

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**INCREMENTAR LA CAPACIDAD DEL SERVICIO DE
CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS BASADO EN EL ENFOQUE
LEAN REDUCIENDO EL TIEMPO DE CICLO DEL SERVICIO DE
UNA EMPRESA DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTADA POR:

Bach. MENDOZA CAPACYACHI, ALLISSON DENISSE

ASESOR: ING. BALLERO NUÑEZ, GINO SAMMY

LIMA-PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres por haberme enseñado a ser perseverante y no rendirme ante las dificultades, este logro se los debo a ustedes.

Gracias a todas las personas que me apoyaron por sobre todas las cosas.

Allisson Denisse Mendoza Capacyachi

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento al Ing. Gino Ballero Nuñez asesor de esta tesis por las ganas de transmitir conocimiento, ha sido un gran guía durante toda la investigación y su muestra de dedicación es excepcional.

Allisson Denisse Mendoza Capacyachi

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.Descripción y formulación del problema general y específico.....	3
1.1.1. Problema general	14
1.1.2. Problemas específicos.....	15
1.2.Objetivos.....	15
1.2.1. Objetivo general.....	15
1.2.2. Objetivos específicos	15
1.3.Delimitación de la investigación.....	15
1.3.1. Espacial.....	15
1.3.2. Temporal.....	15
1.3.3. Temática.....	16
1.4.Justificación e importancia	16
1.4.1. Importancia	16
1.4.2. Justificación práctica.....	16
1.4.3. Justificación económica.....	16
1.4.4. Justificación social	17
1.4.5. Justificación teórica	17
1.4.6. Justificación metodológica	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	18
2.1.Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.1 Antecedentes Nacionales	18
2.1.2 Antecedentes Internacionales.....	20
2.2.Bases teóricas vinculadas a la variable del estudio.....	22

2.2.1.	Capacidad de servicio	22
2.2.2.	Servicio de calibración.....	23
2.2.3.	Tiempo de ciclo	29
2.2.4.	Lean	30
2.3.	Definición de términos básicos.....	35
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS		37
3.1.	Hipótesis	37
3.1.1.	Hipótesis general.....	37
3.1.2.	Hipótesis específicas.....	37
3.2.	Variables	37
3.2.1.	Definición conceptual de las variables	37
3.2.2.	Operacionalización de las variables.....	38
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		39
4.1.	Tipo y nivel.....	39
4.2.	Diseño de investigación	39
4.3.	Población y muestra.....	40
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
4.4.1	Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	42
4.4.2	Procedimientos para la recolección de datos	43
4.5	Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	43
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		44
5.1.	Diagnóstico y situación actual	44
5.1.1.	Antecedentes, información general y características de la empresa	44
5.1.2.	Principales clientes y requerimientos clave	44
5.1.3.	Principales servicios	45
5.1.4.	Misión, visión, política de calidad y objetivos	46

5.1.5. Procesos relevantes de la empresa, clasificación, priorización y selección del proceso crítico a estudiar	46
5.2. Análisis del proceso de metrología	50
5.2.1. Análisis de modelo por criterio de demanda	50
5.2.2. Análisis del modelo con mayor índice de demoras	51
5.2.3. Documentación del proceso seleccionado	52
5.2.4. Medición, análisis, y evaluación del proceso.	56
5.3. Propuesta de las 5's.....	58
5.4. Simulación del proceso de calibración	68
5.5. Análisis de resultados	70
5.6. Resumen de resultados.....	76
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Servicios de calibración atendidos.....	9
Tabla 2. Servicios de calibración total, sin reportes y con reportes.....	10
Tabla 3. Frecuencia de ocurrencias de las demoras.....	13
Tabla 4. Servicios de calibración de multímetros total sin demora y con demora	14
Tabla 5. Matriz de operacionalización de las variables	38
Tabla 6. Componentes del cálculo de la muestra.....	41
Tabla 7. Escala de calificación de la técnica nominal de grupo	48
Tabla 8. Personal de la técnica nominal de grupo	48
Tabla 9. Factores referentes a los procesos del nivel 0.....	49
Tabla 10. Factores referentes a los procesos del nivel 1	50
Tabla 11. Selección de modelo por demanda	51
Tabla 12. Selección de modelo por demoras	51
Tabla 13. Descripción de las actividades del proceso	56
Tabla 14. Actividades que agregan valor.....	57
Tabla 15. Actividades que no generan valor, pero son necesarias	57
Tabla 16. Actividades que no agregan valor.....	58
Tabla 17. Plan para aplicar las 5's	59
Tabla 18. Planificación de recursos	59
Tabla 19. Miembros del comité	60
Tabla 20. Elementos con tiempo de desuso	61
Tabla 21. Reducción del costo anual	63
Tabla 22. Beneficio versus costo de la propuesta.....	64
Tabla 23. Descripción de las actividades propuesto del proceso.....	67
Tabla 24. Prueba de normalidad de la hipótesis general.....	71
Tabla 25. Estadísticos descriptivos de la hipótesis general	71
Tabla 26. Estadísticas de muestras emparejadas de la hipótesis general.....	72
Tabla 27. Prueba de muestras emparejadas de la hipótesis general.....	72
Tabla 28. Prueba de normalidad de la hipótesis específica 1	73
Tabla 29. Estadísticos descriptivos de la hipótesis específica 1	73
Tabla 30. Estadísticas de muestras emparejadas de la hipótesis específica 1.....	74
Tabla 31. Prueba de muestras emparejadas de la hipótesis específica 1	74

