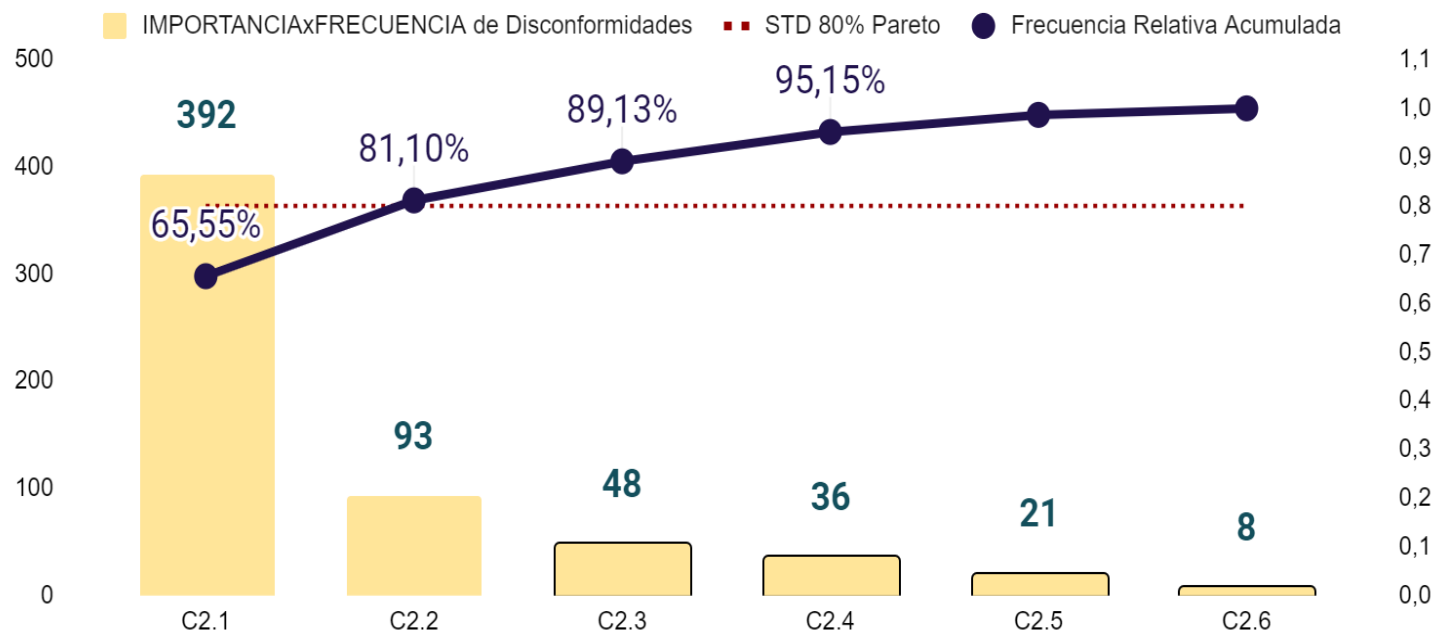
Posteriormente, se precisa realizar el análisis Pareto nos muestra que las causas con mayor frecuencia de herramientas inadecuadas o en mal estado con hasta 81.1%, son los equipos de medición descalibrados (65.55%), control del estado de las herramientas de medición (15.55%) durante el periodo 2021.

Con la tabla de validación se ha realizado un análisis Pareto para determinar las categorías principales de las herramientas inadecuadas o en mal estado. A continuación se presenta el análisis de priorización a través del diagrama de Pareto o análisis 80/20, a saber:

Figura 28

Diagrama de Pareto - Herramientas inadecuadas o en mal estado.

HERRAMIENTAS INADECUADAS O EN MAL ESTADO

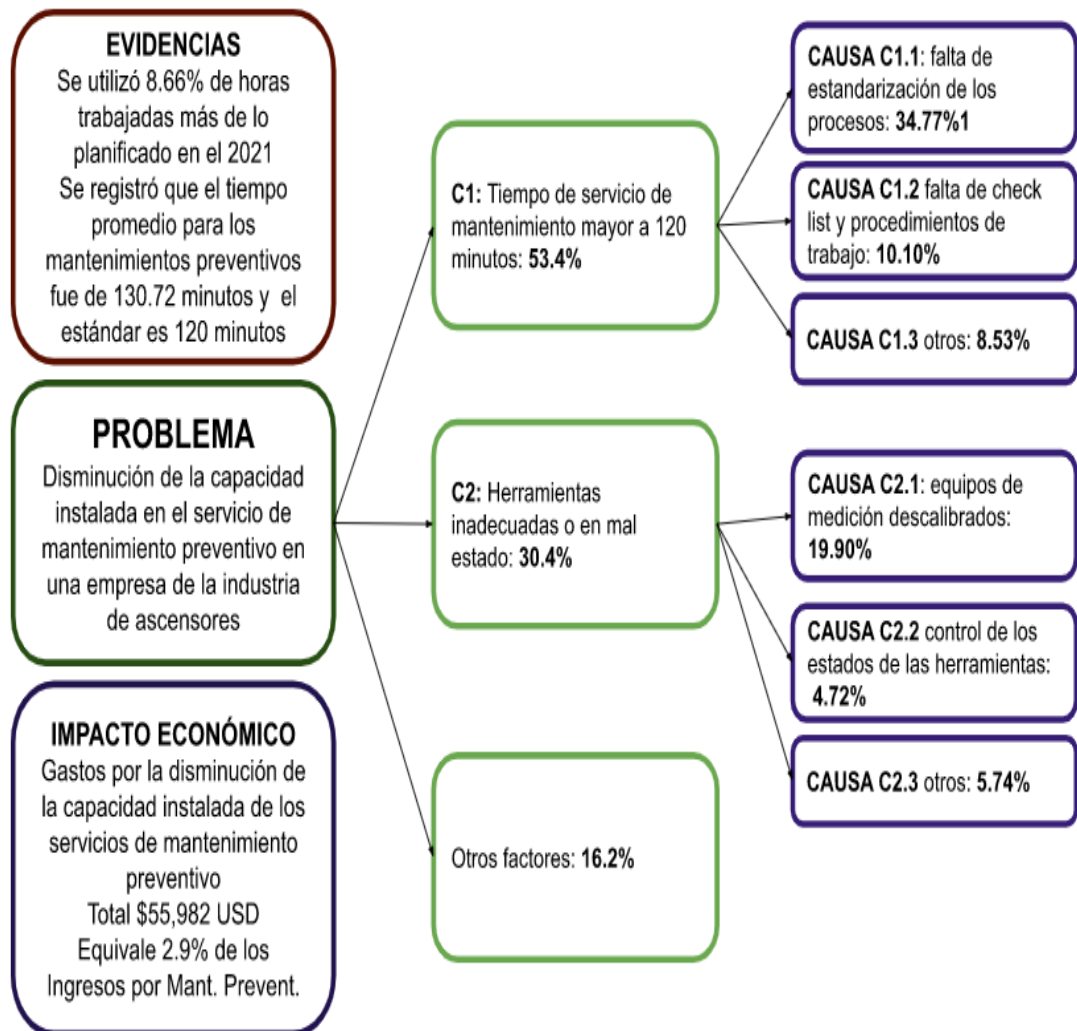


2.3.2. ÁRBOL DE CAUSAS

A continuación, se muestra la distribución de las posibles causas del proyecto de investigación que responden a la disminución de la capacidad instalada en el servicio de mantenimiento de la empresa de ascensores.

Figura 29

Árbol de Causas



2.4. DIAGNÓSTICO

2.4.1. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

2.4.1.1. Objetivo Principal:

Elaborar una propuesta de mejora para aumentar la capacidad instalada en el servicio de mantenimiento preventivo en una empresa de la industria de ascensores utilizando Lean Six Sigma.

2.4.1.2. Objetivos Secundarios:

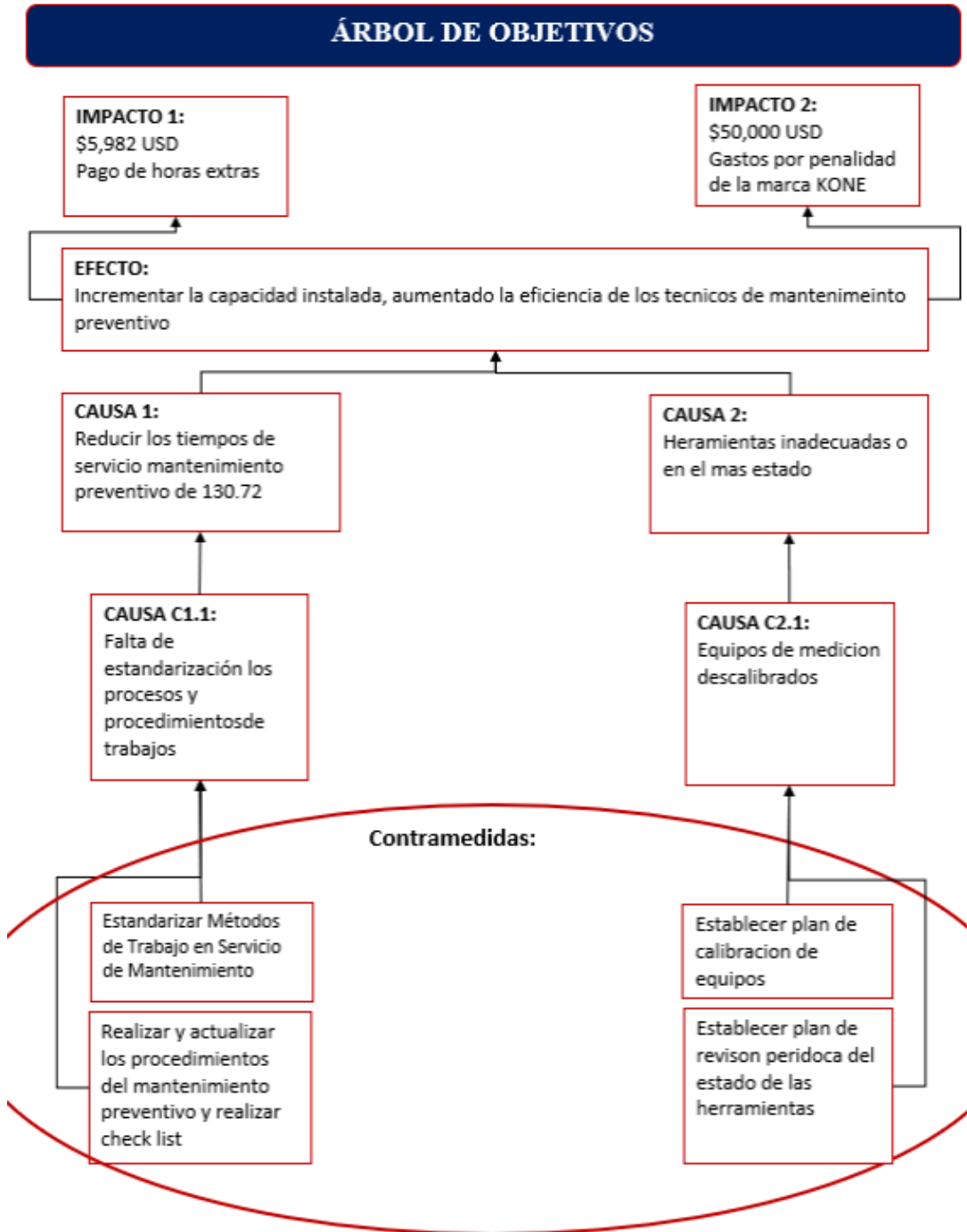
- Elaborar el diagnóstico del problema principal para aumentar la capacidad instalada en el servicio de mantenimiento preventivo.
- Minimizar el tiempo promedio de servicio de mantenimiento preventivo a un tiempo menor al estándar de 120 minutos y analizar el impacto económico.

2.4.2. ÁRBOL DE OBJETIVOS

A continuación, se muestra la distribución de los objetivos del proyecto de investigación que responden a la disminución de la capacidad instalada en el servicio de mantenimiento de la empresa de ascensores.

Figura 30

Árbol de Objetivos



3. CAPÍTULO III: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente capítulo describe la aplicación de la metodología DMAIC con todos los pasos a seguir

3.1. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La evaluación de una propuesta de solución permite el análisis objetivo entre diversos criterios disponibles para mitigar las causas raíz de un problema, dichos criterios pueden impactar sobre el problema a diferente participación según la particularidad de los factores. Es importante desarrollar un análisis sobre las diversas metodologías de solución existentes y seleccionar una opción que permita optimizar el esfuerzo invertido en el proyecto.

3.2. DMAIC

Según Wang et al. (2022) la metodología LEAN y la metodología SIX SIGMA son métodos de resolución de problemas compatibles. Por un lado, el lean usualmente inicia con el entendimiento del valor para el cliente y análisis crítico del proceso. Por otro lado, la metodología SIX SIGMA brinda un análisis estadístico para definir y cuantificar los tipos de errores. La metodología Lean Six Sigma unifica dos criterios que permiten aumentar la eficiencia de un proceso, en una búsqueda de valor hacia las necesidades del cliente y permite cuantificar estadísticamente el comportamiento del proceso para determinar los errores y los índices estadísticos a mejorar.

3.2.1. DEFINIR

Durante la fase Definir, se identifican los objetivos del proyecto y la definición del problema. Se realiza un diagrama VSM para identificar los proyectos. Adicionalmente, se asignan roles y responsabilidades en el proyecto, así como el despliegue de entregables en el tiempo.

3.2.1.1. Definir Estatuto

El estatuto del proyecto muestra la información del proyecto Lean Six Sigma.

Tabla 6

Estatuto del proyecto

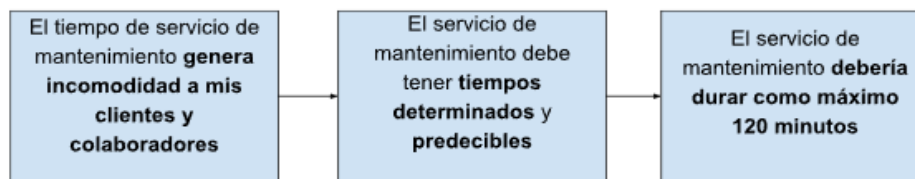
Gerencia o Área de Mejora	Operaciones
Nombre del Proyecto	Aumentar la Capacidad Instalada en el Servicio de Mantenimiento Preventivo en una Empresa de la Industria de Ascensores
Fecha de Revisión	21/12/2022
Líder del Proyecto	Ricardo David Meza Chuquizuta / Marco Antonio Sánchez Rivas Plata
Aprobado por Patrocinador	Diego Ruiz Mamani
Caso del Negocio : la razón por la cual debemos realizar el proyecto en beneficio de la empresa y el cliente.	
Incrementar la capacidad instalada, aumentando la eficiencia de los técnicos de mantenimiento El nivel de servicio de mantenimiento se ha reducido en 90.68%, 89.06% durante los periodos 2021-2022.	
PROBLEMA u Oportunidad de Mejora : El dolor o insatisfacción del Cliente , la GRAN "Y"	
Incumplimiento de servicio de mantenimiento debido a un proceso no predecible y alta duración (Promedio 130 minutos con desviación de 24 minutos)	
Objetivo o Meta : hasta dónde queremos llegar; la otra cara de la moneda del problema	
Minimizar el tiempo promedio de servicio de mantenimiento preventivo a un tiempo menor al estándar de 120 minutos y analizar el impacto económico.	

3.2.1.2. Definir Voz del Cliente

La voz del cliente nos permite definir expectativas del proceso desde el punto de vista del cliente, lo cual permite alinear asertivamente las expectativas del cliente.

Tabla 6

Voz del Cliente



3.2.1.3. Definir SIPOC

El proceso de servicio de mantenimiento preventivo está compuesto en siete (07) etapas. A continuación, se muestra el análisis SIPOC.

Tabla 8

SIPOC del Servicio de Mantenimiento Preventivo

SUPPLIER (Proveedor)	INPUTS (entradas)		PROCESS (Proceso)	OUTPUTS (Salidas)		CUSTOMER (Clientes)
Proveedor	Cuáles son las Entradas ?	Cuál de el requisito de especificación de la Entrada?		Cuál es la Salida ?	Cuál de el requisito de especificación de la Salida ?	Quién recibe el producto o servicio ? Quién es mi Cliente.
CLIENTE	TÉCNICO ASIGNADO HERRAMIENTAS DE TRABAJO CALIBRADAS MATERIALES DE TRABAJO	-	S0 PREPARAR ÁREA DE TRABAJO	AREA DE TRABAJO PREPARADA	REVISAR CUARTO DE MÁQUINAS	TÉCNICO
TÉCNICO	TÉCNICO ASIGNADO HERRAMIENTAS DE TRABAJO CALIBRADAS MATERIALES DE TRABAJO	PREPARAR AREA DE TRABAJO	S1 REVISAR CUARTO DE MÁQUINAS	CUARTOS DE MAQUINA HABILITADO	REVISAR CABLES Y POLEAS DE MÁQUINA	TÉCNICO
TÉCNICO	TÉCNICO ASIGNADO HERRAMIENTAS DE TRABAJO CALIBRADAS MATERIALES DE TRABAJO	REVISAR CUARTO DE MÁQUINAS	S2 REVISAR CABLES Y POLEAS DE MÁQUINA	CABLES Y POLEAS EN BUEN ESTADO	REVISAR MÁQUINAS	TÉCNICO
TÉCNICO	TÉCNICO ASIGNADO HERRAMIENTAS DE TRABAJO CALIBRADAS MATERIALES DE TRABAJO	REVISAR CABLES Y POLEAS DE MÁQUINA	S3 REVISAR MÁQUINA	MAQUINAS EN BUEN ESTADO	REVISAR PUERTAS	TÉCNICO
TÉCNICO	TÉCNICO ASIGNADO HERRAMIENTAS DE TRABAJO CALIBRADAS MATERIALES DE TRABAJO	REVISAR MÁQUINAS	S4 REVISAR PUERTA	PUERTAS EN BUEN ESTADO	VERIFICAR FOSO	TÉCNICO
TÉCNICO	TÉCNICO ASIGNADO HERRAMIENTAS DE TRABAJO CALIBRADAS MATERIALES DE TRABAJO	REVISAR PUERTAS	S5 VERIFICAR FOSO	FOSO EN BUEN ESTADO	CULMINAR ENTREGA DE SERVICIO	TÉCNICO
TÉCNICO	TÉCNICO ASIGNADO HERRAMIENTAS DE TRABAJO CALIBRADAS MATERIALES DE TRABAJO	VERIFICAR FOSO	S6 CULMINAR ENTREGA	INFORME DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO	-	CLIENTE

De acuerdo con los lineamientos de la empresa de ascensores, el orden adecuado para realizar el servicio de mantenimiento preventivo es S0, S1, S2, S3, S4, S5 y S6. A continuación, se explican los siete subprocesos del servicio de mantenimiento preventivo.

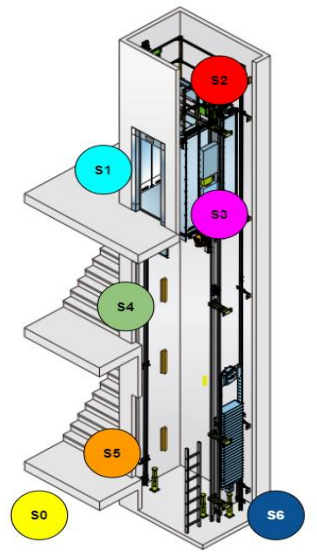
- S0: Preparar Área de Trabajo: En el siguiente proceso se posicionan las señales de ascensores imantadas en mantenimiento para evitar el uso de ascensores por los usuarios
- S1: Revisar Cuarto de Máquina o MAP: En el siguiente proceso se inspecciona la operación del cuarto de máquina o MAP. Se revisan los niveles de tensión eléctrica, la iluminación, el freno de mano y el interruptor contra incendios.
- S2: Revisar Cables y Poleas de Máquina: En el siguiente proceso se inspeccionan los cables y poleas de los ascensores. Se revisan las protecciones de los cables, el rodamiento de la polea de tracción, la lubricación de los cables y se limpian las poleas de tracción.
- S3: Revisar el Equipo: En el siguiente proceso se inspeccionan los ascensores. Se revisan los sujetadores de los cables de alimentación, el rodillo y el tacómetro, los sujetadores de las máquinas, el ventilador de la máquina, el limitador de la velocidad y se limpia el polvo exterior de la máquina.
- S4: Revisar puertas: En el siguiente proceso se inspeccionan las puertas de los equipos. Se revisa la faja y el motor, y se limpian los contactos y las poleas.
- S5: Verificar Foso o Pit: En el siguiente proceso se inspeccionan las luces del ducto y se limpian los buffers.
- S6: Culminar Mantenimiento Preventivo: El servicio de mantenimiento

culmina con el retiro de las señalizaciones imantadas de las puertas de los ascensores y con el llenado del reporte de servicio.

A continuación, se muestra un diagrama de distribución física dentro del área de trabajo para ejecutar un servicio de mantenimiento preventivo.

Figura 31

Distribución de etapas del Servicio de Mantenimiento Preventivo



Nota. Adaptado de Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

A continuación, se muestra el flujograma del proceso de servicio de mantenimiento, el cual permite visualizar con mayor detenimiento actividades específicas dentro de cada etapa del proceso.

3.2.1.4. Definir Plan Detallado

A continuación, se muestra el plan detallado con el despliegue de entregables de la fase Definir, Medir y Analizar, como se detalla a continuación:

3.2.1.5. Definir Plan de Comunicación

A continuación, se muestra el plan de comunicación establecido para el proyecto.

Tabla 10

Plan de Comunicación

PLAN DE COMUNICACIÓN						
INTERESADO	IMPACTO	REQUERIMIENTOS	INFORMACIÓN A COMUNICAR	CANAL	PLAZO DE FRECUENCIA	RESPONSABLE DE GESTIÓN
Tecnico de Mantenimiento	Bajo	Cumplir con el alcance del servicio a realizar y cumplir con el check list de mantenimiento preventivo	Informe del mantenimiento preventivo con el estado del ascensor	Acta de Mantenimiento	Semanal	Supervisor de Mantenimiento
Supervisor de Mantenimiento	Medio	Realizar la hoja de ruta Coordinar con los tecnicos y con el planificador de mantenimiento	Analizar el cumplimiento de los servicios y reporte semanal	Informe semanal del cumplimiento de los servicios de mantenimiento	Semanal	Jefe de Mantenimiento
Planificador de Mantenimiento	Alto	Realizar la hoja de ruta de los tecnicos Coordinar con los requerimientos de las analistas de post venta	Avance del KPI de cada tecnico, viendo el SPI de cada tecnico	Reunion semanal Reunion Quincenal Reunion Mensual	Semanal	Jefe de Mantenimiento
Jefe de mantenimiento	Medio	Revisar el SPI de los tecnicos y cumplimiento de los hojas de ruta	KPI mensual y cumplimiento de los tecnicos	Informe de cumplimiento Reporte Quincenal	Quincenal	Gerente de Operaciones
Analistas de atención al cliente	Medio	Recibir los requerimientos de los clientes y coordinar con finanzas que se encuentren realizados los pagos correspondientes	Analizar el cumplimiento de los servicios	Informe semanal del cumplimiento de los servicios de mantenimiento	Semanal	Jefe de post venta
Jefe de atención al cliente	Alto	Analizar el cumplimiento de los requerimientos y cumplimiento de post venta	KPI mensual y cumplimiento de los tecnicos	Informe de cumplimiento Reporte Quincenal	Quincenal	Gerente de Operaciones
Gerente de Operaciones	Alto			Informe de cumplimiento Reporte Mensual	Mensual	Lider

3.2.1.6. Definir Entrenamiento del Equipo

A continuación, se muestra el plan de entrenamiento del equipo de investigación.

Tabla 11

Plan de entrenamiento

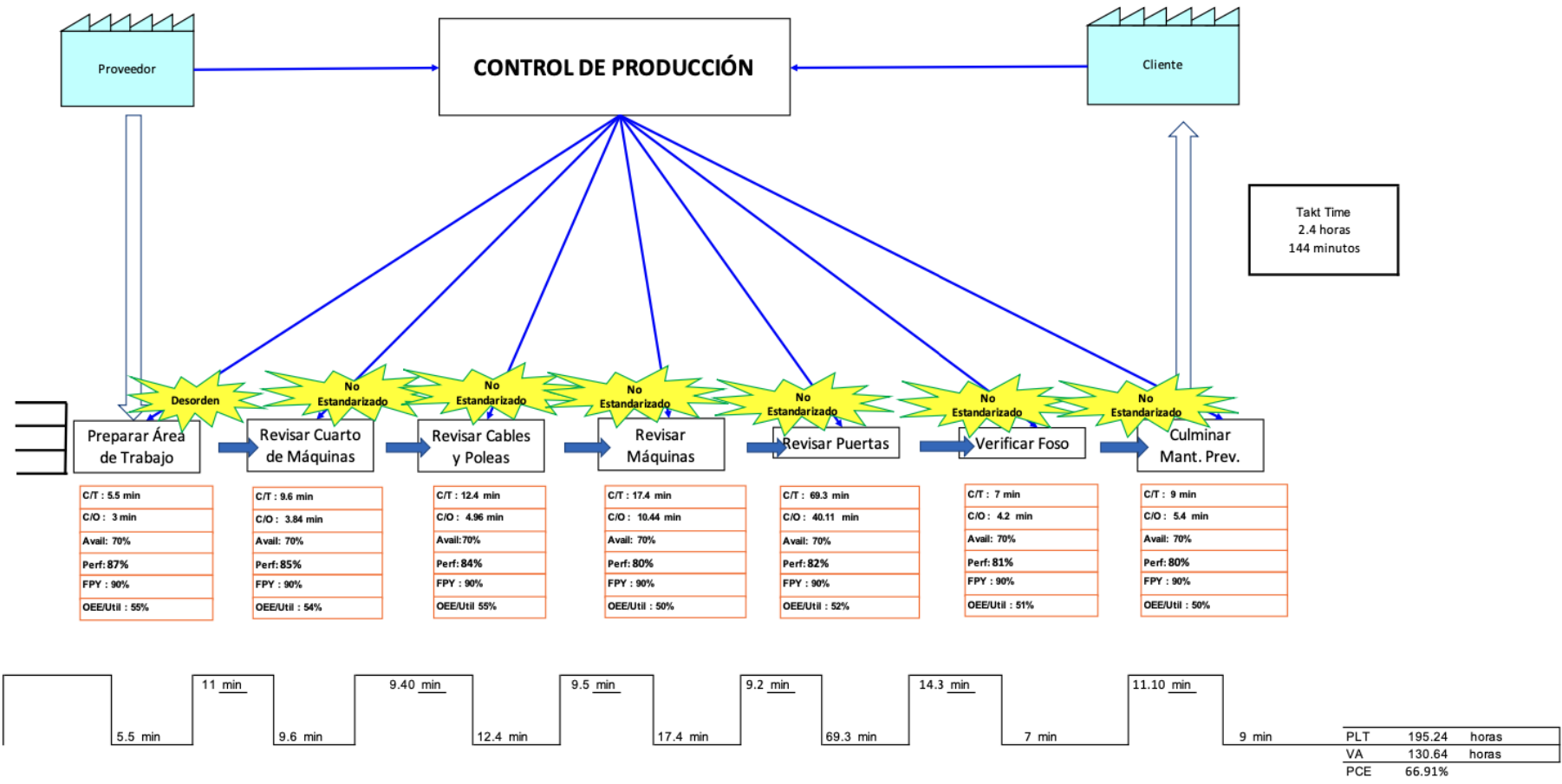
ACTIVIDAD	INICIO PLANIFICADO	DURACIÓN PLANIFICADA	FIN PLANIFICADO	PORCENTAJE COMPLETADO	DIAS																
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Fundamentos de Lean Six Sigma	1	2	2	100%	■	■															
Herramientas básicas de calidad	3	2	4	100%			■	■													
Matriz de causa efecto	5	3	7	100%				■	■	■											
Análisis de capacidad de proceso	8	2	9	100%							■	■									
Prueba de Hipotesis	9	3	11	100%								■	■	■							
Gage R&E	11	2	12	100%											■	■					
Análisis FMEA	13	2	14	50%														■	■		
Conclusión final	15	1	15	0%																	■

3.2.1.7. Definir Mapa de Flujo de Valor

Se analiza el proceso de servicio de mantenimiento en el mapa de flujo de valor, identificando desorden en el área de trabajo, lo cual dificulta la organización de herramientas de trabajo y delimitación de espacio de trabajo. Seguidamente, se identifica que los subprocesos de servicio de mantenimiento no se encuentran estandarizados con secuencias de pasos que difieren entre cada metodología de los diez técnicos de mantenimiento, en consecuencia, aumentando el tiempo de actividades que no generan valor en el desplazamiento innecesario y el reproceso del servicio. Se identifica un tiempo de actividades que generan un valor de 130.64 minutos en el servicio de mantenimiento preventivo, y un tiempo Takt de 144 minutos.

Figura 32

Value Stream Mapping (VSM)



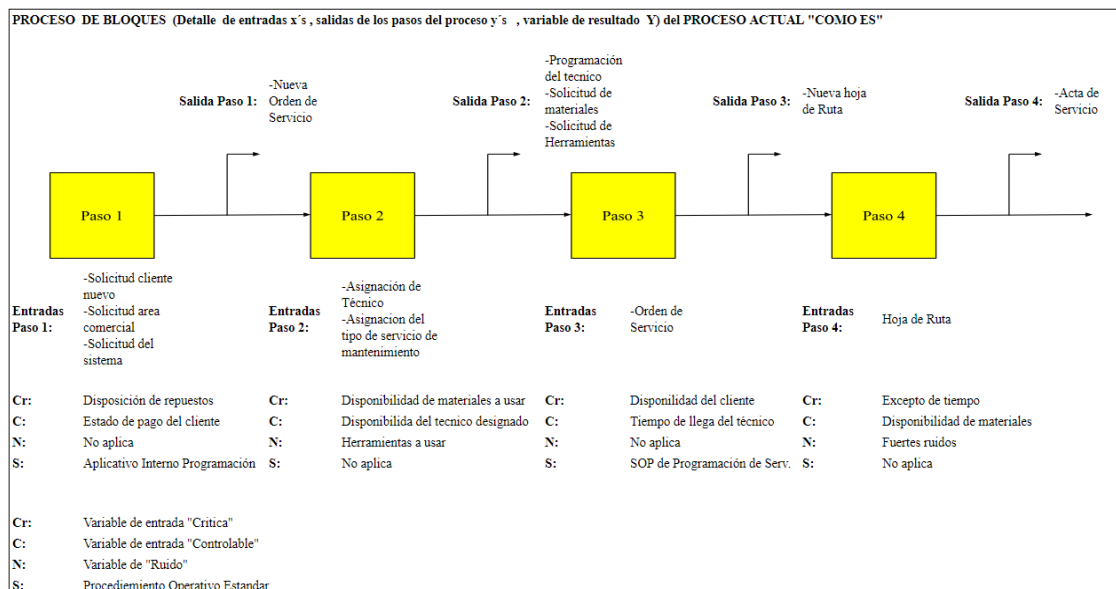
3.2.2. MEDIR

Según Wang et al. (2022) Durante la etapa Medir, se analiza la situación actual, en la cual se identifican posibles causas y la recolección de información de los procesos, así como las métricas de desempeño y capacidad del proceso. La etapa medir se caracterizará el proceso de servicio de mantenimiento en una distribución de bloques, se analizarán las entradas por la búsqueda de causas de variación y se desarrollará un plan de medición para la recolección de información. Se mide el nivel sigma, la capacidad del proceso y el costo de baja calidad.

3.2.2.1. Elaboración de Diagrama de Bloques del Proceso

Figura 33

Diagrama de Bloques



En el diagrama de bloques presentado se ha realizado el proceso desde que hay una nueva solicitud (Cliente nuevo, área comercial o por el sistema) se genera la orden servicio y se va asignado el técnico con el tipo de servicio que se va brindar hasta el

final del proceso que es el acta de servicio de mantenimiento preventivo realizado.

3.2.2.2. Matriz Causa Efecto

Tabla 12

Matriz Causa Efecto

MATRIZ CAUSA EFECTO	Usada para identificar las entradas más críticas y los atributos y's más relevantes.
----------------------------	--

CASO ANALISIS ENTRADAS

PROCESO	Servicio de Mantenimiento Preventivo
Fecha	11-10-2022
Realizado por	Ricardo David Meza Chuquizuta

Variables de Salida	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
Importancia de 1 a 6	5	2	3	2	4	6

Variables de Entrada	Correlación entre x's e y's						Calificación
X1	9	3	1	1	0	1	62
X2	9	3	1	1	0	0	56
X3	9	3	1	1	0	1	62
X4	1	0	3	9	3	1	50
X5	0	1	9	9	0	3	65
X6	3	3	9	3	3	1	72
X7	0	9	1	1	9	9	113

Tabla 13*Variables de entrada y salida*

VARIABLES DE ENTRADA		PASOS DEL PROCESO	
X1	Solicitud de Cliente Nuevo	1	Solicitar Servicio de Mantenimiento
X2	Solicitud Comercial	2	Asignar el técnico, materiales, herramientas, etc
X3	Solicitud del Sistema	3	Programar Servicio de Mantenimiento
X4	Asignación del Técnico	4	Realizar Servicio de Mantenimiento Preventivo
X5	Asignación de Servicio de Mantenimiento		
X6	Order de Servicio		
X7	Hoja de Ruta		
VARIABLES DE SALIDA		Correlación	
Y1	Nueva Orden Servicio	0	Ninguna
Y2	Programación del Técnico	1	Baja
Y3	Solicitud de Materiales	3	Moderada
Y4	Solicitud de Herramientas	9	Alta
Y5	Nueva Hoja de Ruta		
Y6	Acta de Servicio		

3.2.2.3. FMEA Análisis de Modalidad de Falla y Efecto

Tabla 14

FMEA Actual

CALIFICACIÓN	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Severidad	Peligrosa sin Aviso	Peligrosa con Aviso	Muy Alta	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja	Menor	Muy Menor	Ninguna
Ocurrencia	<=1 en 2	1 en 3	1 en 8	1 en 20	1 en 50	1 en 100	1 en 200	1 en 250	1 en 300	>=1 en 300
Detectabilidad	Absolutamente Incierto	Muy Remoto	Remoto	Muy Baja	Baja	Moderada	Moderada Alta	Alta	Muy Alta	Cierta

FUNCIÓN	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFFECTO POTENCIAL DEL MODO DE FALLA	SEVERIDAD (1-10)	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	FRECUENCIA (1-10)	CONTROLES ACTUALES	DETECTABILIDAD (1-10)	NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO
Verificar la disponibilidad del cliente	El cliente no esta disponible y/o no brinda las facilidades para realizar el servicio de mant.	Se pierde tiempo al esperar y/o reprogramar el servicio de mant.	8	Mala coordinación y/o programación	7	No se llena correctamente No se actualiza la planificación	4	224
Asignación del técnico	Técnico no se da abasto con el número de servicios programados	Incumplimiento y/o llega fuera de hora al servicio de mant.	8	Mala hojas de rutas y programación	6	No se llena correctamente	5	240
Asignación de herramientas por tipo de servicio de mant.	Almacén no tiene el stock necesario	Genera retraso y/o reprogramación	7	Inventario desactualizado	6	No se llena correctamente	5	210
Asignación de materiales por tipo de servicio de mant.	Almacén no tiene el stock necesario	Genera retraso y/o reprogramación	7	Inventario desactualizado	6	No se llena correctamente No se actualiza la planificación	5	210
Revisión del cuaderno de registro del ascensor	El técnico no revisa el cuaderno de registro antes de empezar el servicio de mant.	No se realiza el tipo de servicio adecuado y/o no sigue la continuidad del servicio anterior	9	Falta de secuencia de actividades	8	No hay check list de actividades	4	288
Limpieza y revisión del estado del ascensor	El técnico no realiza las actividades en el orden ni tiempos establecidos	No utiliza o no tiene una secuencia de actividades establecidos	8	Falta de procedimiento Falta de secuencia de actividades	7	No hay check list de actividades	4	224
Toma de medidas oscilante en los tableros del ascensor	El tecnico no revisa adecuadamente los tableros de control ni swich de seguridad	No registra y/o identifica fallas potenciales del ascensor	9	Falta de calibración de los equipos de medición y lectura	7	No hay plan de calibración de los equipos de medición	4	252
Limpieza y revisión del estado del ducto	El técnico no realiza las actividades en el orden ni tiempos establecidos	No utiliza o no tiene una secuencia de actividades establecidos	8	Falta de procedimiento Falta de secuencia de actividades	7	No hay check list de actividades	4	224
Acta del mantenimiento realizado	Al finalizar el servicio de mant. el técnico no le entrega y/o explica adecuadamente el acta	El cliente no tiene y/o no entendiendos los trabajos realizados en el servicio de mant.	8	Falta de procedimiento Falta de capacitación	6	Falta de control No se llena correctamente	5	240

La tabla de FMEA, se logra visualizar que según el número de prioridad de riesgo (RPN) donde se ha considerado los de mayor puntuación han sido el de revisión del cuaderno de registro del ascensor y toma de medidas oscilantes en los tableros del ascensor. La causa potencial de la falla ha sido por una falta de procedimientos, falta de secuencia de actividades y falta de calibración de los equipos de medición y

lectura en los tableros. Para poder desarrollar la tabla de FMEA actual, se ha realizado un juicio de experto con los 4 supervisores del área de mantenimiento y con el Full Trainer (Experto de la Marca KONE) ver Anexo 1

3.2.2.4. Plan de Medición y Gage R&R

Tabla 15

Plan de Medición y Gage R&R

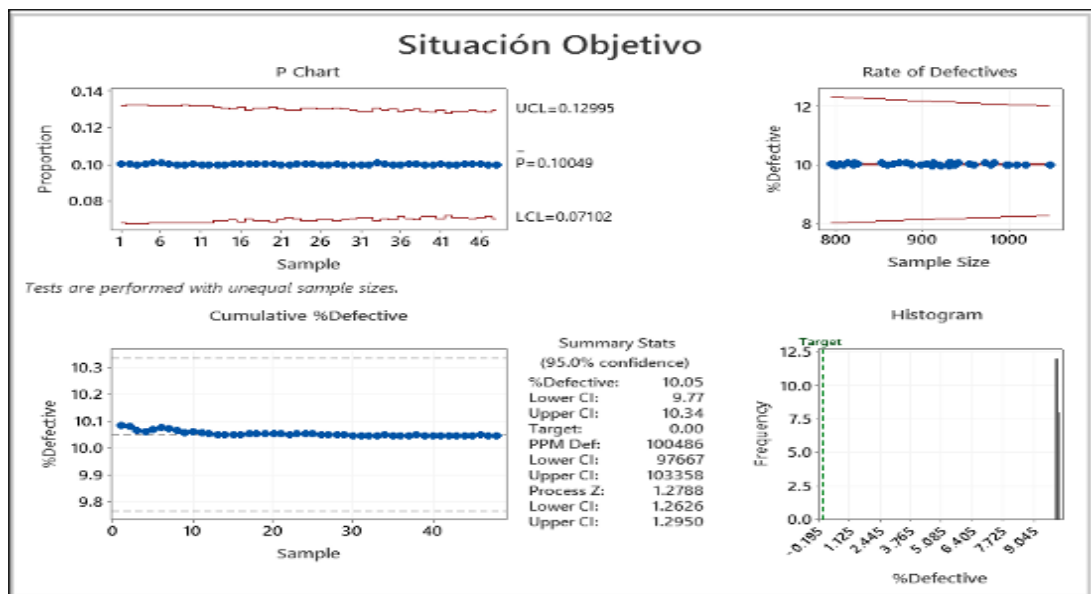
Métrica	X / Y	Definición Operativa	Tipo de Dato (discreto o continuo)	Fuente de los Datos	Tamaño de Muestra	Responsable	Fecha	Cómo	Cómo voy a usar y mostrar la data
Servicios de Mantenimiento	Y	Cantidad de servicios de mant. realizados mensualmente	Discreto	Área de atención al cliente	48	Ricardo Meza	17/10/2022	Consultar con la data existente	Gráfico de barras
Equipos en mantenimiento	Y	Cantidad de equipos a los que se planifica realizar servicios de mant.	Discreto	Área de mantenimiento	48	Ricardo Meza	17/10/2022	Consultar con la data existente	Gráfico de barras
Mantenimientos Preventivos	Y	Cantidad de equipos que se le brinda el servicio de mant. preventivo	Discreto	Área de mantenimiento	48	Ricardo Meza	17/10/2022	Consultar con la data existente	Gráfico de barras
Insatisfacción por incumplimiento por tiempo	Y	Cantidad de servicios de mant. que no llego a tiempo y/o se reprogramo	Discreto	Área de atención al cliente	48	Ricardo Meza	17/10/2022	Consultar con la data existente	Gráfico de barras
Insatisfacción por mala información al cliente	Y	Cantidad de reporte del cliente de insatisfacción por mala y/o incompleta información	Discreto	Área de atención al cliente	48	Ricardo Meza	17/10/2022	Consultar con la data existente	Gráfico de barras
Insatisfacción por altos costos del servicio de mant.	Y	Cantidad de reporte del cliente de insatisfacción por altos costos en el serv de mant.	Discreto	Área de atención al cliente	48	Ricardo Meza	17/10/2022	Consultar con la data existente	Gráfico de barras
Insatisfacción por retrasos en entregas de repuestos y/o materiales	Y	Cantidad de reporte del cliente de insatisfacción retrasos	Discreto	Área de operaciones	48	Ricardo Meza	17/10/2022	Consultar con la data existente	Gráfico de barras
Insatisfacción por mala programación y/o coordinación	Y	Cantidad de servicios de mant que fueron reprogramados	Discreto	Área de operaciones	48	Ricardo Meza	17/10/2022	Consultar con la data existente	Gráfico de barras
Insatisfacción por desorden o mucho ruido al realizar el servicio de mant.	Y	Cantidad de reporte del cliente de insatisfacción por desorden o ruido al realizar el servicio	Discreto	Área de mantenimiento	48	Ricardo Meza	17/10/2022	Consultar con la data existente	Gráfico de barras
Tiempo para preparar el área de trabajo	X	Tiempo que se demora el técnico en preparar el área de trabajo.	Continuo	Área de operaciones	30	Marco Sánchez	17/10/2022	Consultar el registro existente	Gráfica de distribución Normal
Tiempo para revisar el cuarto de máquinas o MAP	X	Tiempo que se demora el técnico en revisar el cuarto de máquinas o MAP.	Continuo	Área de operaciones	30	Marco Sánchez	17/10/2022	Consultar el registro existente	Gráfica de distribución Normal
Tiempo para revisar máquinas	X	Tiempo que se demora el técnico en revisar las partes del ascensor.	Continuo	Área de operaciones	30	Marco Sánchez	17/10/2022	Consultar el registro existente	Gráfica de distribución Normal
Tiempo para revisar puertas	X	Tiempo que se demora el técnico en revisar puertas.	Continuo	Área de operaciones	30	Marco Sánchez	17/10/2022	Consultar el registro existente	Gráfica de distribución Normal
Tiempo para verificar foso	X	Tiempo que se demora el técnico en verificar foso.	Continuo	Área de operaciones	30	Marco Sánchez	17/10/2022	Consultar el registro existente	Gráfica de distribución Normal
Tiempo para culminar el mantenimiento preventivo	X	Tiempo que se demora el técnico en culminar el servicio de mant.	Continuo	Área de operaciones	30	Marco Sánchez	17/10/2022	Consultar el registro existente	Gráfica de distribución Normal

3.2.2.5. Nivel de Calidad Sigma

A continuación, se muestra el análisis estadístico del proceso con un 95% de nivel de confianza, se identifica que el nivel Z del proceso de servicio de mantenimiento es de 1.2788 unidades. Asimismo, se determina que el nivel sigma de 2.2788

Figura 34

Situación Objetivo



Con un nivel sigma de 2.2788 se puede estimar que el proceso tiene un rendimiento que oscila entre 69.15% - 93.3%, asimismo, se posee un rango de defectos por millón de 308,537 - 66,807. Un proceso con alto índice de variabilidad.

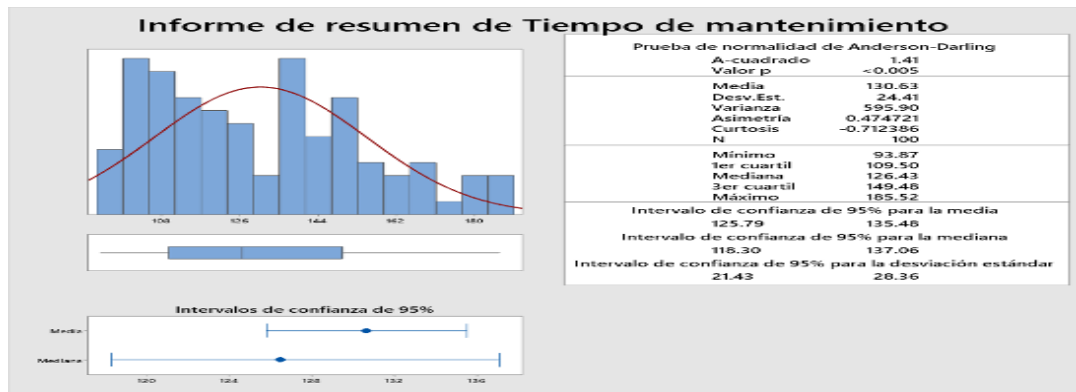
3.2.2.6. Capacidad del Proceso

Se mide la capacidad del proceso de servicio de mantenimiento con 100 datos: 10 muestras por cada uno de los 10 operarios involucrados en el proceso. Sin embargo, la variabilidad del proceso no permite ajustar los datos a una distribución normal, en los cuáles se obtienen índices estadísticos por media de 130.63 minutos y 24.41

minutos de desviación estándar. Lo cual refuerza la percepción de poca predictibilidad y alta duración del servicio por parte del cliente.