Tabla 32. Prueba de normalidad de la hipótesis específica 2	75
Tabla 33. Estadísticos descriptivos de la hipótesis específica 2	76
Tabla 34. Estadísticas de muestra emparejadas de la hipótesis específica 2	76
Tabla 35. Prueba de muestras emparejadas de la hipótesis específica 2	76
Tabla 36. Resumen de los resultados	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Evolución mensual de la producción nacional 2016-2020	4
Figura N° 2. Índice de la producción manufacturera.....	5
Figura N° 3. Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU).....	6
Figura N° 4. Análisis de la demanda y oferta	6
Figura N° 5. Instrumentos demandados en los próximos 5 años.....	7
Figura N° 6. Porcentaje de servicios de calibración atendidos.....	9
Figura N° 7. Servicios de calibración sin reporte y con reporte	10
Figura N° 8. Diagrama de Ishikawa.....	11
Figura N° 9. Diagrama de Pareto.....	13
Figura N° 10. Servicios de calibración de multímetros sin demora y con demora....	14
Figura N° 11. Relación la utilización y la calidad del servicio.....	23
Figura N° 12. Proceso del servicio de calibración.....	25
Figura N° 13. Calibradores en reposo para estabilización térmica.....	27
Figura N° 14. Proceso de calibración	28
Figura N° 15. Relación entre las medidas, las correcciones y la incertidumbre	29
Figura N° 16. Formula Tiempo de ciclo	30
Figura N° 17. Estructura del Lean Manufacturing	31
Figura N° 18. Principios del lean.....	33
Figura N° 19. 7 desperdicios.....	34
Figura N° 20. Mapa de procesos de la empresa.....	47
Figura N° 21. Cadena de valor de la empresa.....	47
Figura N° 22. Prioridad de los procesos del nivel 0	49
Figura N° 23. Prioridad de los procesos del nivel 1	50
Figura N° 24. Diagrama de bloques	50
Figura N° 25. Ficha del proceso de calibración.....	52
Figura N° 26. Diagrama de bloques de calibración	53
Figura N° 27. Diagrama de análisis del proceso de calibración	54
Figura N° 28. Fase de acondicionamiento AS-IS	55
Figura N° 29. Fase de calibración AS-IS.....	55
Figura N° 30. Flujograma para clasificar.....	60
Figura N° 31. Frecuencia de uso.....	61

Figura N° 32. Pasos para la limpieza.....	62
Figura N° 33. Disciplina	63
Figura N° 34. Diagrama de análisis propuesto del proceso de calibración	65
Figura N° 35. Fase de acondicionamiento TO-BE	66
Figura N° 36. Fase de calibrado TO-BE.....	66
Figura N° 37. Simulación del modelo actual del proceso de calibración	68
Figura N° 38. Tiempo actual del proceso de calibración en Promodel	68
Figura N° 39. Modelo actual del proceso de calibración en Promodel	69
Figura N° 40. Simulación del modelo propuesto del proceso de calibración.....	69
Figura N° 41. Tiempo propuesto del proceso de calibración de Promodel	69
Figura N° 42. Modelo propuesto del proceso de calibración de Promodel	70

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como prioridad la investigación del departamento de metrología puesto que presentaba demoras durante el servicio de calibración, evidenciado en los reportes generados a lo largo del tiempo.

Se utilizó diferentes herramientas de ingeniería; para determinar las principales causas del problema se trabajó con el diagrama de Ishikawa y para seleccionar la prioridad se escogió el diagrama de Pareto.

El objetivo que se planteó fue incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos.

La hipótesis general fue Si se reduce el tiempo de ciclo, entonces se incrementa la capacidad del servicio de calibración.

Las variables que se usaron fueron la variable X: Tiempo de ciclo y la variable Y: Capacidad del servicio de calibración.

Con la aplicación de la propuesta de solución utilizando el enfoque lean se determinaron las actividades que no agregaban valor al proceso generando demoras. Además, se demostró que se reducen los tiempos de ciclo del servicio de calibración en un 27.07%; se reduce los tiempos de ciclo del acondicionamiento en un 58.40% y se reduce los tiempos de ciclo del calibrado en un 20.20% comprobándose la efectividad y viabilidad de la propuesta de mejora.

Palabras claves: Calibración, Enfoque lean y Tiempo de ciclo.

ABSTRACT

The present work had as a priority the investigation of the metrology department since it presented delays during the calibration service, evidenced in the reports generated over time.

Different engineering tools were used; to determine the main causes of the problem, the Ishikawa diagram was used and the Pareto diagram was chosen to select the priority.

The objective was to increase the capacity of the instrument calibration service, based on the lean approach, reducing the service cycle time of an electronic systems company.

The general hypothesis was If the cycle time is reduced, then the calibration service capacity is increased.