Figura 35

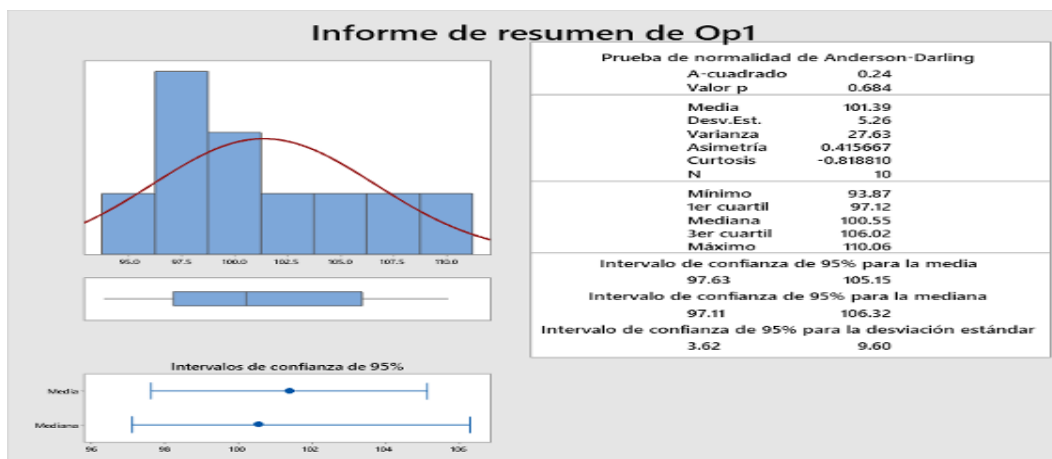
Resumen de Tiempo de Mantenimiento



Se analizan los tiempos de servicio de mantenimiento de cada técnico de mantenimiento. A continuación, se muestra el análisis de tiempo brindado por el técnico 1. El cuál cuenta con una media de 101.39 minutos y 5.26 minutos de desviación estándar, realizado en el programa MINITAB.

Figura 36

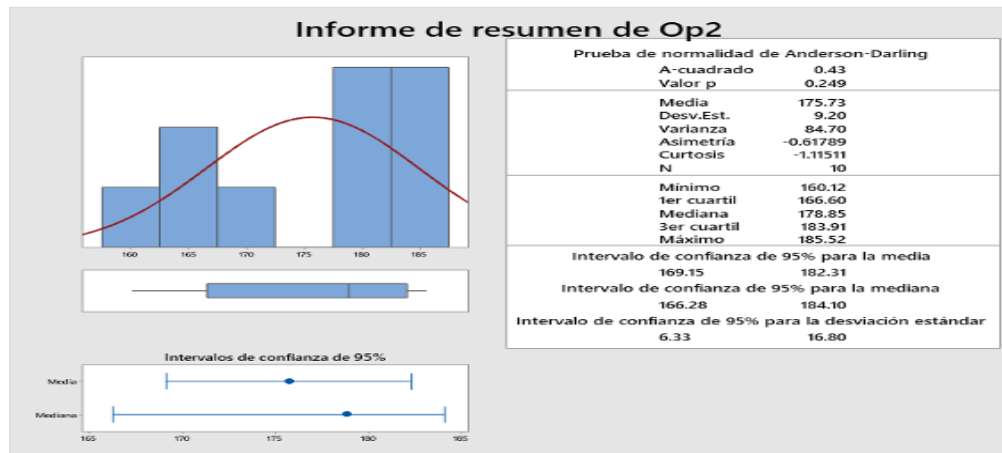
Informe Operario 1



A continuación, se muestra el análisis de tiempo brindado por el técnico 2. El cuál cuenta con una media de 175.73 minutos y 9.20 minutos de desviación estándar, realizado en el programa MINITAB.

Figura 37

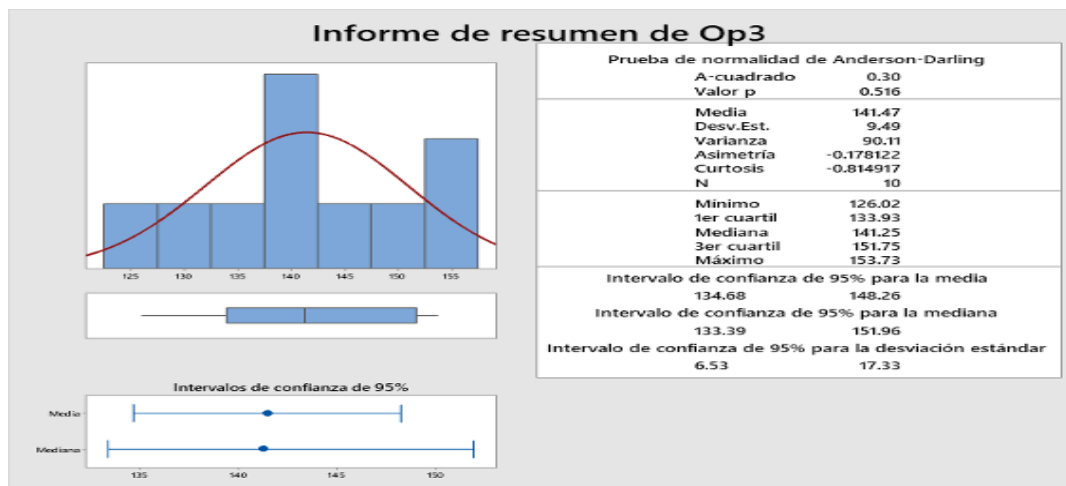
Informe Operario 2



A continuación, se muestra el análisis de tiempo brindado por el técnico 3. El cuál cuenta con una media de 141.47 minutos y 9.49 minutos de desviación estándar, realizado en el programa MINITAB.

Figura 38

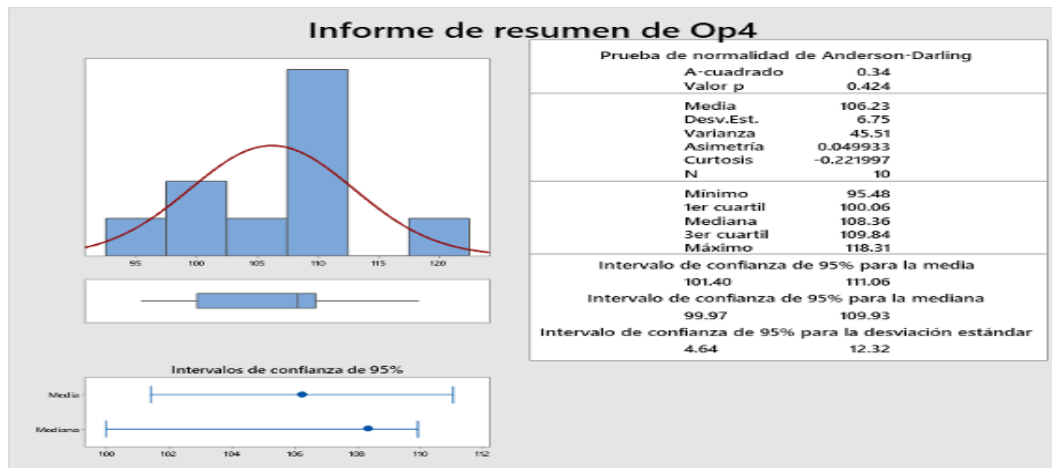
Informe Operario 3



A continuación, se muestra el análisis de tiempo brindado por el técnico 4. El cuál cuenta con una media de 106.23 minutos y 6.75 minutos de desviación estándar, realizado en el programa MINITAB.

Figura 39

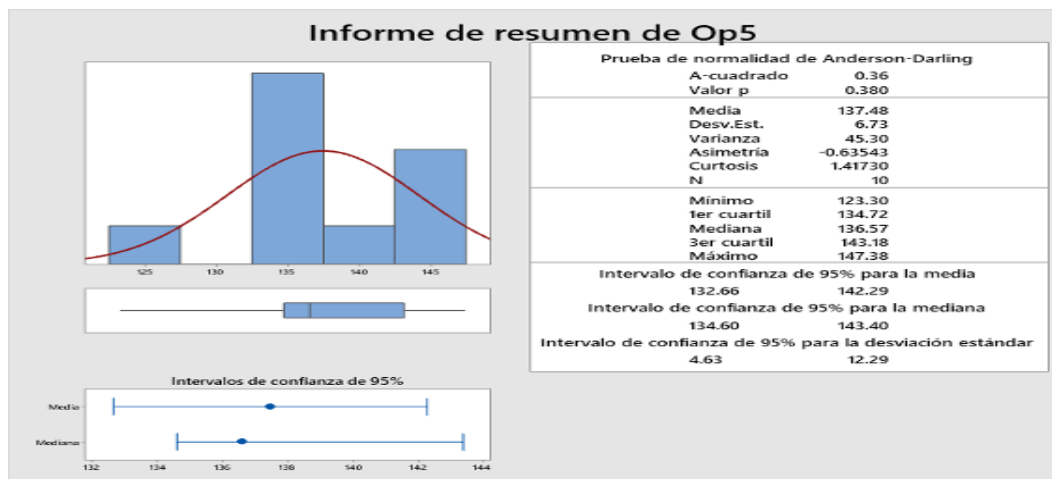
Informe Operario 4



A continuación, se muestra el análisis de tiempo brindado por el técnico 5. El cuál cuenta con una media de 137.48 minutos y 6.73 minutos de desviación estándar, realizado en el programa MINITAB.

Figura 40

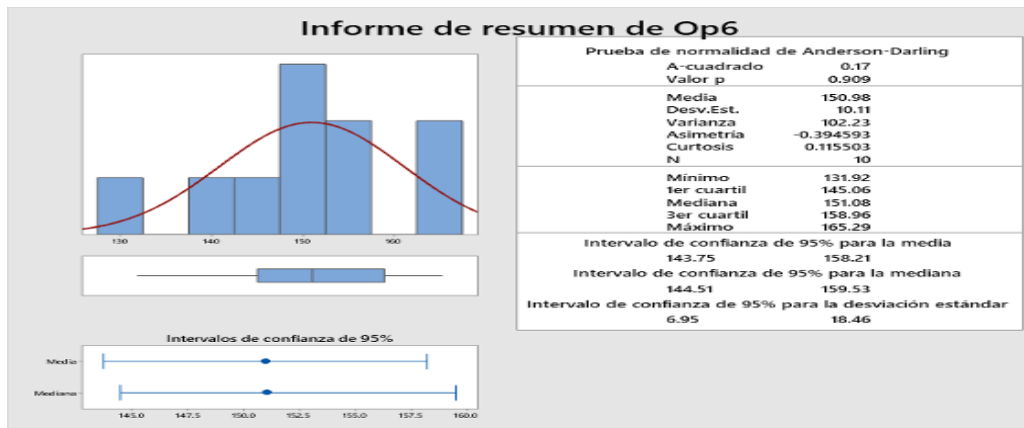
Informe Operario 5



A continuación, se muestra el análisis de tiempo brindado por el técnico 6. El cuál cuenta con una media de 150.98 minutos y 10.11 minutos de desviación estándar, realizado en el programa MINITAB..

Figura 41

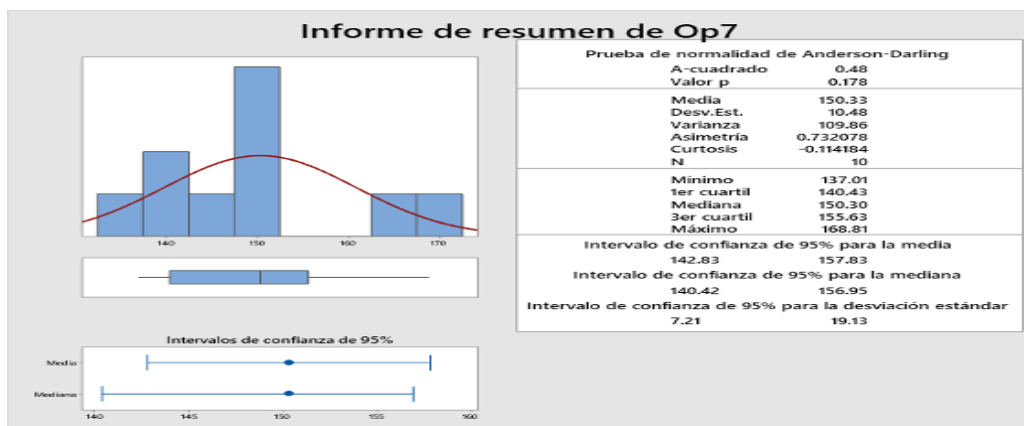
Informe Operario 6



A continuación, se muestra el análisis de tiempo brindado por el técnico 7. El cuál cuenta con una media de 150.33 minutos y 10.48 minutos de desviación estándar, realizado en el programa MINITAB.

Figura 42

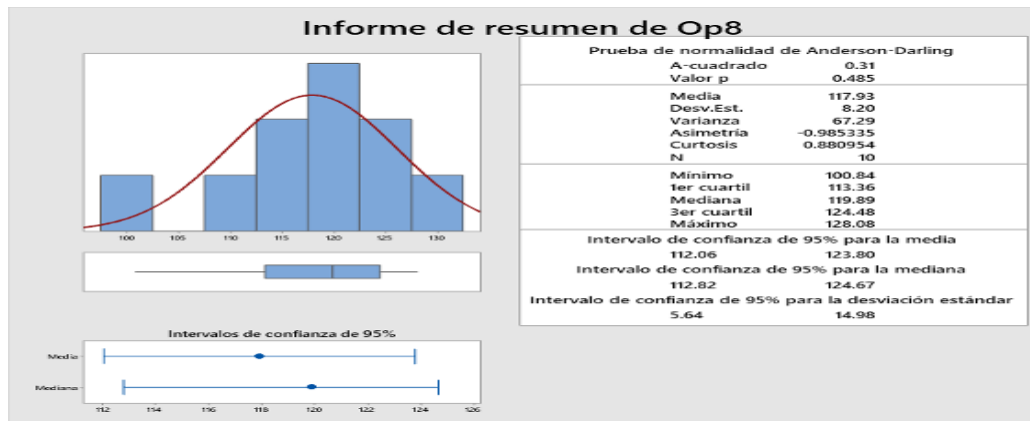
Informe Operario 7



A continuación, se muestra el análisis de tiempo brindado por el técnico 8. El cuál cuenta con una media de 117.93 minutos y 8.20 minutos de desviación estándar, realizado en el programa MINITAB.

Figura 43

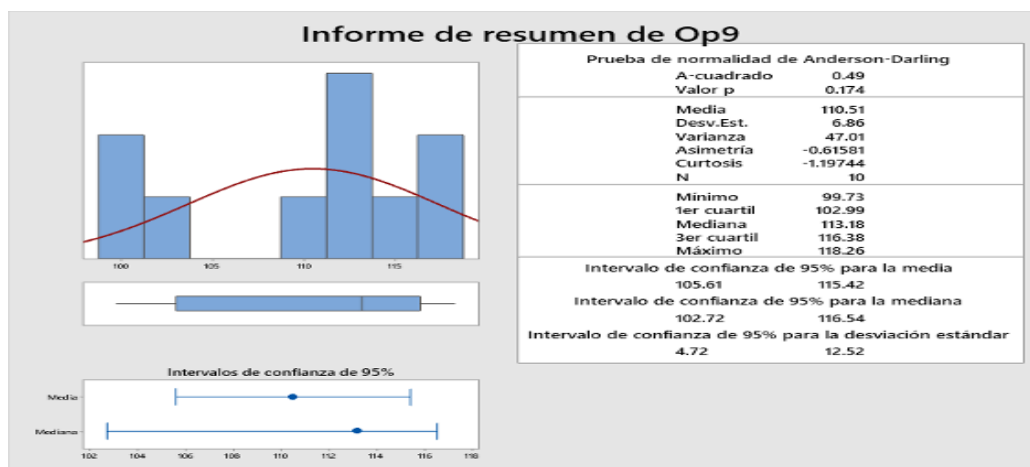
Informe Operario 8



A seguir, se muestra el análisis de tiempo brindado por el técnico 9. El cuál cuenta con una media de 110.51 minutos y 6.86 minutos de desviación estándar.

Figura 44

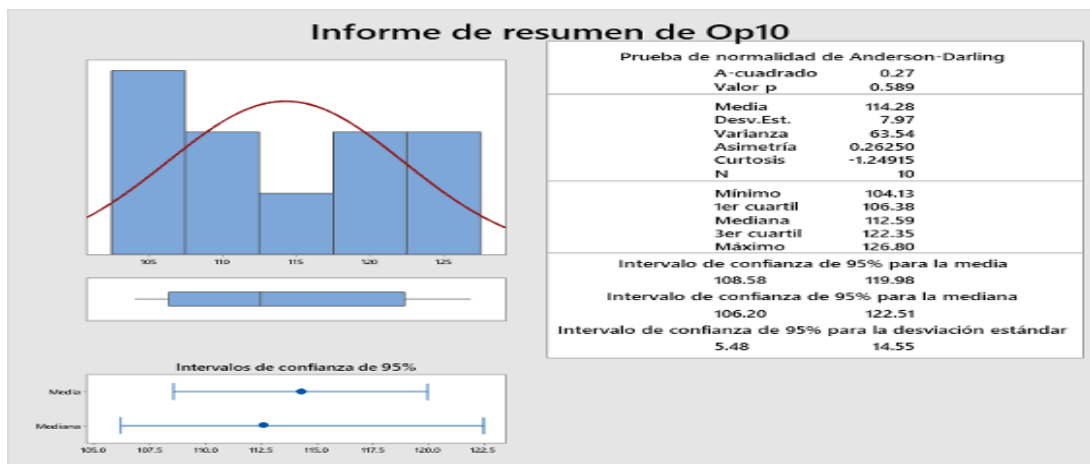
Informe Operario 9



A continuación, se muestra el análisis de tiempo brindado por el técnico 9. El cuál cuenta con una media de 114.28 minutos y 7.97 minutos de desviación estándar, realizado en el programa MINITAB.

Figura 45

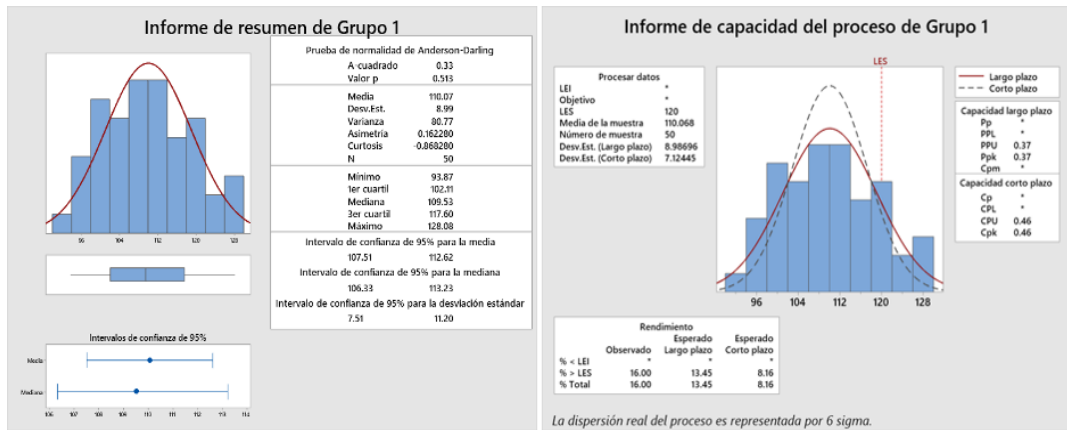
Informe Operario 10



Se procede a agrupar los diferentes tiempos de operación en servicio de mantenimientos de los 10 técnicos para ajustar los modelos a la distribución correspondiente. El grupo 1 está conformado por el técnico 1, técnico 4, técnico 8, técnico 9 y técnico 10 con un tiempo medio de 110.07 minutos y 8.99 minutos de desviación estándar, realizado en el programa MINITAB.

Figura 46

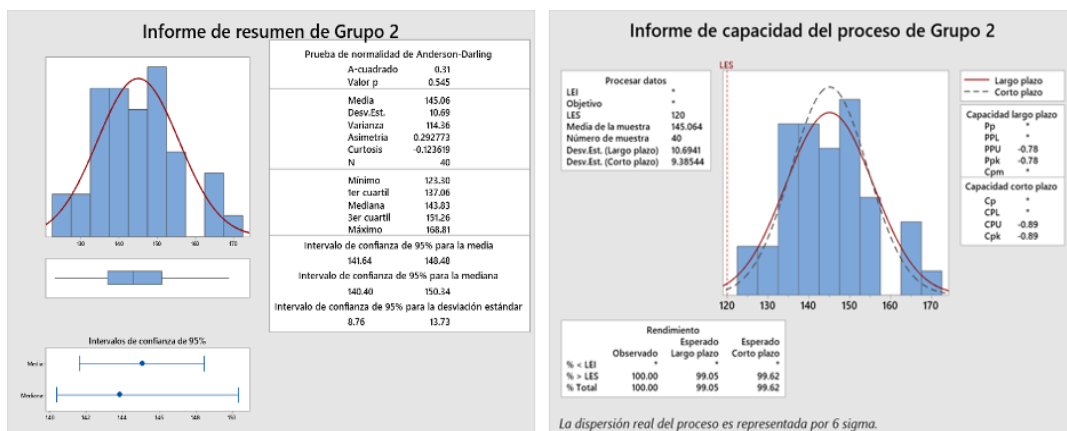
Informe Grupo 1



El grupo 2 está conformado por el técnico 3, técnico 5, técnico 6 y técnico 7 con un tiempo medio de 145.06 minutos y 10.69 minutos de desviación estándar, realizado en el programa MINITAB.

Figura 47

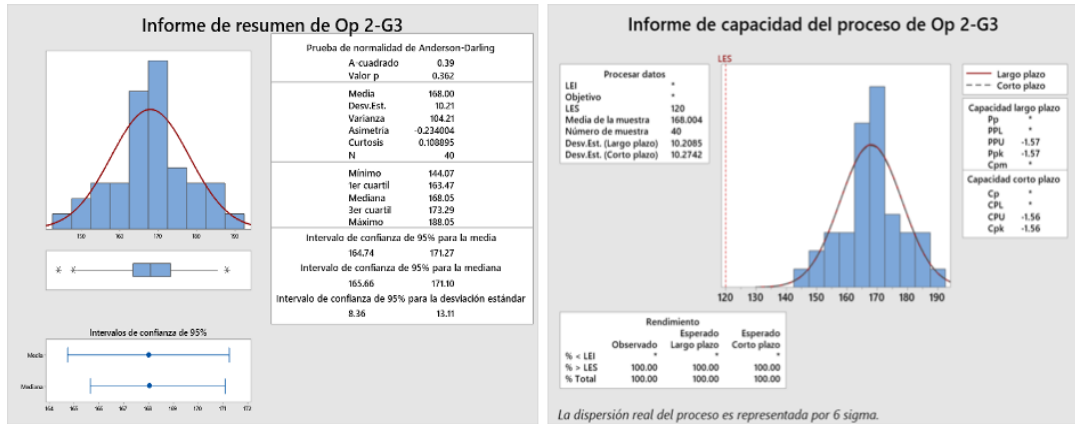
Informe Grupo 2



El grupo 3 está conformado únicamente por el técnico 2 con un tiempo medio de 168 minutos y 10.21 minutos de desviación estándar, realizado en el programa MINITAB.

Figura 48

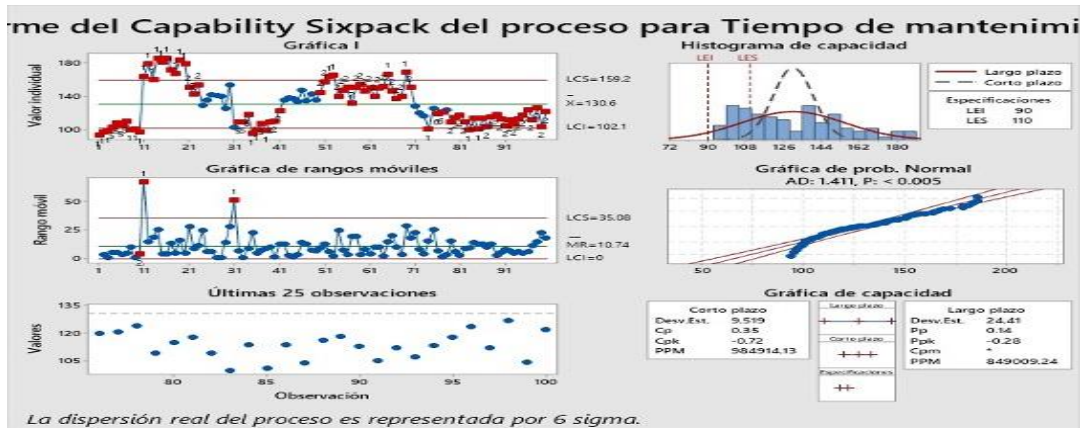
Informe Grupo 3



A continuación, se muestra el reporte de capacidad de proceso por comportamiento en gráfica de control, gráfica de rangos móviles, dispersión de eventos, gráficas de probabilidad de distribución normal y los índices estadísticos de capacidad, realizado en el programa MINITAB.

Figura 49

Dispersión del proceso para tiempo de Mantenimiento



El diagrama nos muestra que el proceso se encuentra fuera de control debido a los diferentes tiempos de mantenimiento preventivo ejecutados sin estandarización por sus diez diferentes técnicos, realizado en el programa MINITAB.

3.2.3. ANALIZAR

Según Wang et al. (2022) “Durante la etapa Analizar, los equipos de proyecto identifican causas potenciales y las evalúan las hipótesis estadísticamente. Asimismo, se generan ideas de solución que deben ser validadas antes de ejecutarlas en la etapa de Mejorar”

3.2.3.1. Datos para Análisis

Figura 50

Estimación de 5 minutos

Sample Size for Estimation

Method

Parameter	Mean
Distribution	Normal
Standard deviation	24.41 (estimate)
Confidence level	95%
Confidence interval	Two-sided

Results

Margin of Error	Sample Size
5	94

Se desea tener suficientes datos para aproximar el promedio de la población con un error de 5 minutos, realizado en el programa MINITAB.

A continuación, se muestran los datos a analizar diversificados en los diferentes técnicos que ejecutaron el servicio de mantenimiento, asimismo, se analiza una variable categórica de estandarización, por si es que el técnico ha seguido el proceso propuesto por la empresa o si es que este se encuentra no estandarizado.

Adicionalmente, se analiza una variable discreta por la cantidad de capacitaciones del proceso propuesto por la organización que recibió el técnico.

Tabla 16

Técnicos Vs Variable Categórica

	C1	C2-T	C3	C4-T	C5	C6-T	C7
	Operario	Estandarización	Capacitación en el año	Desorden en el área	Zona de Trabajo	Equipos descalibrados	Tiempo d...
1	3	ESTANDAR	3	ORDEN	1.5	CALIBRADO	92.13
2	5	ESTANDAR	4	ORDEN	2.0	DESCALIBRADO	103.20
3	1	NO ESTANDAR	4	ORDEN	2.0	DESCALIBRADO	107.23
4	4	NO ESTANDAR	2	ORDEN	1.5	CALIBRADO	96.52
5	5	ESTANDAR	4	DESORDEN	1.0	DESCALIBRADO	94.19
6	2	NO ESTANDAR	3	DESORDEN	1.0	CALIBRADO	166.30
7	3	ESTANDAR	3	DESORDEN	1.5	CALIBRADO	94.40
8	1	NO ESTANDAR	4	DESORDEN	2.0	DESCALIBRADO	179.50
9	4	NO ESTANDAR	2	DESORDEN	1.5	DESCALIBRADO	165.70
10	1	NO ESTANDAR	4	ORDEN	1.5	DESCALIBRADO	171.00
11	3	ESTANDAR	3	DESORDEN	2.0	DESCALIBRADO	96.40
12	5	ESTANDAR	4	ORDEN	2.0	CALIBRADO	95.90
13	6	NO ESTANDAR	2	DESORDEN	1.5	DESCALIBRADO	141.00
14	3	ESTANDAR	3	DESORDEN	1.0	CALIBRADO	96.40
15	5	ESTANDAR	4	ORDEN	2.0	CALIBRADO	93.50
16	6	NO ESTANDAR	2	DESORDEN	1.5	CALIBRADO	101.79
17	1	NO ESTANDAR	4	ORDEN	2.0	CALIBRADO	99.82
18	3	ESTANDAR	3	ORDEN	2.0	DESCALIBRADO	98.10
19	5	ESTANDAR	4	ORDEN	1.5	CALIBRADO	92.50
20	3	ESTANDAR	3	ORDEN	2.0	DESCALIBRADO	99.40
21	8	NO ESTANDAR	3	DESORDEN	1.5	CALIBRADO	120.40
22	7	NO ESTANDAR	2	DESORDEN	1.5	DESCALIBRADO	136.44
23	6	NO ESTANDAR	2	ORDEN	1.5	CALIBRADO	128.40
24	5	ESTANDAR	4	DESORDEN	2.0	DESCALIBRADO	95.40
25	4	NO ESTANDAR	2	ORDEN	1.5	CALIBRADO	116.55
26	3	ESTANDAR	3	DESORDEN	1.5	DESCALIBRADO	100.30

Se analiza una variable categórica si es que el área de trabajo estuvo ordenada o desordenada. Asimismo, se analiza una variable continua por los metros cuadrados de espacio de trabajo. Se analiza una variable categórica por si es que el equipo de trabajo estuvo descalibrado durante el mantenimiento se considera la variable continua por el tiempo de servicio de mantenimiento observado. Se determina la muestra de 100 datos de tiempo de servicio de mantenimiento preventivo distribuido en 10 diferentes técnicos.

Tabla 17*Muestreo de 100 datos*

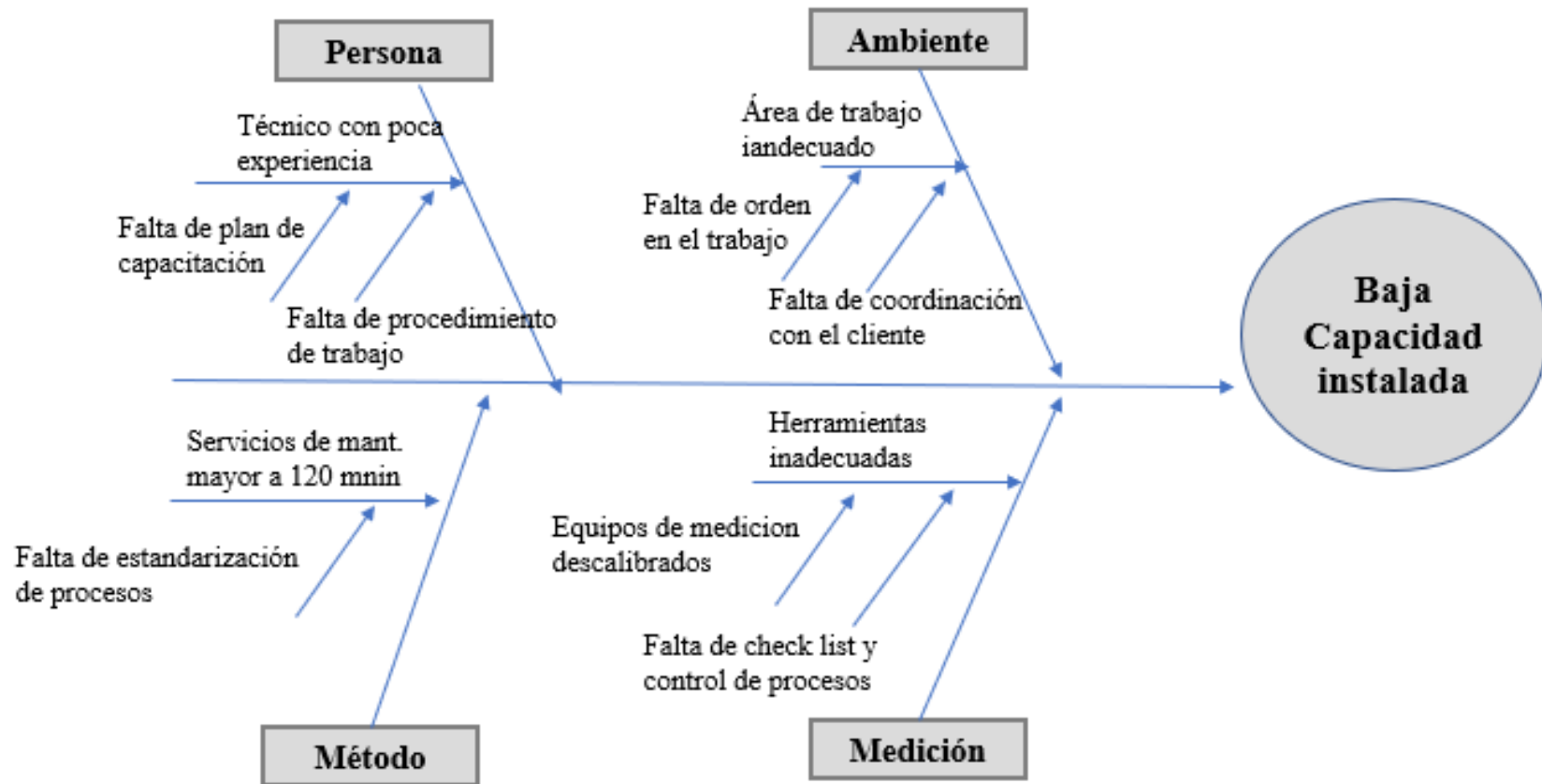
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6	Op7	Op8	Op9	Op10
1	93.87	164.00	151.15	102.54	123.30	157.42	150.54	128.08	117.64	104.90
2	97.08	178.81	142.66	109.20	135.92	163.58	140.38	120.11	109.09	111.78
3	97.92	160.12	153.73	109.59	138.68	165.29	150.06	116.21	99.73	106.87
4	103.07	185.52	129.54	118.31	137.20	140.56	152.05	100.84	113.57	113.08
5	108.40	181.36	135.40	95.48	133.72	147.74	166.36	126.06	100.80	117.59
6	105.23	185.49	141.64	100.33	147.38	150.86	146.78	119.66	113.55	123.62
7	110.06	172.26	140.87	107.53	135.06	131.92	137.01	120.62	103.72	112.09
8	100.34	167.47	140.12	99.27	142.57	151.30	140.44	123.95	115.96	126.80
9	100.76	183.38	126.02	109.47	135.95	154.59	168.81	108.95	118.26	104.13
10	97.13	178.89	153.53	110.58	144.99	146.56	150.89	114.83	112.81	121.93

3.2.3.2. Diagrama de Causa Efecto

Se muestra a continuación el diagrama de causa efecto para categorizar las diferentes razones por la cual un servicio de mantenimiento preventivo puede extenderse a un tiempo superior al de 120 minutos durante el periodo 2021 (Ver Punto 2.3.1).

Figura 51

Diagrama Causa-Efecto



3.2.3.3. FMEA Análisis de Modalidad de Falla y Efecto

Tabla 18

FMEA Mejorado

CALIFICACIÓN	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Severidad	Peligrosa sin Aviso	Peligrosa con Aviso	Muy Alta	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja	Menor	Muy Menor	Ninguna
Ocurrencia	<=1 en 2	1 en 3	1 en 8	1 en 20	1 in 50	1 en 100	1 en 200	1 en 250	1 en 300	>=1 en 300
Detectabilidad	Absolutament e Incierto	Muy Remoto	Remoto	Muy Baja	Baja	Moderada	Moderada Alta	Alta	Muy Alta	Cierta

FUNCIÓN	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO POTENCIAL DEL MODO DE FALLA	ACCIÓN RECOMENDADA	RESPONSABLE	FECHA COMPROMISO DE EJECUCIÓN	NUEVA SEVERIDAD (1-10)	NUEVA FRECUENCIA (1-10)	NUEVA DETECTABILIDAD (1-10)	NUEVO NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO
Verificar la disponibilidad del cliente	El cliente no esta disponible y/o no brinda las facilidades para realizar el servicio de mant.	Se pierde tiempo al esperar y/o reprogramar el servicio de mant.	Capacitación del sistema interno de atención al cliente Procedimientos entre las áreas de atención al cliente y mantenimiento	Marco Sánchez	14/11/2022	4	2	4	32
Asignación del técnico	Técnico no se da abasto con el número de servicios programados	Incumplimiento y/o llega fuera de hora al servicio de mant.	Contratar a un planificador calificado Nuevas hojas de ruta	Marco Sánchez	14/11/2022	4	2	5	40
Asignación de herramientas por tipo de servicio de mant.	Almacén no tiene el stock necesario	Genera retraso y/o reprogramación	Realizar un nuevo inventario con las áreas involucradas	Marco Sánchez	14/11/2022	3	2	5	30
Asignación de materiales por tipo de servicio de mant.	Almacén no tiene el stock necesario	Genera retraso y/o reprogramación	Realizar un nuevo inventario con las áreas involucradas	Marco Sánchez	14/11/2022	3	2	5	30
Revisión del cuaderno de registro del ascensor	El técnico no revisa el cuaderno de registro antes de empezar el servicio de mant.	No se realiza el tipo de servicio adecuado y/o no sigue la continuidad del servicio anterior	Capacitación de los técnicos y estandarización de metodos de trabajo actualizados	Marco Sánchez	14/11/2022	4	3	4	48
Limpeza y revisión del estado del ascensor	El técnico no realiza las actividades en el orden ni tiempos establecidos	No utiliza o no tiene una secuencia de actividades establecidos	Capacitación de los técnicos y estandarización de metodos de trabajo actualizados	Ricardo Meza	14/11/2022	4	3	4	48
Toma de medidas oscilante en los tableros del ascensor	El tecnico no revisa adecuadamente los tableros de control ni swich de seguridad	No registra y/o identifica fallas potenciales del aseensor	Plan de calibración de los equipos de medición y de lectura para los tableros del ascensor	Ricardo Meza	14/11/2022	6	2	4	48
Limpeza y revisión del estado del ducto	El técnico no realiza las actividades en el orden ni tiempos establecidos	No utiliza o no tiene una secuencia de actividades establecidos	Capacitación de los técnicos y estandarización de metodos de trabajo actualizados	Ricardo Meza	14/11/2022	4	3	4	48
Acta del mantenimiento realizado	Al finalizar el servicio de mant. el técnico no le entrega y/o explica adecuadamente el acta	El cliente no tiene y/o no entendiend los trabajos realizados en el servicio de mant.	Capacitación de los técnicos y estandarización de metodos de trabajo actualizados	Ricardo Meza	14/11/2022	4	2	5	40

La tabla de FMEA, se logra visualizar con la acción recomendada según el número de prioridad de riesgo (RPN) La causa potencial de la falla había sido por una falta de procedimientos, falta de secuencia de actividades y falta de calibración de los equipos de medición y lectura en los tableros con la implementación de la mejor el nuevo RPN ha bajado considerablemente. Para poder desarrollar la tabla de FMEA con las recomendaciones, se ha realizado un juicio de experto con los 4 supervisores

del área de mantenimiento y con el Full Trainer (Experto de la Marca KONE) ver Anexo 1 en la presente investigación.

3.2.3.4. Teorías de Hipótesis de Causa Raíz

En función a los diferentes diagramas de causa efecto, se propone cinco análisis de hipótesis en los que se intenta confirmar si es que las variables del tipo de técnico, proceso estandarizado, número de capacitaciones en el año, desorden en el área de trabajo, espacio de trabajo y equipos descalibrados empleados durante el servicio de mantenimiento impactan directamente sobre el tiempo de mantenimiento. La primera hipótesis analiza el tiempo de mantenimiento preventivo y el técnico que ejecuta el servicio tienen una correlación, realizado en el programa MINITAB.

Figura 52

ANOVA de Tiempo de Mantenimiento Vs. Operario

FACTORES

ANOVA de un solo factor: Tiempo de mantenimiento vs. Operario

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Operario	10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Operario	9	15069	1674.3	4.96	0.000
Error	40	13507	337.7		
Total	49	28575			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
18.3758	52.73%	42.10%	21.91%

Tabla 19

Medias Operario

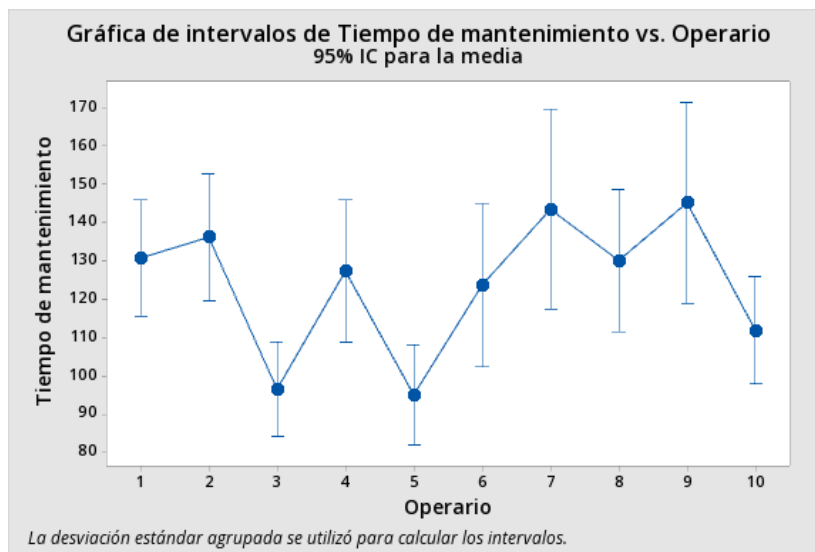
Medias

Operario	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	6	130.8	35.3	(115.6, 146.0)
2	5	136.3	24.3	(119.6, 152.9)
3	9	96.537	2.848	(84.157, 108.916)
4	4	127.4	29.2	(108.8, 146.0)
5	8	95.04	3.53	(81.91, 108.17)
6	3	123.7	20.0	(102.3, 145.2)
7	2	143.53	10.03	(117.27, 169.80)
8	4	130.17	14.97	(111.60, 148.74)
9	2	145.3	15.8	(119.0, 171.5)
10	7	111.94	8.18	(97.90, 125.97)

Desv.Est. agrupada = 18.3758

Figura 53

Gráfica de Intervalos de tiempo de Mantenimiento Vs. Operario



La segunda hipótesis analiza el tiempo de mantenimiento preventivo y si es que la estandarización del proceso cuenta con una correlación, realizado en el programa MINITAB.

Figura 54

ANOVA de Tiempo de mantenimiento vs. Estandarización

FACTORES

ANOVA de un solo factor: Tiempo de mantenimiento vs. Estandarización

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Estandarización	2	ESTANDAR, NO ESTANDAR

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Estandarización	1	11713	11712.8	33.34	0.000
Error	48	16863	351.3		
Total	49	28575			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
18.7431	40.99%	39.76%	37.21%

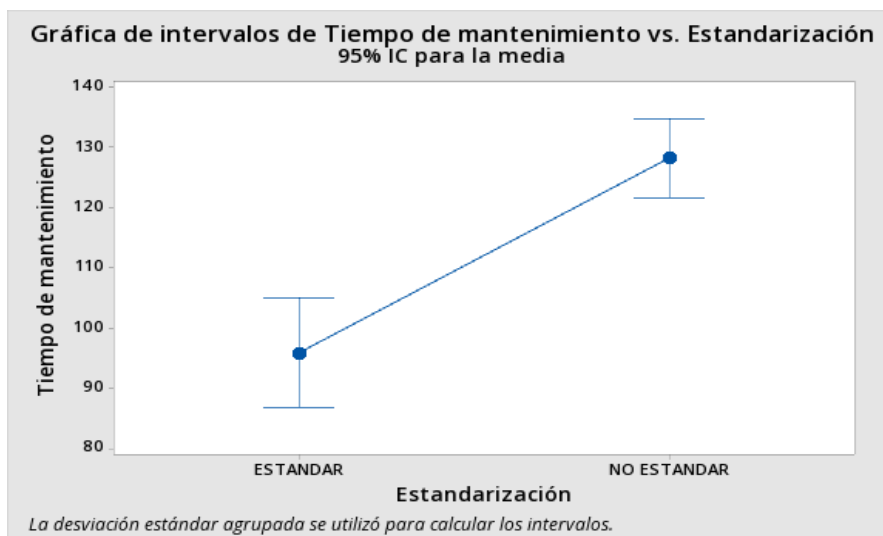
Medias

Estandarización	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
ESTANDAR	17	95.831	3.180	(86.691, 104.971)
NO ESTANDAR	33	128.14	22.85	(121.58, 134.70)

Desv.Est. agrupada = 18.7431

Figura 55

Gráfica de Intervalos de tiempo de mantenimiento vs. estandarización



La tercera hipótesis analiza el tiempo de mantenimiento preventivo y si es que las capacitaciones sobre el proceso de servicio de mantenimiento en los técnicos tienen una correlación, realizado en el programa MINITAB.

Figura 56

ANOVA de Tiempo de mantenimiento vs. capacitación en el año

FACTORES
ANOVA de un solo factor: Tiempo de mantenimiento vs. Capacitación en el año

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Capacitación en el año	3	2, 3, 4

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Capacitación en el año	2	3485	1742.3	3.26	0.047
Error	47	25091	533.8		
Total	49	28575			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
23.1051	12.19%	8.46%	0.00%

Tabla 20

Medias de capacitación en el año

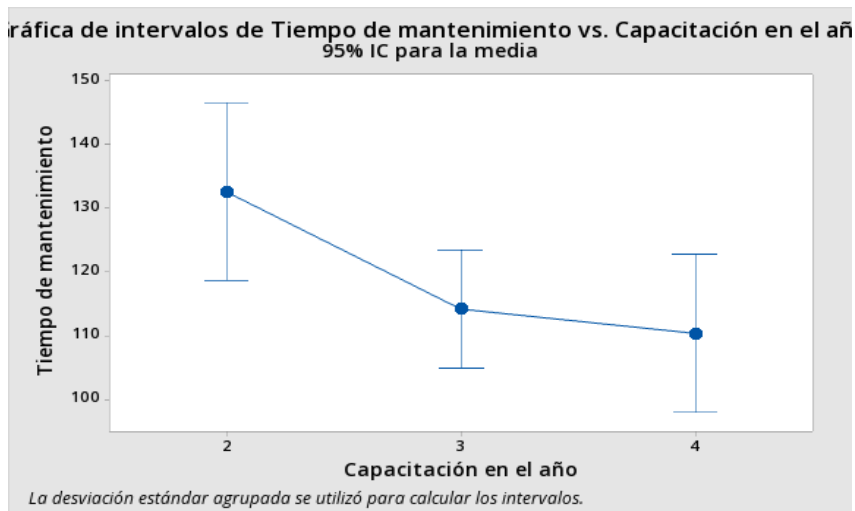
Medias

Capacitación en el año	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
2	11	132.58	21.46	(118.56, 146.59)
3	25	114.17	20.20	(104.88, 123.47)
4	14	110.36	28.68	(97.94, 122.78)

Desv.Est. agrupada = 23.1051

Figura 57

Intervalos de tiempo de mantenimiento vs. capacitación en el año



La cuarta hipótesis analiza el tiempo de mantenimiento preventivo y si es que las áreas de trabajo desordenadas tienen una correlación, realizado en el programa MINITAB.