The variables that were used were the variable X: Cycle time and the variable Y: Capacity of the calibration service.

With the application of the solution proposal using the lean approach, the activities that did not add value to the process, generating delays, were determined. In addition, it was shown that calibration service cycle times are reduced by 27.07%; the conditioning cycle times are reduced by 58.40% and the calibration cycle times are reduced by 20.20%, proving the effectiveness and viability of the improvement proposal.

Keywords: Calibration, Lean approach, and Cycle Time.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se desarrolla en una empresa del sector electrónico que brinda servicios de calibración a equipos e instrumentos de medición, ofreciendo sus servicios a pedido a diferentes empresas del sector peruano.

La investigación se enfoca en el servicio de calibración que es el punto primordial en el proceso y resolverá el problema planteado de cómo incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos.

La solución es de importancia ya que para el problema se usan herramientas basadas en el enfoque lean. Además, esta investigación demuestra por medio de su aplicación que se utiliza diversas herramientas y se obtienen resultados en corto tiempo; con beneficios enfocados a cubrir las necesidades de la empresa.

El objetivo de estudio de la presente investigación es Incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos.

En el capítulo I se examina el planteamiento del problema general por lo tanto se realiza una descripción y formulación del problema general. Se detallan los problemas específicos, se delimitan los objetivos generales y específicos. Se delimita la investigación de forma temporal, espacial y temática. Además, se justifica y describe la importancia de la investigación.

En el capítulo II se acentúa el marco teórico donde se precisan los antecedentes del estudio de investigación. Se especifican las bases teóricas vinculadas a las variables de estudio. También se precisan los términos básicos primordiales para la comprensión.

En el capítulo III se compone del sistema de hipótesis incluyendo la hipótesis principal y las secundarias. Asimismo, se observa las variables, definiendo conceptualmente cada una de ellas y operacionalizándolas.

En el capítulo IV se constituye de la metodología de la investigación, definiendo el tipo, nivel, diseño población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

En el capítulo V se integra la presentación y análisis de resultados de la investigación. Se detalla el diagnóstico, la situación actual, el desarrollo del plan, la presentación de resultados y en posterior análisis.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones correspondientes. Toda la investigación está sustentada con referencias bibliográficas y tiene anexos con información adicional.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se examina el planteamiento del problema general por lo tanto se realiza una descripción y formulación del problema general. Se detallan los problemas específicos, se delimitan los objetivos generales y específicos.

Se delimita la investigación de forma temporal, espacial y temática. Además, se justifica y describe la importancia de la investigación.

1.1. Descripción y formulación del problema general y específico

A nivel mundial, según la Sociedad Nacional de Industrias (2019), el sector industrial crecería 3.4% debido a las pocas tensiones internacionales y a la política de incentivos monetarios y fiscales que están llevando a cabo los diferentes países alrededor del mundo.

Es fundamental recordar que en ese año 19 países han disminuido sus tasas de interés de referencia siendo un instrumento para asegurar el desarrollo económico.

El instituto Peruano de Economía (2020), menciona que el Perú ha pasado por una crisis relevante a la altura del registro anual reflejándose en la proyección con una caída entre 14 y 15% del producto bruto interno.

A nivel nacional, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020) a comienzos de año anunció que el sector industrial creció 3,83%, evidenciado en 127 meses de continuo aumento debido a la producción nacional. A inicios del año creció en 3,40% y desde marzo 2019 a lo largo de los meses, obtuvo un aumento de 2,38% mostrándose en la figura N° 1.

El resultado se sostiene en el desarrollo propicio de varios de los sectores productivos sobresaliendo el sector de la manufactura; también están incluidos el agropecuario, la minería e hidrocarburos, construcción, comercio y el del transporte.