Figura 58

ANOVA de Tiempo de mantenimiento vs. desorden en el área

ANOVA de un solo factor: Tiempo de mantenimiento vs. Desorden en el área

Método

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Desorden en el área	2	DESORDEN, ORDEN

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Desorden en el área	1	3421	3421.5	6.53	0.014
Error	48	25154	524.0		
Total	49	28575			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
22.8919	11.97%	10.14%	4.57%

Tabla 21

Medias de desorden en el área

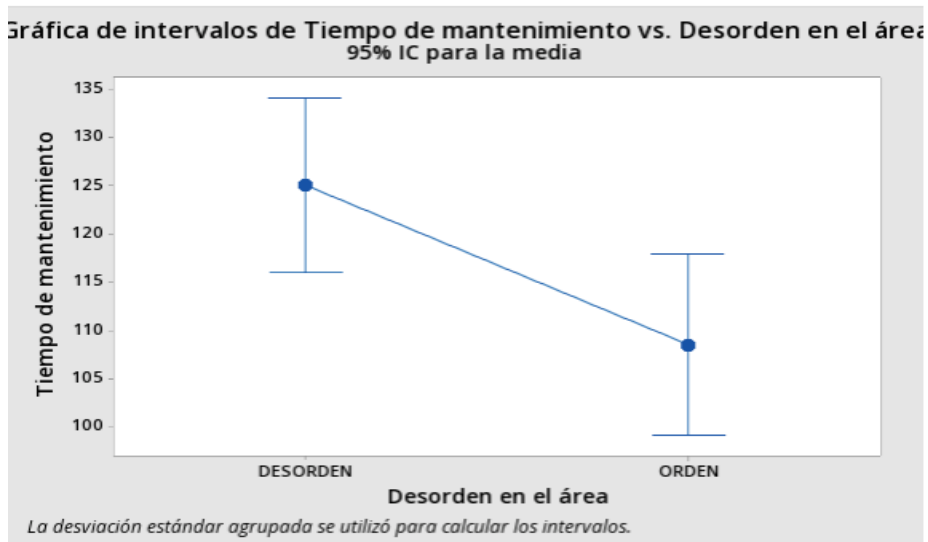
Medias

Desorden en el área	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
DESORDEN	26	125.10	25.70	(116.08, 134.13)
ORDEN	24	108.55	19.38	(99.15, 117.94)

Desv.Est. agrupada = 22.8919

Figura 59

Intervalos de tiempo de mantenimiento vs. desorden en el área de trabajo



La quinta hipótesis analiza el tiempo de mantenimiento preventivo y si es que la falta de calibración de los equipos tiene una correlación, realizado en el programa MINITAB.

Figura 60

ANOVA de Tiempo de mantenimiento vs. equipos descalibrados

FACTORES

ANOVA de un solo factor: Tiempo de mantenimiento vs. Equipos descalibrados

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Equipos descalibrados	2	CALIBRADO, DESCALIBRADO

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Equipos descalibrados	1	4337	4336.6	8.59	0.005
Error	48	24239	505.0		
Total	49	28575			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
22.4716	15.18%	13.41%	8.06%

Tabla 22

Tiempo de mantenimiento vs. equipos descalibrados

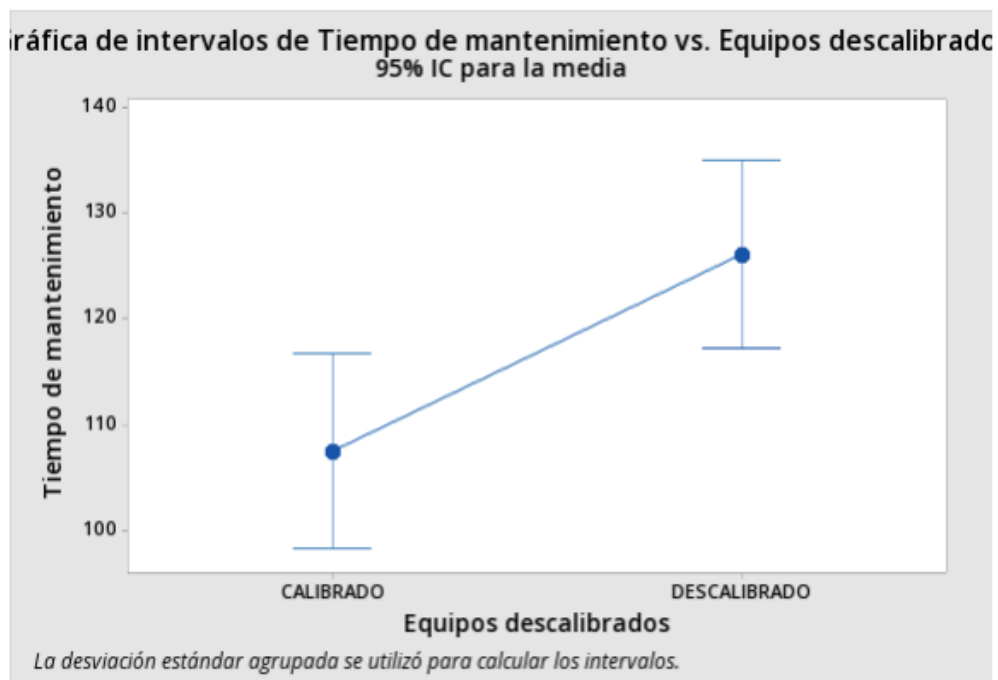
Medias

Equipos descalibrados	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
CALIBRADO	24	107.46	18.25	(98.24, 116.68)
DESCALIBRADO	26	126.10	25.75	(117.24, 134.96)

Desv.Est. agrupada = 22.4716

Figura 61

Tiempo de mantenimiento vs. equipos descalibrados



Tras analizar los cinco hipótesis, se puede determinar por el nivel de control que los factores estandarización y calibración influyen significativamente sobre el tiempo de servicio de mantenimiento. Por lo cual, se procede a realizar un diseño de experimentos con los factores relevantes, realizado en el programa MINITAB.

3.2.3.5. Enunciado del Problema y Causa Raíz

Análisis de Método de Trabajo actual

Se debe analizar el flujo de procesos que realizan los diez técnicos actualmente en servicio de mantenimiento preventivo. A continuación, se muestra la cadena de procesos.

Tabla 23

Secuencia de Actividades

Responsable	Secuenciamiento de Actividades
Técnico 1	○ — S0 — S5 — S4 — S2 — S1 — S3 — S6 — ○
Técnico 2	○ — S0 — S1 — S5 — S3 — S4 — S2 — S6 — ○
Técnico 3	○ — S0 — S1 — S2 — S3 — S4 — S5 — S6 — ○
Técnico 4	○ — S0 — S5 — S4 — S2 — S1 — S3 — S6 — ○
Técnico 5	○ — S0 — S1 — S2 — S5 — S3 — S4 — S6 — ○
Técnico 6	○ — S0 — S1 — S2 — S3 — S4 — S5 — S6 — ○
Técnico 7	○ — S0 — S1 — S2 — S3 — S4 — S5 — S6 — ○
Técnico 8	○ — S0 — S5 — S4 — S3 — S1 — S2 — S6 — ○
Técnico 9	○ — S0 — S5 — S4 — S3 — S2 — S1 — S6 — ○
Técnico 10	○ — S0 — S5 — S4 — S1 — S2 — S3 — S6 — ○

En el gráfico se observa que los diez técnicos realizan las mismas actividades en diferente ordenes dentro del proceso de servicio de mantenimiento preventivo. Se observa que el “Técnico 1” tiene el menor tiempo promedio de servicio de mantenimiento preventivo con 99.89 minutos y el “Técnico 4” comparte la misma secuencia de actividades debido a que realizan acorde a la proximidad de operación según el ducto del ascensor y el tablero de control (MAP). En el gráfico también nos muestra que los “Técnicos 3, 6 y 7” cumplen con la secuencia de actividades brindado por Ascensores GS&F (S0, S1, S2, S3, S4, S5, S6).

3.2.4. MEJORAR

Proponer y validar las mejoras al proceso analizado en cuestión, que busquen la eliminación de las Causas Raíz de la Variación o desviación.

3.2.4.1. Plan de Diseño de Experimentos

Tabla 24

Diseño de Experimentos

Fecha	17/08/2022 al 15/11/2022	
Proceso	Servicio de mantenimiento preventivo	
Líder	Ricardo Meza; Marco Sánchez	
Problema	Demora en el tiempo de servicio	
Objetivo Experimental	Minimizar el tiempo de servicio	
Métricas de Respuesta de la Experimentación	Tiempo de servicio (Y1)	
Maximizar, Minizar u Objetivo	Minimizar	
Especificación	Periodo de duración desde que llega un operario a la instalación hasta que finaliza el servicio. (Técnico 5)	
Factores para la Experimentación	Estándar del proceso (X1)	Calibración de equipos (X2)
Métrica	Categorico	Categorico
Nivel de Especificación "bajo"	Sin estandarización	Sin calibración
Nivel de Especificación "Alto"	Con estandarización	Con calibración
Tipo de Diseño	Factorial de 2 niveles de especificación	

3.2.4.2. Diseño de la Matriz

A continuación, se muestra la matriz del diseño de experimentos.

Tabla 25*Diseño de la Matriz*

Diseño de la Matriz		Realizado el 30 de octubre	X
Experimentación		Con un operario, primero se realizaron los experimentos en este orden: sin estandarización ni calibración, solo con calibración, solo con estandarización, con estandarización y calibración.	X
Optimización			
4.1	Maximizar, minimizar o darle al objetivo	Se minimizó	
4.2	Gráfica de Contornos	No se usaron	
4.3	Gráfica de Superficie	No se usaron	

3.2.4.3. Plan de calibración de equipos de medición

Para realizar los servicios de mantenimiento preventivo se tiene 10 técnicos y 4 supervisores, los cuales tienen asignados diferentes equipos de medición. A continuación, se inserta una tabla para visualizar el plan de calibración anual.

Tabla 26*Plan de Calibración Anual*

Plan de Calibración anual		Calibración anuales	Cantidad	Equipos calibrar anual
Herramientas				
1	Acelerometro	2,00	1,00	2,00
2	DT6	4,00	4,00	16,00
3	Vultimetro Fluke	4,00	10,00	40,00
4	Pinza perimetrica	4,00	10,00	40,00
5	Medidor de aislametro (Megometro)	2,00	4,00	8,00
TOTAL EQUIPOS A CALIBRAR ANUAL				106,00

Como se observa en la tabla anterior se tienen asignadas 106 equipos de medición.

3.2.5. CONTROLAR

Estandariza un Sistema de Control Estadístico del Proceso para mantener la mejora lograda, comprometiendo al Propietario del Proceso en el largo plazo para mantenerla.

Figura 62

Diagrama de Actividades

G&S&F ASCENSORES		DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO		KONE	Hoja Num	1	dc	1	
DIAGRAMA NUMERO:		DAP-2019-23874			RESUMEN			MÉTODO ACTUAL	
EMPRESA:		ASCENSORES G&S&F			OPERACIÓN	○		31	
PROCESO:		SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			INSPECCIÓN	□		13	
NRO OTM					DEMORA	□		2	
OPERARIO		TECNICO 1			TRANSPORTE	□		9	
REALIZADO POR		MARCO SANCHEZ RIVAS PLATA			ALMACEN	▽		0	
#	DESCRIPCIÓN	TIPO DE ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)	Observaciones					
1	SO Solicita la llaves del cuarto de maquinas, y se le consulta al encargado de alguna incidencia presentada.	GV	1.25						
2	SO Se dirige al ascensor y espera que llegue	NGV	0.75						
3	SO Cuando llega el ascensor se verifica que no este ninguna persona	GV	0.50						
4	SO Se abre la puerta del ascensor con la llave triangular	GV	2.50						
5	SO Luego cuando llega a la ultima parada, el tecnico baja y manda el ascensor a una parada anterior.	GV	1.00						
6	SO Cuando ve que el ascensor llego al piso anterior, se abre la puerta de hall del ascensor, con la llave triangular	GV	1.25						
7	SO Desde el techo del ascensor, se coloca el ascensor en estado de inspeccion.	GV	0.75						
8	SO Se cierra la puerta del hall del ultimo nivel	GV	0.50						
9	SS Subir al cuarto de maquinas.	NGV	0.75						
10	SS Abrir el cuarto de maquinas con la llave entrega por el encargado.	GV	0.50						
11	SS Revisar la hoja tecnica del equipo, y se inicia con la inspeccion del estado del cuarto de maquinas.	GV	1.50						
12	SS Se revisa los niveles de tencion electrica, iluminacion y el interruptor contra incendios.	GV	3.00						
13	SS Revision y ajuste del sistema de frenos	GV	3.50						
14	SS Revision y ajuste de los cables de traccion	GV	5.00						
15	S4 Revision y limpieza de las poleas	GV	2.00						
16	S4 Lubricacion de frenos	GV	1.60						
17	S4 Revisar estado de las aceiteras	GV	2.50						
18	S4 Revision del limitador de velocidad	GV	3.00						
19	S2 Revision y ajuste de los sujetadores de la maquina	GV	3.20						
20	S2 Limpieza externa de toda la maquina	GV	3.00						
21	S2 Revision del estado de la cabina y los botones de cabina	GV	2.50						
22	S2 Se llena la bitacora del cuarto de maquinas señalando los trabajos realizados.	GV	1.20						
23	S2 Bajar del cuarto de maquinas	NGV	0.75						
24	S2 Se cierra el cuarto de maquinas con la llave entregada por el encargado	GV	0.75						
25	S1 Se baja a la ultima parada del ascensor.	NGV	1.00						
26	S1 Revision de las botonera de hall de la ultima parada.	GV	0.75						
27	S1 El tecnico vuelve a abrir con la llave triangular	GV	1.00						
28	S1 El tecnico se sube al techo del ascensor para hacer el mantenimiento de puntas de hall del ascensor.	GV	0.75						
29	S1 Limpieza y ajuste de las puertas de hall de la ultima parada (operador de puertas y pisaderas)	GV	1.50						
30	S1 Revision del rosario de luces de la ultima parada del ascensor	GV	1.00						
31	S1 El tecnico empieza bajar piso por piso, desde el techo del ascensor	NGV	3.00						
32	S1 Limpieza y ajuste de las puertas de hall (operador de puertas y pisaderas) piso por piso	GV	11.00						
33	S1 Revision de las botoneras de hall, piso por piso	GV	4.00						
34	S1 Revision del rosario de luces del ducto, piso por piso	GV	4.00						
35	S1 El tecnico, estaciona el ascensor en la segunda parada y baja del techo del ascensor desde el siguiente nivel (3 parada)	NGV	2.00						
36	S1 El tecnico baja hasta donde esta estacionado el ascensor	NGV	1.00						
37	S1 Abrir con la llave triangular (2 parada)	GV	0.50						
38	S1 Limpieza y ajuste de las puertas de cabina (operador de puertas y pisaderas)	GV	1.50						
39	S1 Se cierra la puerta del hall del segundo nivel	GV	0.50						
40	S3 El tecnico se dirige hacia el primer nivel	NGV	1.25						
41	S3 Se abre la puerta del hall del ascensor, con la llave triangular	GV	0.75						
42	S3 Inspeccion y limpieza del foso	GV	1.50						
43	S3 Revisar los niveles de aceites	GV	2.00						
44	S3 Revision de los buffer de cabina y contrapeso	GV	4.00						
45	S3 Revision del rosario de luces del foso	GV	1.25						
46	S3 Se cierra la puerta del hall del primer nivel	GV	0.50						
47	S6 El tecnico se dirige hacia el tercer nivel	NGV	1.00						
48	S6 Se abre la puerta del hall del ascensor, con la llave triangular	GV	0.50						
49	S6 Se pone el ascensor en estado de funcionamiento normal	GV	0.75						
50	S6 Se cierra la puerta del hall del tercer nivel	GV	0.50						
51	S6 Se llama al ascensor de hall y se espera que llegue	GV	0.75						
52	S6 Con el ascensor se va a todos los pisos para retirar el letrero imantado, de "Ascensor en Mantenimiento"	NGV	2.50						
53	S6 Se retira los carteles imantados de ascensor en mantenimiento, de todos los pisos.	GV	2.50						
54	S6 El tecnico, llena el formato del servicio de mantenimiento para hacerlo firmar por el encargado	GV	2.50						
55	S6 Se devuelve la llave de la sala de maquinas, para poderse retirar	GV	1.00						
Total de tiempo			80.5	100	31	13	2	9	0

4. CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

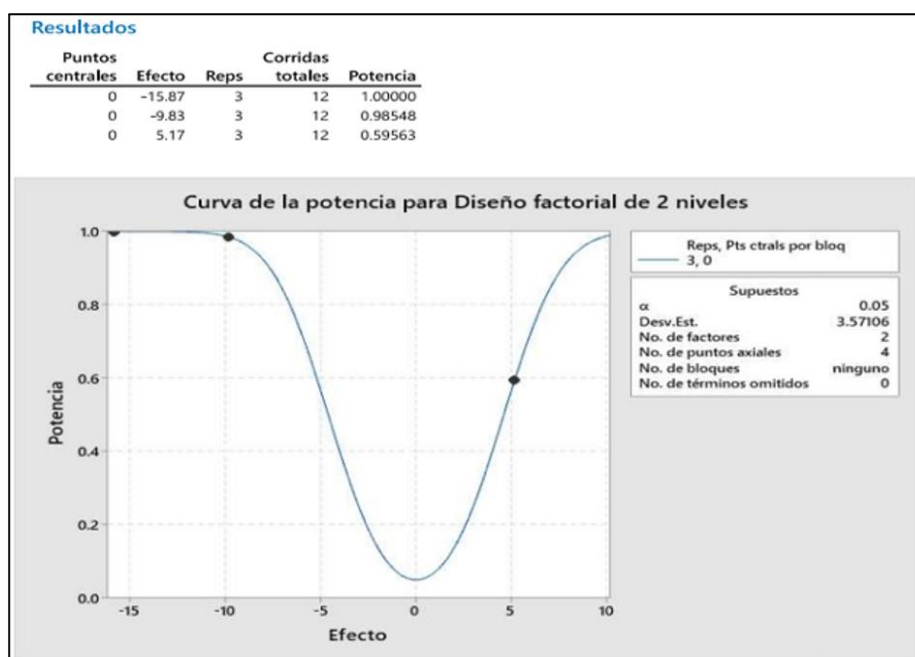
El presente capítulo describe la validación de la propuesta después de seguir los pasos DMAIC para ellos se ha usado el MINITAB

4.1. VALIDACIÓN FUNCIONAL

Tras analizar el diseño de experimentos por curva de la potencia para diseño factorial de dos niveles, nos muestra que el diseño con 3 réplicas y 12 corridas puede detectar una diferencia cerca de -15.87 minutos con una potencia de 100%, un diseño de experimentos con 3 réplicas y 12 corridas puede detectar una diferencia de -9.83 minutos con una potencia de 98% y un diseño de experimentos con 3 réplicas y 12 corridas puede detectar una diferencia de 5.17 minutos con una potencia del 60%

Figura 63

Curva de la potencia para diseño factorial de dos niveles



En la figura se muestra el diagrama de Pareto por efectos estandarizados, las barras que representan los factores A, B y AB cruzan la línea de referencia de 2.306, dichos factores son estadísticamente significativos en un nivel de 0.05 del modelo actual, realizado en el programa MINITAB.

Figura 64

Diagrama de Pareto de efectos estandarizados

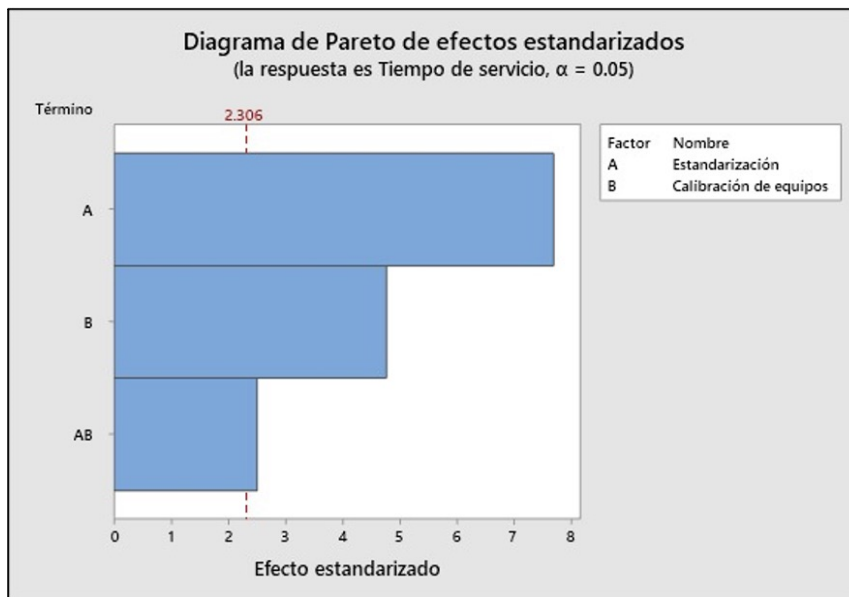
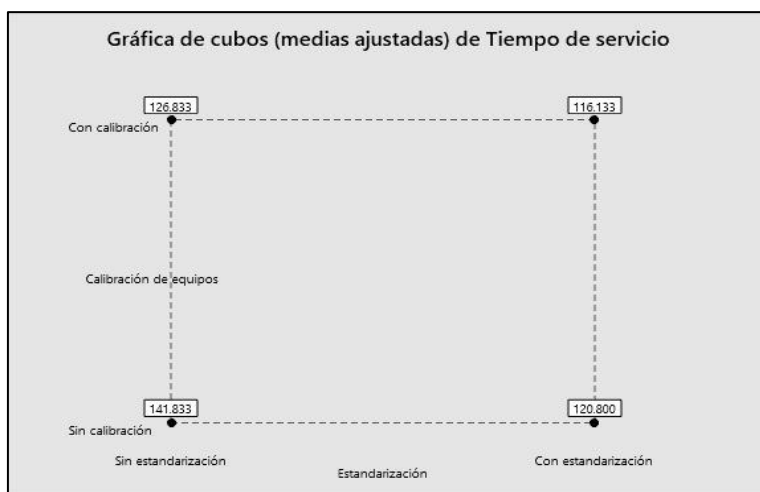


Figura 65

Gráfica de cubos



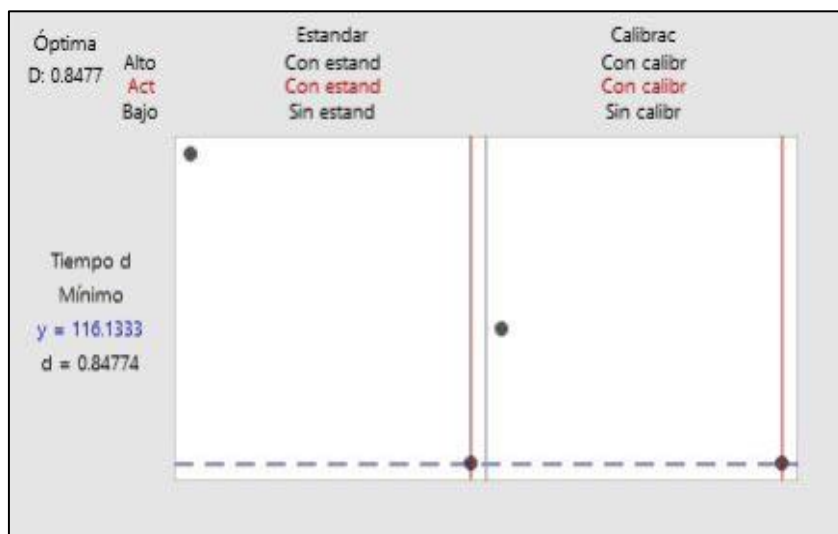
En la figura anterior se puede visualizar el comparativos de las medias ajustadas

- Sin estandarización y sin calibración se tiene una media de 141.83 minutos
- Sin estandarización y con calibración se tiene una media de 126.83 minutos
- Con estandarización y sin calibración se tiene una media de 120.80 minutos
- Con estandarización y con calibración se tiene una media de 116.13 minutos

Con la simulación realizada al realizar la estandarización de los procesos del servicio de mantenimiento preventivo y el plan de calibración establecido se logrará bajar el tiempo medio del servicio de mantenimiento a 116.13 minutos lo cual es menor al estándar de 120 minutos. En la figura se muestra el efecto de los factores de estandarización y calibración de equipos en el tiempo de servicio de mantenimiento, considerando que el mayor impacto en la minimización del tiempo promedio de mantenimiento preventivo descenderá con la estandarización del proceso. Se tiene un determinante estadístico de 0.8477, realizado en el programa MINITAB.

Figura 66

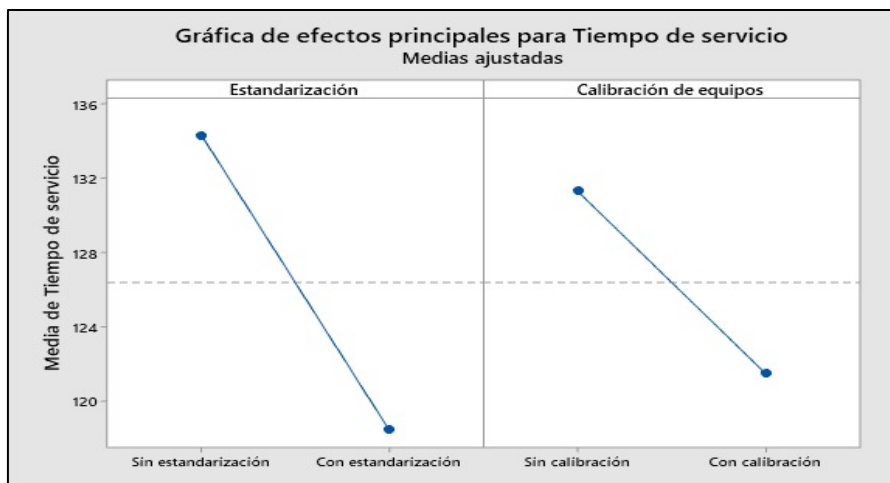
Gráfica Óptima



En la figura se muestran las combinaciones de factores de nivel y sus resultantes en el tiempo de servicio de mantenimiento preventivo. La estandarización del servicio de mantenimiento parece afectar el tiempo de servicio de mantenimiento promedio, porque la línea no es horizontal. La estandarización del proceso tiene un mayor impacto que el factor de nivel de calibración de equipos. La calibración de equipos también evidencia ser un factor crítico y causante de cambio en el tiempo de servicio de mantenimiento preventivo.

Figura 67

Gráfica de efectos principales para tiempo de Servicio



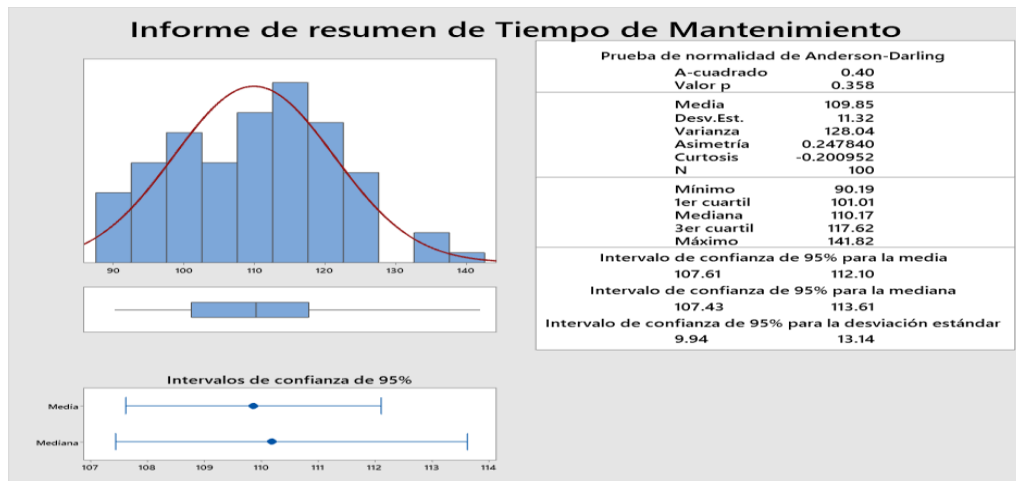
4.2. MÉTRICAS - SEMÁFOROS – RESULTADOS

La figura muestra que, tras mejorar el proceso, con un 95% de confianza, el intervalo del tiempo promedio del servicio de mantenimiento preventivo oscila entre 107.43 - 113.61 minutos. Se considera un tiempo promedio de 109.85 minutos por servicio de mantenimiento preventivo como determinante estadístico. Asimismo, muestra que la desviación estándar del tiempo promedio del servicio de mantenimiento preventivo, a un nivel de confianza del 95% oscila entre 9.94 - 13.14 minutos. Se considera una

desviación estándar de 11.32 minutos como determinante estadístico, realizado en el programa MINITAB.

Figura 68

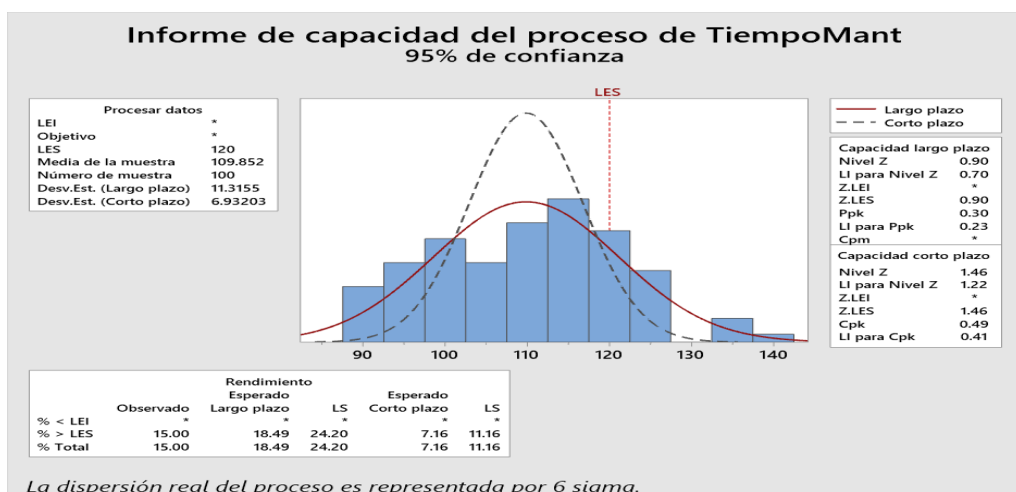
Gráfica Resumen de Tiempo de Mantenimiento Mejorado



La Figura 65 nos muestra el análisis de capacidad del proceso de servicio de mantenimiento preventivo con un nivel z de 0.90 y un tiempo no mayor a 109.852 minutos por servicio de mantenimiento preventivo.

Figura 69

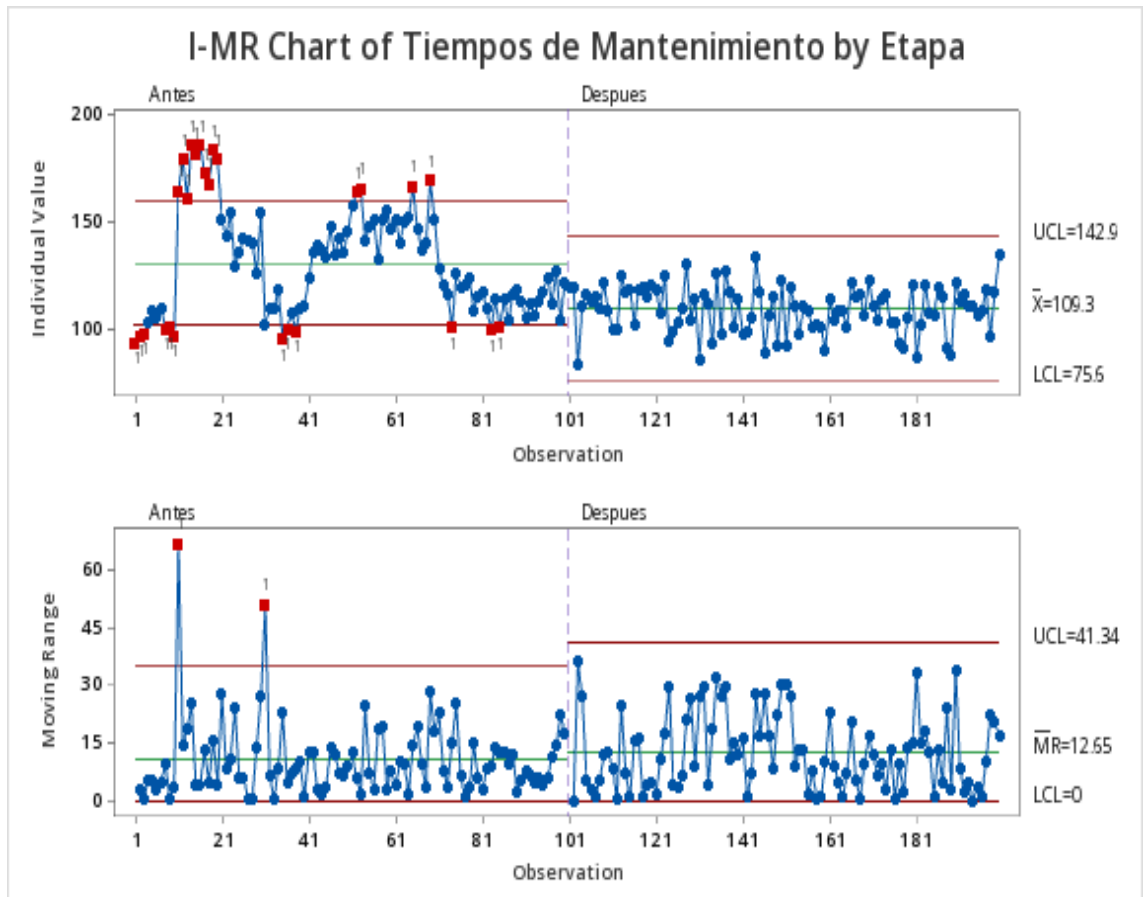
Gráfica Resumen de Capacidad de Proceso Mejorado



La figura muestra los tiempos de servicio de mantenimiento preventivo distribuidos por situación actual y situación mejorada, en donde se percibe una reducción del tiempo promedio en el servicio de mantenimiento preventivo y la minimización de la desviación estándar del proceso, realizado en el programa MINITAB.

Figura 70

Métricas de Mantenimiento



4.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO

Para poder realizar el costo del proyecto, se va a cuantificar las dos soluciones desarrolladas en los capítulos anteriores que son la falta de estandarización del proceso de mantenimiento preventivo y los equipos de medición descalibrados.

Para la falta de estandarización del proceso de mantenimiento preventivo se va a desarrollar en 4 fases dirigido a los jefes, supervisores y técnicos para ello se ha formado un equipo Lean conformado por un experto en las herramientas Lean, experto de la marca KONE (Full Trainer) y dos asistentes. La primera fase de Capacitación de las herramientas Lean - Estandarización de trabajos y el análisis del método de trabajo. La segunda fase de Aplicación de la estandarización de la metodología de trabajo, hoja de instrucciones de estandarización de trabajos y como se debe de aplicar en el servicio de mantenimiento preventivo. La tercera fase es de Control y seguimiento donde el equipo Lean acompañará durante dos días a cada técnico sin avisar y la última fase es de difundir a las demás áreas. A continuación, se detallan las horas de cada fase y cuales se aplican por las funciones que desarrolla (jefe, supervisor y técnico).

Tabla 27

Concepto de Capacitación

Concepto Capacitación		Cantidad	Responsable	Dirigido a:		
		(Horas)		Jefe	Supervisor	Técnico
Fase I: Inicio						
1	Capacitación: Herramientas LEAN - Estandarización de Trabajos	5	Experto	X	X	
2	Capacitación: Análisis de Metodología de Trabajo	4	Experto	X	X	X
Fase II: Aplicación						
3	Estandarización de Metodología de Trabajo	8	Experto	X	X	X
4	Hoja de Instrucciones de Estandarización de Trabajos	4	Experto		X	X
5	Aplicación	12	Experto	X	X	X
Fase III: Control y Seguimiento						
6	Control	8	Experto	X	X	X
Fase IV: Difusión						
7	Difundir a las demás áreas	2	Experto	X	X	

Según la tabla anterior se ha tomado las horas necesarias de acuerdo a las funciones que desarrolla (jefe, supervisor y técnico) y se ha multiplicado con el costo de las horas hombres (las capacitaciones serán dictadas fuera de horario laboral y se le pagará al personal el costo de las horas extras). A continuación, se detalla el costo de cada una de las fases obteniendo un subtotal por capacitación de \$6.909,85 dólares americanos.

Tabla 28

Costo de Capacitación

Remuneración	Horas Hombre	Horas Hombre	Cantidad	Capacitación	Monto
Fase I: Inicio	(Base)	(Extraordinario)	(Personas)	(Horas)	(Dólares)
1 Jefe de Servicio de Mantenimiento	\$14,19	\$21,99	1,00	9,00	\$197,94
2 Supervisor de Mantenimiento	\$7,51	\$11,64	4,00	9,00	\$419,17
3 Técnicos de Mantenimiento	\$5,34	\$8,28	10,00	4,00	\$331,20
Sub Total					\$948,31
Remuneración	Horas Hombre	Horas Hombre	Cantidad	Capacitación	Monto
Fase II: Aplicación	(Base)	(Extraordinario)	(Personas)	(Horas)	(Dólares)
1 Jefe de Servicio de Mantenimiento	\$14,19	\$21,99	1,00	20,00	\$439,87
2 Supervisor de Mantenimiento	\$7,51	\$11,64	4,00	24,00	\$1.117,79
3 Técnicos de Mantenimiento	\$5,34	\$8,28	10,00	24,00	\$1.987,18
Sub Total					\$3.544,84
Remuneración	Horas Hombre	Horas Hombre	Cantidad	Capacitación	Monto
Fase III: Control y Seguimiento	(Base)	(Extraordinario)	(Personas)	(Horas)	(Dólares)
1 Jefe de Servicio de Mantenimiento	\$14,19	\$21,99	1,00	8,00	\$175,95
2 Supervisor de Mantenimiento	\$7,51	\$11,64	4,00	8,00	\$372,60
3 Técnicos de Mantenimiento	\$5,34	\$8,28	10,00	16,00	\$1.324,79
Sub Total					\$1.873,33
Remuneración	Horas Hombre	Horas Hombre	Cantidad	Capacitación	Monto
Fase IV: Difusión	(Base)	(Extraordinario)	(Personas)	(Horas)	(Dólares)
1 Jefes de áreas	\$14,19	\$21,99	6,00	2,00	\$263,92
2 Supervisores de áreas	\$7,51	\$11,64	12,00	2,00	\$279,45
3 Técnicos de áreas	\$5,34	\$8,28	24,00	0,00	\$0,00
Sub Total					\$543,37
SUB TOTAL CAPACITACIÓN					\$6.909,85

Para poder realizar la estandarización del método de trabajo se contrató un servicio de consultoría el cual ha considerado el siguiente un equipo Lean. A continuación, se detalla el equipo Lean de la consultoría contratada. Para la implementación del trabajo de estandarización se ha decidido comprar las herramientas de medición nuevas (luego de la implementación de estandarización las herramientas serán usadas

para los controles semestrales y también por el área de calidad o quedará en stock para próximos técnicos de mantenimiento preventivo).

Tabla 29

Costo del Equipo Lean

Equipo Lean		Cantidad (Personas)	Monto (Dólares)
1	Experto en Lean Six Sigma	1,00	\$20.000,00
2	Experto de la marca Kone (Full Trainer)	1,00	
3	Asistente controlador	2,00	
Sub Total			\$20.000,00

A continuación, se detalla el costo de cada herramienta comprada obteniendo un subtotal de USD \$8.450,00 dólares americanos.

Tabla 30

Costo Herramientas para el Equipo Lean

Equipo Lean		Precio Unitario	Cantidad	Monto (Dólares)
Herramientas				
1	Acelerometro	\$2.100,00	1,00	\$2.100,00
2	DT6	\$650,00	2,00	\$1.300,00
3	Vultimetro Fluke	\$1.025,00	2,00	\$2.050,00
4	Pinza amperimetrica	\$750,00	2,00	\$1.500,00
5	Medidor de aislametro (Megometro)	\$1.500,00	1,00	\$1.500,00
Sub Total				\$8.450,00

A continuación, se ha sumado los subtotales de la implementación de estandarización del proceso de mantenimiento preventivo obteniendo un total de USD \$35.359,85 dólares americanos.

Luego de la implementación de la estandarización de los procesos en el servicio de mantenimiento preventivo se va a realizar controles semestrales durante los 5 primeros años (con posibilidad de renovación).

Tabla 31*Costo Herramientas para el Equipo Lean*

Estandarización		Monto (Dólares)
1	Sub total de Capacitación	\$6.909,85
2	Sub total del Equipo Lean	\$20.000,00
3	Sub total de Herramientas	\$8.450,00
TOTAL ESTANDARIZACIÓN		\$35.359,85

Luego, se está proponiendo contratar el servicio de consultoría Lean. El costo total asciende a USD \$ 5.800 dólares americanos anuales.

Tabla 32*Costo de Estandarización en los próximos 5 años*

Costo del Proyecto		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
		(Dólares)	(Dólares)	(Dólares)	(Dólares)	(Dólares)	(Dólares)
1	Total Estandarización	\$35.359,85	\$5.800,00	\$5.800,00	\$5.800,00	\$5.800,00	\$5.800,00

Para los equipos de medición descalibrados se ha desarrollado un plan de calibración anual para los servicios de mantenimiento preventivo, hemos revisado los kits de mantenimiento que les entregan a los técnicos y supervisores. Luego se ha revisado las especificaciones y recomendaciones del proveedor de cuanto es la frecuencia de mantenimientos de cada equipo de medición. Finalmente se ha multiplicado por el costo unitario de cada equipo. A continuación, se detalla por cada equipo de medición, obteniendo un total de USD \$ 15.700,00 dólares americanos.

Tabla 33*Costo de Plan de Calibración Anual*

Plan de Calibración anual		Calibración anuales	Precio Unitario	Cantidad	Monto
Herramientas					(Dólares)
1	Acelerometro	\$2,00	\$350,00	1,00	\$700,00
2	DT6	\$4,00	\$120,00	4,00	\$1.920,00
3	Vultimetro Fluke	\$4,00	\$155,00	10,00	\$6.200,00
4	Pinza perimetrica	\$4,00	\$140,00	10,00	\$5.600,00
5	Medidor de aislmetro (Megometro)	\$2,00	\$160,00	4,00	\$1.280,00
TOTAL CALIBRACIÓN					\$15.700,00

En la tabla anterior se observa el costo anual de \$15.700,00 dólares americanos aproximados para los próximos 5 años el cual (puede variar dependiendo incremento de los precios de calibración de los mantenimientos o números de equipos). A continuación, se ha sumado los 2 totales de la implementación de estandarización y el plan de calibración anual del proceso de mantenimiento preventivo.

Tabla 34*Costo del Proyecto en los próximos 5 años*

Costo del Proyecto		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
		(Dólares)	(Dólares)	(Dólares)	(Dólares)	(Dólares)	(Dólares)
1	Total Estandarización	\$35.359,85	\$5.800,00	\$5.800,00	\$5.800,00	\$5.800,00	\$5.800,00
2	Total Plan de Calibración		\$15.700,00	\$15.700,00	\$15.700,00	\$15.700,00	\$15.700,00
TOTAL		\$35.359,85	\$21.500,00	\$21.500,00	\$21.500,00	\$21.500,00	\$21.500,00

El proyecto tiene una estructura de capital de 80% de deuda a terceros (USD \$ 28,288 dólares) y 20% de patrimonio (USD \$ 7,072 dólares). Respecto a la estructura de la deuda a terceros de USD \$ 28,288 dólares, el cual está compuesto en 76.10% de Préstamo Bancario (USD \$ 26,910 dólares) y 23.90% de Arrendamiento Financiero - Leasing (USD \$ 8,450 dólares).