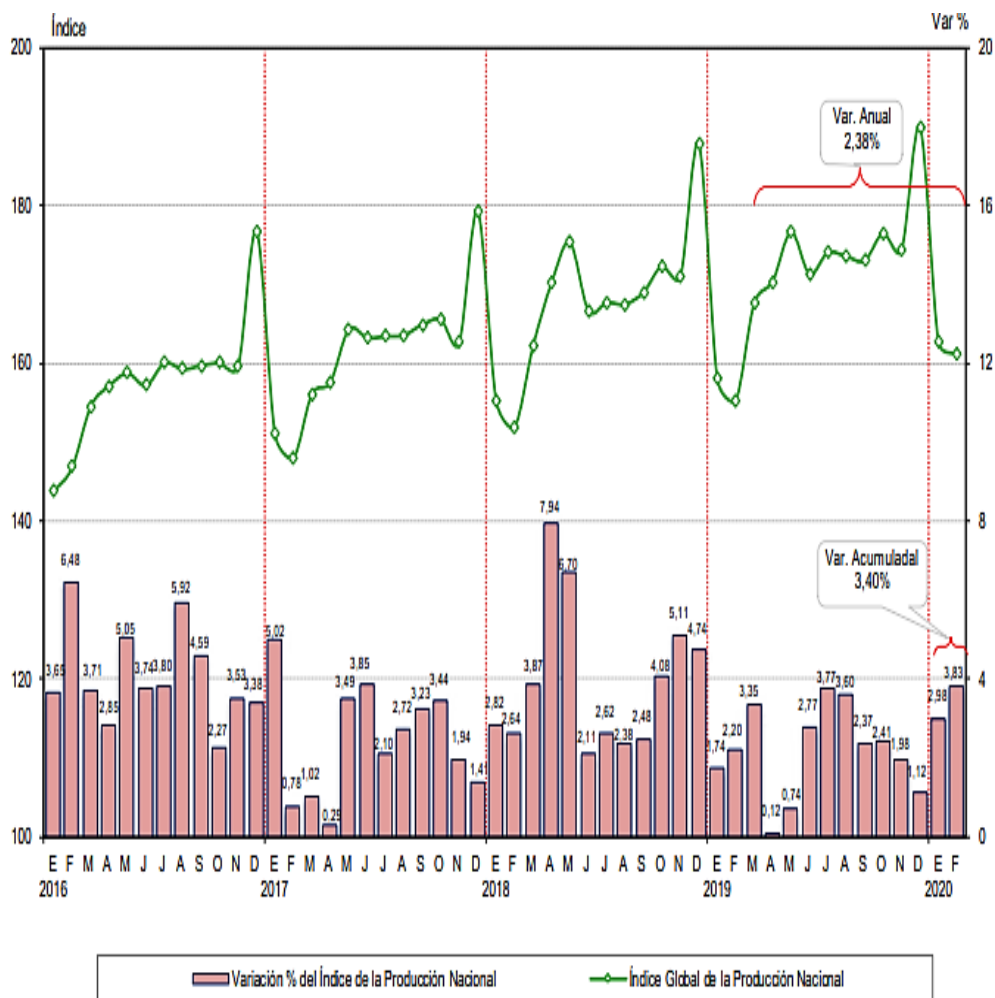


Figura N° 1. Evolución mensual de la producción nacional 2016-2020
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2020

Con respecto al sector de la manufactura, las estadísticas del INEI tienen un año base del 2007 y se muestra que a inicios del 2020 el índice de la producción registró un incremento de 5,27% con respecto al año anterior mostrado en la figura N° 2, definido por la gran actividad del subsector fabril primario como también del no primario.

Las industrias manufactureras no primarias fueron estimuladas por la actividad productora de bienes intermedios; mientras tanto en la producción de bienes de consumo no se observó alguna variación y la industria de bienes de capital decreció.

Concluyendo que todo lo anterior mencionado afecta a las actividades del subsector de reparación y mantenimiento.

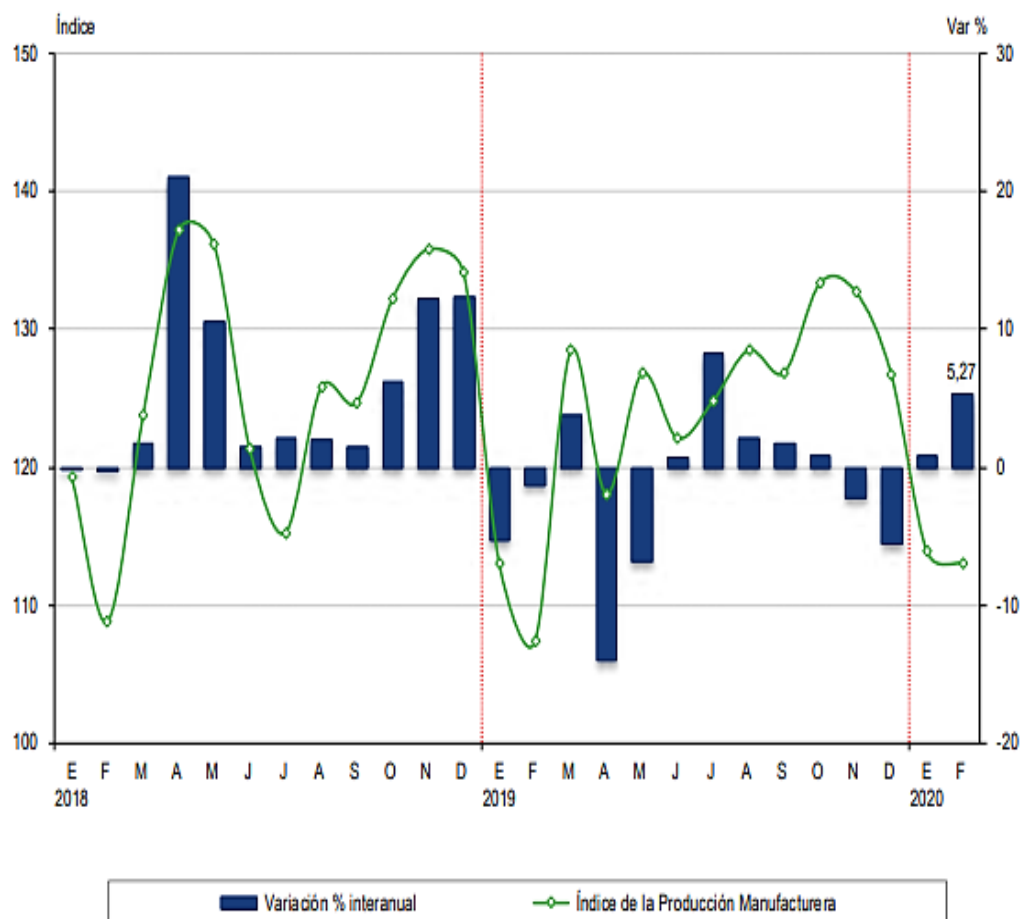


Figura N° 2. Índice de la producción manufacturera

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2020

El INEI muestra que estas actividades pertenecen a la sección C que son las industrias manufactureras mostrado en la figura N° 3, interviniendo en la división 33 que es la reparación e instalación de maquinaria y equipo.

Esto influye en el grupo 331 siendo la reparación de productos elaborados de metal, maquinaria y equipo ya que este grupo comprende las actividades de mantenimiento brindando servicios generales como ordinarios para asegurar que estos marchen eficientemente, evitar deterioro y reparaciones innecesarias. Y también afecta a la clase 3313 siendo la reparación de equipo electrónico y óptico la que involucra la reparación y mantenimiento del equipo de ensayo e inspección de propiedades eléctricas, físicas y químicas; instrumentos de prospección; e instrumentos de detección y vigilancia de radiaciones.

Sección	Descripción de categorías de la CIU Revisión 4
División	
Grupo	
Clase	

C Industrias manufactureras

33 Reparación e instalación de maquinaria y equipo

331	Reparación de productos elaborados de metal, maquinaria y equipo
3311	Reparación de productos elaborados de metal
3312	Reparación de maquinaria
3313	Reparación de equipo electrónico y óptico
3314	Reparación de equipo eléctrico
3315	Reparación de equipo de transporte, excepto vehículos automotores
3319	Reparación de otros tipos de equipo

Figura N° 3. Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIU)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2010

En relación al sector manufactura, el Instituto Nacional de Calidad (2015), llevó a cabo un análisis de la demanda mostrado en la figura N° 4, eligiendo una muestra del registro de empresas manufactureras del Ministerio de la Producción. Y en total obtuvo datos y referencias de 645 posibles demandantes, 528 probables proveedores de servicios de calibración y 25 factibles ejecutores de actividades de metrología dispersos entre las 12 regiones del país.

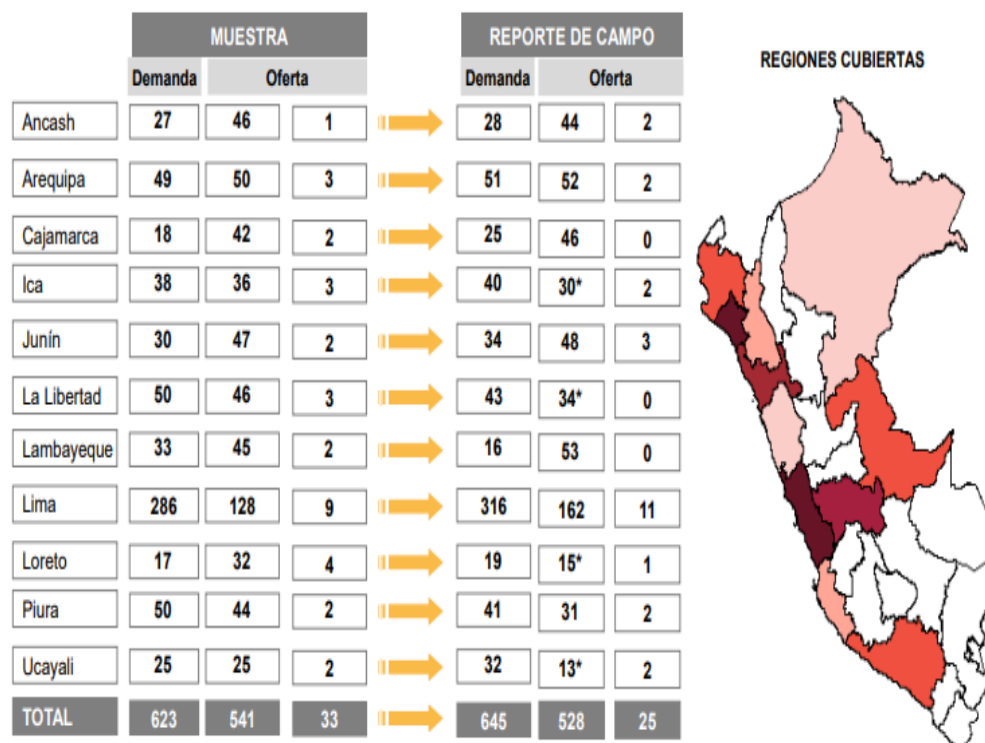


Figura N° 4. Análisis de la demanda y oferta

Fuente: Instituto Nacional de Calidad - INACAL, 2015

Según la demanda futura de las actividades de metrología de los próximos 5 años sobre los servicios de calibración mostrado en la figura N° 5, el 99% de las empresas se enfocarían en los instrumentos y parámetros de medición de los principales equipos que utilizan las empresas como lo son los termómetros (10%), balanzas (6%), balanzas (4%), cinta métrica (3%); pero los multímetros (2%) se encuentran entre los últimos lugares. Usualmente, el sistema de medición usado es el Sistema Internacional de Medidas (SI). Y las magnitudes más empleadas de acorde al tipo de instrumentos son la frecuencia, temperatura, presión, longitud y tensión.