Tabla 35*Flujo de Caja Libre Proyectado*

IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS Y SERVICIOS (IGV)	18%			
IMPUESTO A LAS GANANCIAS (UTILIDADES)	29,50%			
DURACION PROYECTO	3			AÑOS
ESTRUCTURA DE CAPITAL	Monto	%		
DEUDA	28.288	80,00%	WD	
PATRIMONIO	7.072	20,00%	WS	
TOTAL DEUDA + PATRIMONIO	35.360	100,00%		
ESTRUCTURA DE DEUDA	Monto	W	Kd	Kd*W
PRESTAMO BANCARIO	26.910	76,10%	15,13%	11,51%
ARRENDAMIENTO FINANCIERO - LEASING 1	8.450	23,90%	19,46%	4,65%
TOTAL DEUDA	35.360	100.00%		16,16%

La primera herramienta financiera empleada fue el préstamo bancario por USD \$ 26,910 dólares con un costo de deuda anual de 15,13% y el arrendamiento financiero tiene un costo de deuda anual de 19,46%. El costo ponderado total de la deuda es de 16,16% el cuál es el producto de la estructura de la deuda a terceros por cada tasa de retorno de las herramientas financieras. La primera herramienta financiera empleada, préstamo bancario, es por el monto de USD \$ 26,910 dólares y tiene una tasa efectiva anual del 12% con capitalización mensual en un periodo de 3 años. Se obtiene un periodo de gracia total de 5 meses y un periodo de gracia normal de 4 meses. Asimismo, se cuenta con un gasto de comisión de USD \$ 45 dólares

Tabla 36*Préstamo Bancario*

PRESTAMO BANCARIO	26.910
TEA - Anual	12,00%
TEM - Mensual	0,95%
Cap	30 días
Periodo	3 AÑOS
Comisiones	45
Periodo de Gracia Total	5 MESES
Periodo de Gracia Normal	4 MESES

En la tabla se muestra la capitalización mensual de la deuda de 3 años y se obtiene una tasa de retorno anual de 15,13%

Tabla 37*Capitalización mensual*

PERIODO	VALOR INICIAL	AMORTIZACION	INTERES	CUOTA	COMISION	MOVIMIENTOS
0						-26.910
1	26.909,85		255,34	0,00	45,00	45,00
2	27.165,19		257,76	0,00	45,00	45,00
3	27.422,95		260,21	0,00	45,00	45,00
4	27.683,16		262,68	0,00	45,00	45,00
5	27.945,84		265,17	0,00	45,00	45,00
6	28.211,02		267,69	267,69	45,00	312,69
7	28.211,02		267,69	267,69	45,00	312,69
8	28.211,02		267,69	267,69	45,00	312,69
9	28.211,02		267,69	267,69	45,00	312,69
10	28.211,02	921,64	267,69	1.189,33	45,00	1.234,33
11	27.289,38	930,38	258,94	1.189,33	45,00	1.234,33
12	26.358,99	939,21	250,12	1.189,33	45,00	1.234,33
13	25.419,78	948,13	241,20	1.189,33	45,00	1.234,33
14	24.471,65	957,12	232,21	1.189,33	45,00	1.234,33
15	23.514,53	966,20	223,12	1.189,33	45,00	1.234,33
16	22.548,33	975,37	213,96	1.189,33	45,00	1.234,33
17	21.572,96	984,63	204,70	1.189,33	45,00	1.234,33
18	20.588,33	993,97	195,36	1.189,33	45,00	1.234,33
19	19.594,36	1.003,40	185,93	1.189,33	45,00	1.234,33
20	18.590,96	1.012,92	176,41	1.189,33	45,00	1.234,33
21	17.578,04	1.022,53	166,79	1.189,33	45,00	1.234,33
22	16.555,50	1.032,24	157,09	1.189,33	45,00	1.234,33
23	15.523,27	1.042,03	147,30	1.189,33	45,00	1.234,33
24	14.481,24	1.051,92	137,41	1.189,33	45,00	1.234,33
25	13.429,32	1.061,90	127,43	1.189,33	45,00	1.234,33
26	12.367,42	1.071,98	117,35	1.189,33	45,00	1.234,33
27	11.295,44	1.082,15	107,18	1.189,33	45,00	1.234,33
28	10.213,29	1.092,42	96,91	1.189,33	45,00	1.234,33
29	9.120,88	1.102,78	86,55	1.189,33	45,00	1.234,33
30	8.018,09	1.113,25	76,08	1.189,33	45,00	1.234,33
31	6.904,85	1.123,81	65,52	1.189,33	45,00	1.234,33
32	5.781,04	1.134,47	54,86	1.189,33	45,00	1.234,33
33	4.646,57	1.145,24	44,09	1.189,33	45,00	1.234,33
34	3.501,33	1.156,10	33,22	1.189,33	45,00	1.234,33
35	2.345,22	1.167,07	22,25	1.189,33	45,00	1.234,33
36	1.178,15	1.178,15	11,18	1.189,33	45,00	1.234,33
					TIR MENSUAL	1,18%
					TIR ANUAL	15,13%

La segunda herramienta financiera, arrendamiento financiero, consiste en la compra de equipos de calibración, mostrados en la tabla 34, por un monto de USD \$ 8,450 dólares, con una tasa efectiva anual del 9% durante 4 años, y una capitalización trimestral. Se tiene gastos de prima anual de 0,65%, gastos administrativos de USD \$ 115 dólares y un valor de recompra de USD \$ 115 dólar.

Tabla 38

Arrendamiento Financiero

ARRENDAMIENTO FINANCIERO - LEASING 1	8.450
TEA - Anual	9%
Periodo	4 años
Cap	90 días
TET - Trimestral	2,18%
Prima - Anual	0,65%
Prima - Trimestral	0,16%
Valor de Recompra	1
Gastos Administrativos	115

En la tabla 43, se muestra la capitalización trimestral de la deuda de 4 años y se obtiene una tasa de retorno anual de 19,46%

Tabla 39

Capitalización trimestral

PERIODO	VALOR INICIAL	AMORTIZACION	INTERÉS	CUOTA	COMISIÓN	SEGURO	RECOMPRA	MOVIMIENTOS
0								-8.450,00
1	8.450,00	447,12	184,03	631,14	115,00	13,70		759,84
2	8.002,88	456,86	174,29	631,14	115,00	12,97		759,12
3	7.546,03	466,81	164,34	631,14	115,00	12,23		758,38
4	7.079,22	476,97	154,17	631,14	115,00	11,48		757,62
5	6.602,25	487,36	143,78	631,14	115,00	10,70		756,85
6	6.114,89	497,97	133,17	631,14	115,00	9,91		756,06
7	5.616,92	508,82	122,33	631,14	115,00	9,11		755,25
8	5.108,10	519,90	111,25	631,14	115,00	8,28		754,42
9	4.588,20	531,22	99,92	631,14	115,00	7,44		753,58
10	4.056,98	542,79	88,35	631,14	115,00	6,58		752,72
11	3.514,19	554,61	76,53	631,14	115,00	5,70		751,84
12	2.959,58	566,69	64,45	631,14	115,00	4,80		750,94
13	2.392,89	579,03	52,11	631,14	115,00	3,88		750,02
14	1.813,86	591,64	39,50	631,14	115,00	2,94		749,08
15	1.222,22	604,53	26,62	631,14	115,00	1,98		748,13
16	617,69	617,69	13,45	631,14	115,00	1,00	1,00	748,15
TIR TRIMESTRAL								4,55%
TIR ANUAL								19,46%

Para calcular la tasa requerida de rendimiento (KS o COK) se debe estimar el modelo de fijación de precios de activos de capital (CAPM) y adicionar el riesgo país. Para calcular el modelo de fijación de precios de activos de capital (CAPM) debemos tener en consideración los factores por rendimiento de bolsa de valores de Nueva York en 20 años, el rendimiento de los bonos de tesoro t-bond en 20 años, el beta apalancado y el riesgo país.

Tabla 40

Bolsa de Valores de Nueva York en 20 años

Year	Annual Returns on Investments in				
	S&P 500 (includes dividends)	3-month T.Bill	US T. Bond	Baa Corporate Bond	Real Estate
2002	-21,97%	1,60%	15,12%	12,18%	9,56%
2003	28,36%	1,01%	0,38%	13,53%	9,82%
2004	10,74%	1,37%	4,49%	9,89%	13,64%
2005	4,83%	3,15%	2,87%	4,92%	13,51%
2006	15,61%	4,73%	1,96%	7,05%	1,73%
2007	5,48%	4,35%	10,21%	3,15%	-5,40%
2008	-36,55%	1,37%	20,10%	-5,07%	-12,00%
2009	25,94%	0,15%	-11,12%	23,33%	-3,85%
2010	14,82%	0,14%	8,46%	8,35%	-4,12%
2011	2,10%	0,05%	16,04%	12,58%	-3,88%
2012	15,89%	0,09%	2,97%	10,12%	6,44%
2013	32,15%	0,06%	-9,10%	-1,06%	10,72%
2014	13,52%	0,03%	10,75%	10,38%	4,51%
2015	1,38%	0,05%	1,28%	-0,70%	5,21%
2016	11,77%	0,32%	0,69%	10,37%	5,31%
2017	21,61%	0,93%	2,80%	9,72%	6,21%
2018	-4,23%	1,94%	-0,02%	-2,76%	4,53%
2019	31,21%	1,55%	9,64%	15,33%	3,69%
2020	18,02%	0,09%	11,33%	10,41%	10,35%
2021	28,47%	0,06%	-4,42%	0,93%	16,83%

Nota. Adaptado de “Bolsa de Valores New York en 20 años” por Comisión de

Valores de EE. UU. 2022. (<https://www.investor.gov/informacion-en-espanol>).

Para calcular los factores de rendimiento financiero se tomaron en cuenta los reportes estadísticos de Damodaran acorde a los índices financieros del tesoro americano en Estados Unidos durante los últimos 20 años, el promedio anual del rendimiento de la bolsa de valores de Nueva York S&P 500 es de 10,96%. Asimismo, el promedio anual de los bonos del Tesoro T-Bond es de 4,72%. Para calcular el beta apalancado, primero se extrae el beta desapalancado de la industria de energía y construcción de los reportes estadísticos Bloomberg de Damodaran (2022) por 1,06.

Tabla 41

Beta desapalancado - Reporte Estadístico Bloomberg de Damodaran

Industry Name	Industria	Number of firms	Beta
Advertising	Publicidad	61	1.08
Aerospace/Defense	Aeroespacial	72	1.07
Air Transport	Transporte aéreo	17	1.61
Apparel	Vestir	51	1.1
Auto & Truck	Auto y camión	19	1.28
Auto Parts	Autopartes	52	1.2
Bank (Money Center)	Banco (Centro de dinero)	7	0.83
Banks (Regional)	Bancos (regionales)	598	0.64
Beverage (Alcoholic)	Bebida (alcohólica)	23	0.78
Beverage (Soft)	Bebida (blanda)	41	0.79
Broadcasting	Radiodifusión	29	1.13
Brokerage & Investment Banking	Corretaje y banca de inversión	39	1.13
Building Materials	Materiales de construcción	42	1.09
Business & Consumer Services	Servicios para empresas y consumidores	169	0.93
Cable TV	Televisión por cable	13	0.94
Chemical (Basic)	Químico (básico)	48	0.99
Chemical (Diversified)	Químico (diversificado)	5	1.36
Chemical (Specialty)	Química (especialidad)	97	0.93
Coal & Related Energy	Carbón y energía relacionada	29	0.83
Computer Services	Servicios informáticos	116	1.12
Computers/Peripherals	Computadoras / Periféricos	52	1.18
Construction Supplies	Suministros de construcción	46	1.02
Diversified	Diversificado	29	1.02
Drugs (Biotechnology)	Drogas (Biotecnología)	547	0.89
Drugs (Pharmaceutical)	Drogas (farmacéuticas)	287	0.91
Education	Educación	38	1.15
Electrical Equipment	Equipo eléctrico	122	1.06
Electronics (Consumer & Office)	Electrónica (Consumo y Oficina)	22	0.96
Electronics (General)	Electrónica (general)	157	0.89
Engineering/Construction	Ingeniería / Construcción	61	1.06
Entertainment	Entretenimiento	118	0.88

Nota. De “Beta, Unlevered beta and other risk measures”, por Universidad de Nueva York, Stern School of Business, 2022

(<http://www.stern.nyu.edu/~adamodar/pc/datasets/betas.xls>).

El coeficiente de beta proyectado es de 4,0492, el cual resulta de la operación mediante la estructura del capital, 80% deuda a terceros y 20% patrimonio, y el 29,95% del impuesto a la renta.

$$B_{\text{proy}} = B_{\text{desapalancado}} * (1 + (1 - \text{tax}) * W_d / W_e)$$

Tabla 42

Coeficiente beta proyectado

COEFICIENTE BETA PROYECTADO	
Beta Desapalancado	1,06
Beta Apalancado	4,0492

El riesgo país es determinado por varios factores económicos que responden a la variación PBS de la tasa de interés. El BCR (2022) publica mensualmente las diferentes variaciones, a continuación, se muestra la tasa de riesgo país de cada cierre de año fiscal y el rendimiento promedio durante cada ejercicio anual.

Tabla 43

Tasa Riesgo País

	Cierre Año		Promedio
31oct22	2,28%	2022	1,61%
31dic21	1,70%	2021	1,43%
31dic20	1,32%	2020	1,43%
31dic19	1,07%	2019	1,64%
31dic18	1,68%	2018	1,79%
29dic17	1,36%	2017	1,78%
30dic16	1,70%	2016	1,74%
31dic15	2,40%	2015	1,83%
31dic14	1,82%		
31dic13	1,62%		
31dic12	1,14%		
30dic11	2,16%		

Nota. Adaptado de “Tasa Riesgo País” por Banco Central de Reserva del Perú, 2022.

(<https://www.bcrp.gob.pe/busqueda.html?searchword=tasa%20riesgo&searchphrase=all>).

En el periodo 2022 registra un 1,61% de riesgo país anual durante su ejercicio fiscal.

Tabla 44

Cálculo de COK

Rendimiento Bolsa de Valores NY - 20 años	10,96%
Rendimiento bonos del tesoro T-bond	4,72%
Beta Apalancado	4,0492
Riesgo País	1,61%
CAPM	29,97%
COK	31,58%

Es con los factores de rendimiento financiero, el beta apalancado a la industria de construcción y energía y el riesgo país que se obtiene un 29,97% de CAPM al cual se adiciona el 1,61% del riesgo país para determinar un 31,58% de COK.

El costo medio ponderado de capital o costo de inversión es calculado por la estructura de la capital, el costo ponderado total de la deuda y el modelo de fijación de precios de activos de capital. El costo de inversión WACC registró un 15,43%, tasa que se emplea para descontar la caja de flujo y calcular el valor anual neto y comparar la tasa de retorno del proyecto de inversión.

Tabla 45

Cálculo de WACC

CALCULO WACC	
KS	31,58%
KD	16,16%
WD	80,00%
WS	20,00%
WACC	15,43%

A seguir, se muestra la proyección de gastos financieros consolidados por el préstamo bancario y el arrendamiento financiero leasing.

Tabla 46

Proyección de Gastos Financieros

GASTOS FINANCIEROS	1	2	3	4	5
PRESTAMO BANCARIO					
INTERES	3.148,67	2.281,48	842,62	0	0
CARGO Y COMISIONES	540,00	540,00	540,00	0	0
SUBTOTAL	3.688,67	2.821,48	1.382,62	0	0
ARRENDAMIENTO FINANCIERO 1					
INTERES	676,83	510,53	329,26	131,69	0
CARGO Y COMISIONES	460,00	460,00	460,00	460,00	0
VALOR DE RECOMPRA				1,00	
SUBTOTAL	1.136,83	970,53	789,26	592,69	0
TOTAL GASTOS FINANCIEROS	4.825,50	3.792,00	2.171,88	592,69	0

A continuación, se muestra la amortización de los activos de calibración para la implementación del proyecto.

Tabla 47

Depreciación y amortización

DEPRECIACION + AMORTIZACION						
ACTIVOS	VALOR	% DEPR	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	RESIDUAL
Acelerometro	2.100,00	0,20	420,00	420,00	420,00	840,00
DT6	1.300,00	0,20	260,00	260,00	260,00	520,00
Vultmetro Fluke	2.050,00	0,20	410,00	410,00	410,00	820,00
Pinza amperimétrica	1.500,00	0,20	300,00	300,00	300,00	600,00
Medidor de aislmetro (Megometro)	1.500,00	0,20	300,00	300,00	300,00	600,00
TOTAL DEPRECIACION	8.450,00		1.690,00	1.690,00	1.690,00	3.380,00
						6.760,00

Luego, se muestran las tasas esperadas de inflación, se tomarán en cuenta los promedios del ejercicio anual, obteniendo tasas de inflación 5,59%, 3,62% y 3,34%.

Tabla 48

Expectativas Macroeconómicas de Inflación

Encuesta de Expectativas Macroeconómicas de Inflación 1/

Fecha de encuesta	Analistas Económicos	Sistema Financiero	Empresas No Financieras
Expectativas anuales de 2022			
31 de enero de 2022	3,85%	3,75%	3,50%
28 de febrero de 2022	4,00%	3,80%	4,00%
31 de marzo de 2022	5,00%	4,50%	4,20%
30 de abril de 2022	5,50%	5,00%	5,00%
31 de mayo de 2022	6,00%	5,50%	5,80%
30 de junio de 2022	7,00%	6,40%	6,00%
27 de julio de 2022	7,45%	6,80%	6,50%
31 de agosto de 2022	7,30%	7,30%	7,00%
30 de setiembre de 2022	7,70%	7,30%	7,00%
Expectativas anuales de 2023			
31 de enero de 2022	2,85%	3,00%	3,00%
28 de febrero de 2022	3,00%	3,00%	3,20%
31 de marzo de 2022	3,10%	3,50%	3,50%
30 de abril de 2022	3,20%	3,50%	4,00%
31 de mayo de 2022	3,80%	3,55%	4,00%
30 de junio de 2022	4,00%	4,00%	4,50%
27 de julio de 2022	3,50%	4,00%	4,50%
31 de agosto de 2022	4,00%	4,00%	4,30%
30 de setiembre de 2022	4,00%	4,05%	4,50%
Expectativas anuales de 2024			
28 de febrero de 2022	3,00%	3,00%	3,00%
31 de marzo de 2022	3,00%	3,00%	3,20%
30 de abril de 2022	3,00%	3,10%	3,50%
31 de mayo de 2022	3,00%	3,00%	3,80%
30 de junio de 2022	3,00%	4,00%	3,90%
27 de julio de 2022	3,00%	3,65%	3,90%
31 de agosto de 2022	3,00%	3,50%	4,00%
30 de setiembre de 2022	3,00%	3,50%	4,00%

A continuación, se presenta el flujo de caja proyectado

Tabla 49

Flujo de Caja Proyectado

Inflación		5,59%	3,62%	3,34%		
FLUJO DE CAJA LIBRE PROYECTADO	0	1	2	3		
VENTAS INCREMENTALES		59.114,61	58.010,51	58.010,51		
COSTO DE VENTAS		6.124,48	6.010,09	5.993,94		
GANANCIA BRUTA		50.182,69	50.182,69	50.182,69		
GASTOS ADMINISTRATIVOS						
GASTOS DE VENTA						
DEPRECIACION Y/O AMORTIZACION		1.690,00	1.690,00	1.690,00		
GANANCIA OPERATIVA (EBIT)		48.492,69	48.492,69	48.492,69		
IMPUESTO A LA GANANCIA SIN ESCUDO TRIBUTARIO		14.305,34	14.305,34	14.305,34		
GANANCIA OPERATIVA NETA (EBIT - Impuestos) NOPAT		34.187,35	34.187,35	34.187,35		
DEPRECIACION Y/O AMORTIZACION		1.690,00	1.690,00	1.690,00		
CAMBIO EN CAPITAL DE TRABAJO	0,00					
VALOR RESIDUAL				6.760,00		
INVERSIONES	-35.359,85					
FLUJO DE CAJA LIBRE PROYECTADO	-35.360	35.877	35.877	42.637		
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	50.367					
WACC	15,43%					
TIR	89%					

El proyecto de inversión estima sus operaciones en un escenario más probable, según el análisis estadístico de operaciones, se cuenta con un costo de inversión de 15,43%, tasa de descuento de los periodos que permite obtener una tasa de retorno anual del proyecto de 89%, el cuál es superior al costo de oportunidad actual de 31,58%, lo cual indica que el proyecto de inversión es viable. El proyecto tiene un valor actual neto de \$50367 USD, el cual excede el monto de inversión.

4.4. EVALUACIÓN DEL IMPACTO NO ECONÓMICO

En la evaluación del impacto no económico se ha buscado en las ODS (Objetivos de desarrollo sostenible) entre las 17 existentes.

Figura 71

Objetivos de Desarrollo Sostenible



Nota. De “Objetivo de Desarrollo Sostenible”, por Organización de Naciones Unidas, 2021 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>).

El proyecto contempla impactos sociales, por un crecimiento económico inclusivo y sostenido para impulsar el progreso, crear empleos decentes para todos y mejorar los estándares de vida. La oportunidad de desarrollo social por Trabajo decente y crecimiento económico (ODS# 8) presenta metas estándares definidas por el Organismo de las Naciones Unidas.

8.1 Mantener el crecimiento económico per cápita de conformidad con las circunstancias nacionales y, en particular, un crecimiento del producto interno bruto de al menos el 7% anual en los países menos adelantados.

Respecto a la meta número 8.1, el proyecto de inversión genera una rentabilidad de 50,367 USD de valor actual neto, el cual corresponde a la contribución del crecimiento económico per cápita nacional por 0,000039%, con una tasa de referencia de tipo de cambio de 3,85.

8.3 Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios financieros

Respecto a la meta número 8.3, se promueve políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas apoyando a las microempresas (contratistas, proveedores nacionales, etc) como socios estratégicos de la empresa, esperando que, con el aumento de la capacidad instalada, generar mayor cantidad de servicios y negocios que beneficien a estos socios estratégicos.

8.8 Proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todos los trabajadores, incluidos los trabajadores migrantes, en particular las mujeres migrantes y las personas con empleos precarios

La empresa de Ascensores GS&F contrata a jóvenes técnicos sin experiencia para capacitarlos y empiecen una línea de carrera en diferentes áreas (instalación, mantenimiento, ingeniería, etc.). La empresa de Ascensores GS&F brinda trabajos decentes para hombres y mujeres (incluyendo migrantes) actualmente en la empresa se también tiene supervisoras mujeres, mujeres técnicas que instalan ascensores, intentando balancear la proporción de género en los empleados de la compañía.

La empresa de Ascensores GS&F protege los derechos laborales y promueve un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todos los trabajadores con capacitaciones mensuales y personal del área SSOMA en todas las obras y lugares de trabajo, intentando minimizar la cantidad de incidencias durante el año.

4.5. CONCLUSIONES

Tras analizar los cinco hipótesis, se puede determinar por el nivel de control que los factores estandarización y calibración influyen significativamente sobre el tiempo de servicio de mantenimiento.

Al revisar el estado actual el tiempo de servicio de mantenimiento preventivo es de 130,72 minutos promedio, con la aplicación de la estandarización del proceso y el plan de calibración de los equipos de medición, el tiempo de servicio de mantenimiento preventivo será de 109,85 minutos

Se minimizó el nivel de variabilidad del proceso de 24 minutos promedio por servicio de mantenimiento preventivo a 11,31 minutos promedio por servicio de mantenimiento preventivo.

Se aumenta la capacidad instalada en 9,85% de 700 servicios de mantenimiento preventivos por mes a 769 servicios de mantenimiento preventivos por mes.

Al realizar el aumento de la capacidad instalada se disminuye el pago de las horas extras en un 90,15% de \$5.982 USD al año a \$589 USD al año aproximadamente.

Se ha logrado aumentar el nivel de cumplimiento establecido por de la marca KONE (95%) de 89.57% registrado en el periodo 2021 a 97.18% dejando de pagar la penalidad a la marca KONE de \$50.000 USD por cada año. A pesar de que no era un objetivo del proyecto, fue un resultado indirecto de la optimización de tiempo de

servicio de mantenimiento y minimización de la variabilidad.

Con la mejora de los tiempos en el servicio de mantenimiento preventivo también se mejora otros aspectos cualitativos como es la satisfacción del cliente, retención de clientes, etc

El proyecto de inversión tiene un 89% de Tasa Interna de Retorno con una tasa de costo de inversión WACC del 15.43%. La tasa Interna de retorno es rentable en comparación al costo de 31.58% de la fijación de precios de activo de capital del mercado o costo de oportunidad

El proyecto tiene un monto de inversión inicial de USD \$35,360 dólares y un valor actual neto de USD \$ 50,367 dólares, lo cual sugiere un aumento en el capital de inversión y una rentabilidad de inversión.

4.6. RECOMENDACIONES

Se recomienda controles periódicos por técnicos y revisar que cumplen con los procedimientos y órdenes establecidos. También del llenado adecuado de los cuadernos de control de los ascensores y de los chek list

Se recomienda realizar junta de expertos periódica con los supervisores y el full trainer de la marca KONE donde se pueda ir viendo los posibles problemas potenciales para no aumentar los tiempos de mantenimiento preventivo

Se recomienda indicadores de cumplimiento del plan anual de calibración de los

equipos de mediciones y revisar las especificaciones técnicas

Se recomienda mantener la cultura lean de mejora continua mediante capacitaciones constantes, la cual permite a los trabajadores de la organización identificar desperdicios y optimizar actividades que generan valor en su plan de trabajo diario.