Instrumentos y/o equipos	Uso ¹⁾	Magnitud	Alcance ²⁾		Exactitud ³⁾	Unidad
			Mínimo	Máximo		
Ecuadradas	0,7%	Longitud	n.d	n.d	n.d	centímetro
		Ángulo plano	45	90	n.d	grado sexagesimal
Espectrofotómetro	0,7%	Longitud de onda	n.d	n.d	n.d	nanómetro
Estufas	1,4%	Temperatura	10	230	1	grado Celsius
Flexómetros	1,4%	Longitud	0	3	0,002	metro
Galgas	2,2%	Longitud	0,02	6	0,01	milímetro
Generador de corriente	0,7%	Intensidad de corriente eléctrica	n.d	n.d	n.d	milliamperere
		Tensión eléctrica	n.d	n.d	n.d	volt
		Temperatura	n.d	n.d	n.d	grado Celsius
GPS	0,7%	n.d	n.d	n.d	n.d	coordenadas UTM
Higrómetros	0,7%	Humedad relativa	5	95	2,0	% humedad relativa
Horno	2,9%	Temperatura	0	250	2 °C a 5 °C	grado Celsius
Incubadora	0,7%	Temperatura	0	60	n.d	grado Celsius
Luxómetro	0,7%	Iluminancia	n.d	400	n.d	lux
Manómetro	1,4%	Presión	-14,9	250	2 % FS	libra por pulgada cuadrada
Manómetro para oxígeno	2,2%	Presión	0	5 000	0,5% FS	libra por pulgada cuadrada
Medidor de calidad del aire	0,7%	n.d	n.d	10	± 0,05	litro por minuto
Medidor de electricidad	0,7%	Intensidad de corriente eléctrica	n.d	n.d	n.d	ampere
		Tensión eléctrica	n.d	n.d	n.d	volt
Medidor multiparámetro	0,7%	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Medidor volumétrico	2,9%	Volumen	0	5	0,2% Lectura	galón
Micrómetros	1,4%	Longitud	0	1 800	0,001	milímetro
Muestreador de partículas	0,7%	número de partículas de un flujo de m	2,5	10,0	n.d	micrometro
Multímetros	2,2%	Intensidad de corriente eléctrica	n.d	n.d	n.d	ampere
		Tensión eléctrica	0	1 000	1% Lectura	volt
		Frecuencia	n.d	n.d	n.d	kilohertz
		Resistencia eléctrica	n.d	n.d	n.d	terachim

Figura N° 5. Instrumentos demandados en los próximos 5 años

Fuente: Instituto Nacional de Calidad - INACAL, 2015

La empresa que sirve como metodología para la realización del presente trabajo de investigación, en la actualidad la empresa está buscando incrementar la capacidad de brindar el servicio de calibración, debido a que el tiempo de ciclo actual de metrología va afectando al cliente externo cada vez más. Existe en el proceso de calibración potenciales demoras generadas durante el servicio.

Su laboratorio de ensayo y calibración pertenece al proceso de metrología, y está acreditado por INACAL cumpliendo con los estándares de la norma plasmado en el Sistema de Gestión con la Norma Técnica Peruana (NTP) ISO / IEC 17025:2006.

Sin embargo, cabe aclarar que se está realizando la transición a la versión NTP ISO / IEC 17025: 2017 así que aún cuenta con un periodo de gracia de un año para poder gestionar todo lo necesario.

Por ahora se puede seguir validando los resultados del servicio emitiendo certificados acreditados de INACAL y certificados no acreditados de la misma empresa. Cuenta con la capacidad para medir magnitudes de tensión, corriente y resistencia dentro de un rango establecido.

Esta empresa tiene más de 60 años ofreciendo servicios a diferentes sectores de la industria como compañías de electricidad, telecomunicaciones, minería, entre otros dentro del mercado nacional y regional.

Se encuentra establecida en la región de Lima, en el Perú, contando con instalaciones y ambientes propicios para el desarrollo de sus actividades. Además, tiene un amplio crecimiento y consolidación en el sector electrónico brindando servicios de calibración de equipos, herramientas e instrumentos de precisión y medición.

La presente tesis investigará la línea de servicio preferida por los clientes a lo largo del año 2019, en la tabla 1 se muestra la cantidad de órdenes de trabajo de los servicios de calibración atendidos anualmente con los datos obtenidos de la base de datos de la empresa. La calibración de multímetros tiene un número de 688 atenciones siendo la mayor cantidad anual de servicios realizados.