BIBLIOGRAFÍA

- Adeodu, A., Kanakana, M., & Rendani, M. (2021). Implementation of Lean Six Sigma for production process optimization in a paper production company. *Journal of Industrial Engineering and Management 14 (3)*, 661-680.
<https://doi.org/10.3926/jiem.3479>
- Ahmed, S. (2019). Integrating DMAIC approach of Lean Six Sigma and theory of constraints toward quality improvement in healthcare. *Reviews on Environmental Health, 2019*, 1-8. <https://doi.org/10.1515/reveh-2019-0003>
- Arafeh, M., Barghash, M., Haddad, N., Musharbash, N., Nashawati, D., Al-Bashir, A., & Assaf, F. (2018). Using Six Sigma DMAIC Methodology and Discrete Event Simulation to Reduce Patient Discharge Time in King Hussein Cancer Center. *Hindawi Journal of Healthcare Engineering, 2018*, 3832151.
<https://doi.org/10.1155/2018/3832151>
- Banco Central de Reserva del Perú (2022). Tasa de Riesgo. BCRP
<https://www.bcrp.gob.pe/busqueda.html?searchword=tasa%20riesgo&searchphrase=all>
- Bloj, M.-D., Moica, S., & Veres, C. (2020). Lean Six Sigma in the Energy Service Sector: A Case Study. *Procedia Manufacturing, 40*, 352-358.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.051>
- Comisión de Valores de EE.UU. (2022). Bolsa de Valores New York en 20 años. Inversor.gov. <https://www.investor.gov/informacion-en-espanol>

- Damodaran, A. (2022). *Beta, Unlevered beta and other risk measures*. Universidad de Nueva York, Stern School of Business.
<http://www.stern.nyu.edu/~adamodar/pc/datasets/betas.xls>
- Furterer, S., & Smelcer, A. B. (2007). A Framework and Case Study for Implementing Lean Six Sigma in Small Companies. *IIE Annual Conference. Proceedings*, 1587-1592. <https://www.proquest.com/openview/b99444e1ff3a7cabe0e84d7d5e7e49e0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=51908>
- Guimarey López, F., Hernández Monsalve, L., & Vasquez Coronado, M. (2021). Mejora de la productividad empleando la metodología DMAIC. *INGENIERÍA: ciencia, Tecnología Innovación* 8 (2), 77–91. <https://doi.org/10.26495/icti.v8i2.1907>
- Hakimi, S., Zahraee, S., & Rohani, J. (2019). Application of Six-Sigma DMAIC methodology in plain yogurt production process. *International Journal of Lean Six Sigma* 9 (4), 562-578. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2016-0069>
- Karout, R., & Awasthi, A. (2017). Improving software quality using six sigma DMAIC based approach: A case study. *Business Process Management Journal* 23 (4), 842-856. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-02-2017-0028>
- Klochkov, Y., Gazizulina, A., & Muralidharan, K. (2019). Lean six sigma for sustainable business practices: a case study and standardisation. *International Journal for Quality Research* 13(1), 47–74. <https://doi.org/10.24874/IJQR13.01-04>
- Laureani, A., & Antony, J. (2010). Reducing employees' turnover in transactional services: a Lean Six Sigma case study. *International Journal of Productivity and*

Performance Management 59 (7), 688-700.

<https://doi.org/10.1108/17410401011075666>

Laureani, A., Antony, J., & Douglas, A. (2010). Lean six sigma in a call centre: a case study. *International Journal of Productivity and Performance Management* 59 (8), 757-768. <https://doi.org/10.1108/17410401011089454>

Li, N., Laux, C., & Antony, J. (2019). How to use lean Six Sigma methodology to improve service process in higher education: A case study. *International Journal of Lean Six Sigma* 10 (4), 883-908. doi:<https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2018-0133>

Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2021). Decreto Supremo N° 001-2021-TR de 2021. *Por lo cual se expide Decreto Supremo que modifica diversos artículos del Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobado por Decreto Supremo N° 005-2012-TR y sus modificatorias.* <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1923867-3>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *Norma EM. 070 Transporte Mecánico del Reglamento Nacional de Edificaciones.* MVCS. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/302072/EM070-proyecto-norma.pdf>

Mustapha, M., Abu Hasan, F., & Muda, M. (2019). Lean Six Sigma implementation: multiple case studies in a developing country. *International Journal of Lean Six Sigma* 10 (1), 523-539. doi:<https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2017-0096>

Nandakumar, N., Saleeshya, P., & Harikumar, P. (2020). Bottleneck Identification And Process Improvement By Lean Six Sigma DMAIC Methodology. *Materials Today: Proceedings Vol 24*, 1217–1224. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.436>

Organización de las Naciones Unidas. (2021). *Nuestro compromiso con los ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible*. ONU.

https://fechac.org.mx/app_fechac/_files/_img/_documents/012821-160142_rf-1-03compromisodefchacconlosodsrev1.pdf?gclid=Cj0KCQiAyeWrBhDDARIsAGP1mWTZnqrR6X4PCvHkMNXqP9kXo2RUIW25iMCgBMP59l8nKIk5EdllBIYaAvxBEALw_wcB:

Organización de las Naciones Unidas. (2021). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. ONU.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Quiroz Flores, J., Daza Moran, F., Ramírez Alva, A., & Collao Diaz, M. (2022). Improving service level performance by implementing lean six sigma in smes of the gaming peripherals industry in peru: a case study. *The South African Journal of Industrial Engineering 33 (2)*, 168–183. doi:<https://doi.org/10.7166/33-2-2710>

Schretlen, S., Hoefsmit, P., Kats, S., van Merode, G., Maessen, J., & Zandbergen, R.

(2021). Reducing surgical cancellations: a successful application of Lean Six Sigma in healthcare. *BMJ Open Qual 10 (3)*, e001342. doi:10.1136/bmjopen-2021-001342.

Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the

Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia. Social and Behavioral Science*, 590 – 596. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>

Sodhi, H., Singh, D., & Singh, B. (2020). A conceptual examination of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma models for managing waste in manufacturing SMEs. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development* 17 (1), 20-32.
<https://doi.org/10.1108/WJSTSD-10-2019-0073>

Sreedharan, R., & Raju, R. (2016). A systematic literature review of Lean Six Sigma in different industries. *International Journal of Lean Six Sigma* 7 (4), 430-466.
<https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2015-0050>

Trimarjoko, A., Hardi Purba, H., & Nindiani, A. (2020). Consistency of DMAIC phases implementation on Six Sigma method in manufacturing and service industry: a literature review. *Management and Production Engineering Review* 11 (4), 34-45.
[doi:10.24425/mper.2020.136118](https://doi.org/10.24425/mper.2020.136118)

Wang, F., Rahardjo, B., & Rifa, P. (2022). Lean Six Sigma with Value Stream Mapping in Industry 4.0 for Human-Centered Workstation Design. *Sustainability* 14 (17), 11020. <https://doi.org/10.3390/su141711020>

ANEXO 1

El área de mantenimiento de la empresa Ascensores GS&F cuenta con 4 supervisores, los cuales son personas altamente calificadas y con varios años de experiencia realizando servicios de mantenimiento preventivo de ascensores, además de ello la empresa cuenta con un personal Full Trainer, quien es el experto de la propia marca KONE. En una sesión conjunta con estos 5 expertos, se les ha realizado la siguiente pregunta

Fotografía Juicio de Expertos Mantenimiento Ascensores GS&F



Nota. De Ascensores GS&F, comunicación personal, 15 de marzo de 2022.

¿Cuáles son los modos de fallas por las que no se cumplen los servicios de mantenimiento preventivo en el tiempo planificado?

A lo que ellos respondieron:

1. Disponibilidad del cliente: El cliente no está disponible y/o no brinda las facilidades para realizar el servicio de mantenimiento preventivo)

2. Asignación del técnico: Cada técnico usa diferentes métodos de trabajo u orden en realizar el servicio de mantenimiento preventivo
3. Disponibilidad del técnico: Los técnicos no se da abasto con el número de servicios programados
4. Asignación de herramientas por tipo de servicio de mantenimiento preventivo: Almacén no tiene el stock necesario
5. Asignación de materiales por tipo de servicio de mantenimiento preventivo: Almacén no tiene el stock necesario
6. Revisión del cuaderno de registro del ascensor: El técnico no revisa el cuaderno de registro antes de empezar el servicio de mantenimiento preventivo.
7. Limpieza y revisión del estado del ascensor: El técnico no realiza las actividades en el orden ni tiempos establecidos.
8. Toma de medidas oscilante en los tableros del ascensor: El técnico no logra revisar adecuadamente los tableros de control ni swich de seguridad.
9. Acta del mantenimiento realizado: Al finalizar el servicio de mantenimiento el técnico no le entrega y/o explica adecuadamente el acta.

Con las respuestas dadas por estos expertos, sobre los diferentes modos de falla, se ha construido una tabla FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), la cual es una de las herramientas más comunes en el análisis de la causa raíz, y donde se ha colocado criterios de evaluación como la severidad, ocurrencia o frecuencia y detectabilidad, estos criterios deberán ser calificados del 1 al 10 según lo detallado en el siguiente cuadro.

Calificación para Severidad, Ocurrencias y Detectabilidad

CALIFICACIÓN	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Severidad	Peligrosa sin Aviso	Peligrosa con Aviso	Muy Alta	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja	Menor	Muy Menor	Ninguna
Ocurrencia	<=1 en 2	1 en 3	1 en 8	1 en 20	1 in 50	1 en 100	1 en 200	1 en 250	1 en 300	>=1 en 300
Detectabilidad	Absolutamente Incierto	Muy Remoto	Remoto	Muy Baja	Baja	Moderada	Moderada Alta	Alta	Muy Alta	Cierta

Tabla FMEA

TABLA FMEA								
FUNCIÓN	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO POTENCIAL DEL MODO DE FALLA	SEVERIDAD (1-10)	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	FRECUENCIA (1-10)	CONTROLES ACTUALES	DETECTABILIDAD (1-10)	NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO
Verificar la disponibilidad del cliente	El cliente no esta disponible y/o no brinda las facilidades para realizar el servicio de mant.	Se pierde tiempo al esperar y/o reprogramar el servicio de mant.		Mala coordinación y/o programación		No se llena correctamente No se actualiza la planificación		0
Asignación del técnico	Técnico usa diferentes métodos de trabajo u orden en realizar el servicio de mant	No cumple con todos los servicios de mantenimiento planificados en la semana		Falta de estandarización de trabajo		No se realiza actualmente		0
Disponibilidad del técnico	Técnico no se da abasto con el numero de servicios programados	Incumplimiento y/o llega fuera de hora al servicio de mant.		Mala hojas de rutas y programación		No se llena correctamente		0
Asignación de herramientas por tipo de servicio de mant.	Almacén no tiene el stock necesario	Genera retraso y/o reprogramación		Inventario desactualizado		No se llena correctamente		0
Asignación de materiales por tipo de servicio de mant.	Almacén no tiene el stock necesario	Genera retraso y/o reprogramación		Inventario desactualizado		No se llena correctamente No se actualiza la planificación		0
Revisión del cuaderno de registro del ascensor	El técnico no revisa el cuaderno de registro antes de empezar el servicio de mant.	No se realiza el tipo de servicio adecuado y/o no sigue la continuidad del servicio anterior		Falta de secuencia de actividades		No hay check list de actividades		0
Limpieza y revisión del estado del ascensor y del ducto	El técnico no realiza las actividades en el orden ni tiempos establecidos	No utiliza o no tiene una secuencia de actividades establecidos		Falta de procedimiento Falta de secuencia de actividades		No hay check list de actividades		0
Toma de medidas oscilante en los tableros del ascensor	El técnico no logra revisar adecuadamente los tableros de control ni swich de seguridad	No registra y/o identifica fallas potenciales del ascensor		Falta de calibración de los equipos de medición y lectura		No hay plan de calibración de los equipos de medición		0
Acta del mantenimiento realizado	Al finalizar el servicio de mant. el técnico no le entrega y/o explica adecuadamente el acta	El cliente no tiene y/o no entendiendos los trabajos realizados en el servicio de mant.		Falta de procedimiento Falta de capacitación		Falta de control No se llena correctamente		0

Tabla resultante luego del análisis.

Esta tabla resultante del análisis, fue entregada nuevamente a estos 5 expertos para que

dieran su calificativo al último servicio de mantenimiento realizado, una vez revisadas cada una de las respuestas, se obtuvo la siguiente tabla promedio.

Tabla FMEA - Juicio de Expertos

TABLA FMEA								
FUNCIÓN	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO POTENCIAL DEL MODO DE FALLA	SEVERIDAD (1-10)	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	FRECUENCIA (1-10)	CONTROLES ACTUALES	DETECTABILIDAD (1-10)	NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO
Verificar la disponibilidad del cliente	El cliente no esta disponible y/o no brinda las facilidades para realizar el servicio de mant.	Se pierde tiempo al esperar y/o reprogramar el servicio de mant.	8	Mala coordinación y/o programación	7	No se llena correctamente No se actualiza la planificación	4	224
Asignación del técnico	Técnico usa diferentes métodos de trabajo u orden en realizar el servicio de mant	No cumple con todos los servicios de mantenimiento planificados en la semana	9	Falta de estandarización de trabajo	7	No se realiza actualmente	5	315
Disponibilidad del técnico	Técnico no se da abasto con el número de servicios programados	Incumplimiento y/o llega fuera de hora al servicio de mant.	7	Mala hojas de rutas y programación	6	No se llena correctamente	5	210
Asignación de herramientas por tipo de servicio de mant.	Almacén no tiene el stock necesario	Genera retraso y/o reprogramación	7	Inventario desactualizado	6	No se llena correctamente	5	210
Asignación de materiales por tipo de servicio de mant.	Almacén no tiene el stock necesario	Genera retraso y/o reprogramación	7	Inventario desactualizado	6	No se llena correctamente No se actualiza la planificación	5	210
Revisión del cuaderno de registro del ascensor	El técnico no revisa el cuaderno de registro antes de empezar el servicio de mant.	No se realiza el tipo de servicio adecuado y/o no sigue la continuidad del servicio anterior	9	Falta de secuencia de actividades	7	No hay check list de actividades	4	252
Limpieza y revisión del estado del ascensor y del ducto	El técnico no realiza las actividades en el orden ni tiempos establecidos	No utiliza o no tiene una secuencia de actividades establecidos	8	Falta de procedimiento Falta de secuencia de actividades	8	No hay check list de actividades	4	256
Toma de medidas oscilante en los tableros del ascensor	El técnico no logra revisar adecuadamente los tableros de control ni swich de seguridad	No registra y/o identifica fallas potenciales del ascensor	9	Falta de calibración de los equipos de medición y lectura	7	No hay plan de calibración de los equipos de medición	4	252
Acta del mantenimiento realizado	Al finalizar el servicio de mant. el técnico no le entrega y/o explica adecuadamente el acta	El cliente no tiene y/o no entiende los trabajos realizados en el servicio de mant.	8	Falta de procedimiento Falta de capacitación	6	Falta de control No se llena correctamente	5	240

De esta tabla promedio se puede indicar los siguientes resultados para las funciones analizadas:

Para la función **Verificar la disponibilidad del cliente**, se obtuvo una calificación de 8 (muy alta) para el factor severidad, para el factor frecuencia, un promedio de 7 (1 en 20) y en

cuanto al factor detectabilidad se obtuvo un promedio de 4 (moderada alta).

Para la función **Asignación del técnico**, se obtuvo una calificación de 9 (peligrosa con aviso) en el factor severidad, para el factor frecuencia, un promedio de 7 (1 en 20) y en cuanto al factor detectabilidad se obtuvo un promedio de 5 (moderada).

Para la función **Disponibilidad del técnico**, se obtuvo una calificación de 7 (alta) en el factor severidad, para el factor frecuencia, un promedio de 6 (1 en 50) y en cuanto al factor detectabilidad se obtuvo un promedio de 5 (moderada).

Para la función **Asignación de herramientas por tipo de servicio de mantenimiento**, se obtuvo una calificación de 7 (alta) en el factor severidad, para el factor frecuencia, un promedio de 6 (1 en 50) y en cuanto al factor detectabilidad se obtuvo un promedio de 5 (moderada).

Para la función **Asignación de materiales por tipo de servicio de mantenimiento**, se obtuvo una calificación de 7 (alta) en el factor severidad, para el factor frecuencia, un promedio de 6 (1 en 50) y en cuanto al factor detectabilidad se obtuvo un promedio de 5 (moderada).

Para la función **Revisión del cuaderno de registro del ascensor**, se obtuvo una calificación de 9 (peligrosa con aviso) en el factor severidad, para el factor frecuencia, un promedio de 7 (1 en 20) y en cuanto al factor detectabilidad se obtuvo un promedio de 4 (moderada alta).

Para la función **Limpieza y revisión del estado del ascensor y del ducto**, se obtuvo una calificación de 8 (muy alta) en el factor severidad, para el factor frecuencia, un promedio de

8 (1 en 8) y en cuanto al factor detectabilidad se obtuvo un promedio de 4 (moderada alta).

Para la función **Toma de medidas oscilante en los tableros del ascensor**, se obtuvo una calificación de 9 (peligrosa con aviso) en el factor severidad, para el factor frecuencia, un promedio de 7 (1 en 20) y en cuanto al factor detectabilidad se obtuvo un promedio de 4 (moderada alta).

Para la función **Acta del mantenimiento realizado**, se obtuvo una calificación de 8 (muy alta) en el factor severidad, para el factor frecuencia, un promedio de 6 (1 en 50) y en cuanto al factor detectabilidad se obtuvo un promedio de 5 (moderada).

De este análisis, se establece el modo de falla potencial, el efecto potencial del modo de falla y las acciones recomendadas para cada función, obteniendo los nuevos factores, para el desarrollo óptimo de las funciones y que se ven reflejados en la siguiente tabla.

Tabla FMEA Mejorado - Juicio de Expertos

TABLA FMEA									
FUNCIÓN	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFFECTO POTENCIAL DEL MODO DE FALLA	ACCIÓN RECOMENDADA	RESPONSABLE	FECHA COMPROMISO DE EJECUCIÓN	NUEVA SEVERIDAD (1-10)	NUEVA FRECUENCIA (1-10)	NUEVA DETECTABILIDAD (1-10)	NUEVO NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO
Verificar la disponibilidad del cliente	El cliente no esta disponible y/o no brinda las facilidades para realizar el servicio de mant.	Se pierde tiempo al esperar y/o reprogramar el servicio de mant.	Capacitación del sistema interno de atención al cliente Procedimientos entre las áreas de atención al cliente y mantenimiento	Marco Sánchez	20/1/2023	4	2	4	32
Asignación del técnico	Técnico usa diferentes métodos de trabajo u orden en realizar el servicio de mant	No cumple con todos los servicios de mantenimiento planificados en la semana	Capacitación de los técnicos y estandarización de metodos de trabajo actualizados	Marco Sánchez	20/1/2023	6	2	4	48
Disponibilidad del técnico	Técnico no se da abasto con el número de servicios programados	Incumplimiento y/o llega fuera de hora al servicio de mant.	Contratar a un planificador calificado Nuevas hojas de ruta	Marco Sánchez	20/1/2023	4	2	5	40
Asignación de herramientas por tipo de servicio de mant.	Almacén no tiene el stock necesario	Genera retraso y/o reprogramación	Realizar un nuevo inventario con las áreas involucradas	Marco Sánchez	20/1/2023	3	2	5	30
Asignación de materiales por tipo de servicio de mant.	Almacén no tiene el stock necesario	Genera retraso y/o reprogramación	Realizar un nuevo inventario con las áreas involucradas	Marco Sánchez	20/1/2023	3	2	5	30
Revisión del cuaderno de registro del ascensor	El técnico no revisa el cuaderno de registro antes de empezar el servicio de mant.	No se realiza el tipo de servicio adecuado y/o no sigue la continuidad del servicio anterior	Capacitación de los técnicos y estandarización de metodos de trabajo actualizados	Ricardo Meza	20/1/2023	4	3	4	48
Limpieza y revisión del estado del ascensor y del ducto	El técnico no realiza las actividades en el orden ni tiempos establecidos	No utiliza o no tiene una secuencia de actividades establecidos	Capacitación de los técnicos y estandarización de metodos de trabajo actualizados	Ricardo Meza	20/1/2023	4	3	4	48
Toma de medidas oscilante en los tableros del ascensor	El técnico no logra revisar adecuadamente los tableros de control ni svich de seguridad	No registra y/o identifica fallas potenciales del ascensor	Plan de calibración de los equipos de medición y de lectura para los tableros del ascensor	Ricardo Meza	20/1/2023	6	2	4	48
Acta del mantenimiento realizado	Al finalizar el servicio de mant. el técnico no le entrega y/o explica adecuadamente el acta	El cliente no tiene y/o no entiende los trabajos realizados en el servicio de mant.	Capacitación de los técnicos y estandarización de metodos de trabajo actualizados	Ricardo Meza	20/1/2023	4	2	5	40

En esta tabla de nuevos factores se indican los resultados óptimos a aplicarse en las funciones analizadas, es decir:

Para la función **Verificar la disponibilidad del cliente**, se debe obtener una calificación de 4 (muy baja) en el factor de nueva severidad, para el factor nueva frecuencia, se debe obtener una calificación de 2 (1 en 300) y en cuanto al factor nueva detectabilidad se debe obtener una calificación de 4 (moderada alta).

Para la función **Asignación del técnico**, se debe obtener una calificación de 6 (moderada)

en el factor de nueva severidad, para el factor nueva frecuencia, se debe obtener una calificación de 2 (1 en 300) y en cuanto al factor nueva detectabilidad se debe obtener una calificación de 4 (moderada alta).

Para la función **Disponibilidad del técnico**, se debe obtener una calificación de 4 (muy baja) en el factor de nueva severidad, para el factor nueva frecuencia, se debe obtener una calificación de 2 (1 en 300) y en cuanto al factor nueva detectabilidad se debe obtener una calificación de 5 (moderada).

Para la función **Asignación de herramientas por tipo de servicio de mantenimiento**, se debe obtener una calificación de 3 (menor) en el factor de nueva severidad, para el factor nueva frecuencia, se debe obtener una calificación de 2 (1 en 300) y en cuanto al factor nueva detectabilidad se debe obtener una calificación de 5 (moderada).

Para la función **Asignación de materiales por tipo de servicio de mantenimiento**, se debe obtener una calificación de 3 (menor) en el factor de nueva severidad, para el factor nueva frecuencia, se debe obtener una calificación de 2 (1 en 300) y en cuanto al factor nueva detectabilidad se debe obtener una calificación de 5 (moderada).

Para la función **Revisión del cuaderno de registro del ascensor**, se debe obtener una calificación de 4 (muy baja) en el factor de nueva severidad, para el factor nueva frecuencia, se debe obtener una calificación de 3 (1 en 250) y en cuanto al factor nueva detectabilidad se debe obtener una calificación de 4 (moderada alta).

Para la función **Limpieza y revisión del estado del ascensor y del ducto**, se debe obtener

una calificación de 4 (muy baja) en el factor de nueva severidad, para el factor nueva frecuencia, se debe obtener una calificación de 3 (1 en 250) y en cuanto al factor nueva detectabilidad se debe obtener una calificación de 4 (moderada alta).

Para la función **Toma de medidas oscilante en los tableros del ascensor**, se debe obtener una calificación de 6 (moderada) en el factor de nueva severidad, para el factor nueva frecuencia, se debe obtener una calificación de 2 (1 en 300) y en cuanto al factor nueva detectabilidad se debe obtener una calificación de 4 (moderada alta).

Para la función **Acta del mantenimiento realizado**, se debe obtener una calificación de 4 (muy baja) en el factor de nueva severidad, para el factor nueva frecuencia, se debe obtener una calificación de 2 (1 en 300) y en cuanto al factor nueva detectabilidad se debe obtener una calificación de 5 (moderada).