Tabla 1. Servicios de calibración atendidos

EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS	SERVICIOS ATENDIDOS	PORCENTAJES DE SERVICIOS
MAGNITUD DE FUERZA	18	1%
SISTEMA DE EMPUJE	29	2%
CONTADORES	30	2%
DINAMOMETRO	47	3%
FRECUENCIA	49	3%
GENERADORES	50	3%
TENSIOMETRO	53	3%
MICROMETRO	61	3%
BALANZA	63	4%
FISICA DIMENSIONAL	121	7%
TORQUIMETRO	199	11%
MANOMETRO	336	19%
MULTIMETRO	688	39%
TOTAL SERVICIOS ANUAL	1744	100%

Fuente: Elaboración propia

En base a los datos obtenidos de la anterior tabla, se muestran los totales porcentuales de servicios de calibración a lo largo del año 2019 en la figura N° 6. En primer lugar, se muestra la calibración de multímetros con un 39% en comparación a otros equipos o herramientas de medición como los manómetros que ocupan el segundo lugar con un 19% y los torquímetros con un 11% en tercer lugar de preferencia.

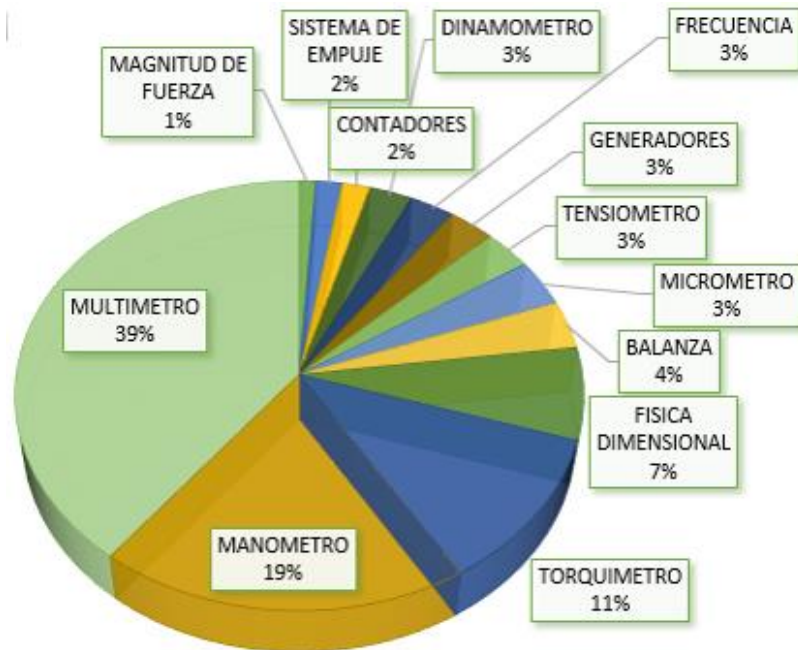


Figura N° 6. Porcentaje de servicios de calibración atendidos

Fuente: Elaboración propia

En el laboratorio de metrología se realiza diferentes tipos de acciones las cuales se encaminan a llevar un registro en la base de datos del sistema metrológico en donde el especialista, inspector de calidad y jefe del área reportan los sucesos en el servicio de calibración. En la tabla 2 se muestra la cantidad de reportes en el servicio con datos de reportes generados debido a las falencias en el proceso, teniendo diferentes causas a lo largo del año 2019.

Tabla 2. Servicios de calibración total, sin reportes y con reportes

EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS	CANTIDAD DE SERVICIOS	SERVICIOS SIN DEMORA	SERVICIOS CON DEMORA
MAGNITUD DE FUERZA	18	15	3
SISTEMA DE EMPUJE	29	23	6
CONTADORES	30	25	5
DINAMOMETRO	47	43	4
FRECUENCIA	49	41	8
GENERADORES	50	43	7
TENSIOMETRO	53	41	12
MICROMETRO	61	51	10
BALANZA	63	51	12
FISICA DIMENSIONAL	121	108	13
TORQUIMETRO	199	166	33
MANOMETRO	336	264	72
MULTIMETRO	688	464	224
TOTAL ANUAL	1744	1335	409

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los datos de la tabla 2 se puede mostrar las demoras por cada equipo o instrumento de medición en la figura N° 7. Siendo la calibración de multímetros el que presenta 464 servicios atendidos sin reporte y 224 servicios con reporte en comparación a otros.

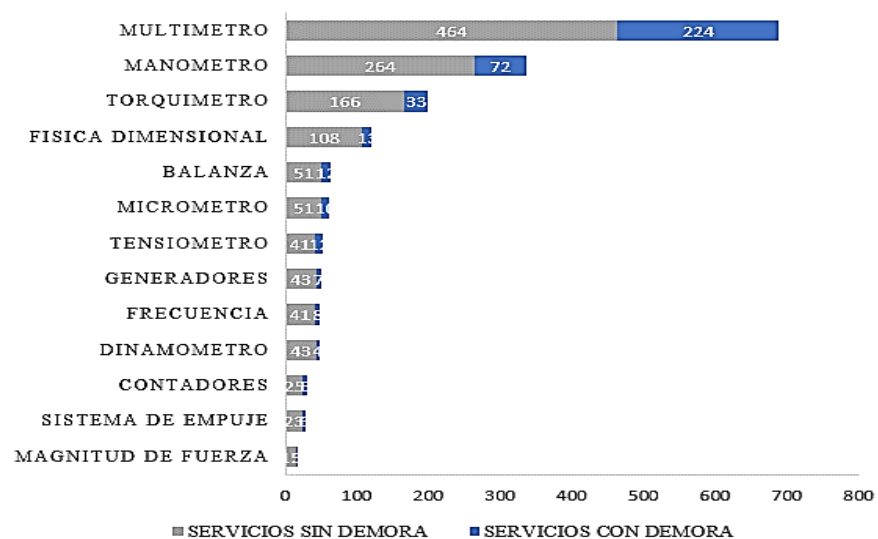


Figura N° 7. Servicios de calibración sin reporte y con reporte

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a lo mencionado anteriormente, se utilizó el diagrama Ishikawa para el estudio, observando lo que está dentro de cada rama para analizar y evidenciar las causas probables de las demoras en el tiempo de ciclo del servicio mostradas en la figura N° 8. Esta herramienta ayuda con la identificación, clasificación de los diferentes aspectos formando un conjunto de posibles causas que provocan el problema o efecto.

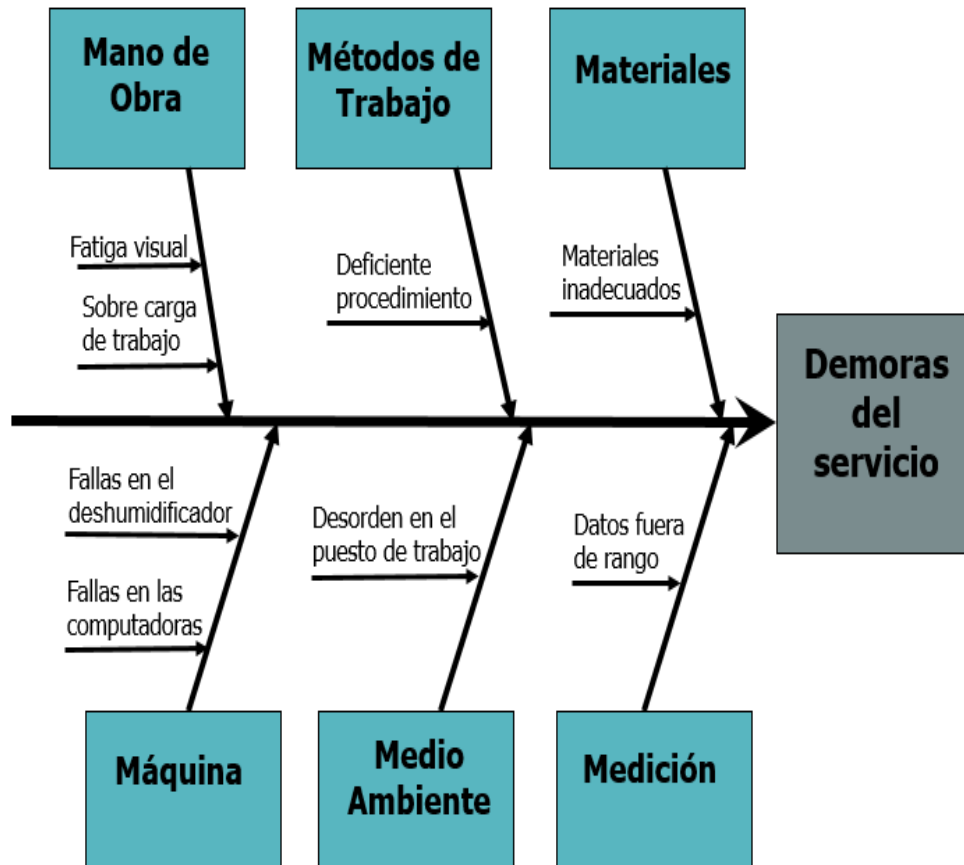


Figura N° 8. Diagrama de Ishikawa
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se pasará a describir cada uno de las causas encontradas dentro del servicio según cada rama, información importante para el desarrollo del análisis desde la raíz del problema:

- **Mano de Obra:** Las demoras del personal se produce cuando existe una fatiga y sobre carga de trabajo. Cabe resaltar que el personal cuenta con conocimiento técnico para el desarrollo de sus actividades así que su participación en el proceso de calibración de equipos e instrumentos.

- Métodos de trabajo: El deficiente procedimiento en las operaciones, se producen principalmente debido a errores en la redacción y fallas en las actividades.

No obstante, se cuenta con un procedimiento validado que se utiliza para realizar los trabajos y realizar pruebas con los calibradores junto a una validación de datos en el Excel.

- Materiales: Las demoras debido a materiales inadecuados se producen cuando se realiza una selección errónea de estos o también por un desgaste a través del tiempo.
- Máquina: Las demoras generadas por fallas en las computadoras se producen debido a por virus generando la pérdida de datos y a la lenta conexión al sistema.

Además, también existen fallas en el deshumidificador lo que genera paradas a través del proceso de calibración.

- Medio ambiente: Las demoras en el laboratorio se producen debido al desorden al momento de recepción de los instrumentos, no hay un lugar adecuado para la colocación de estos.

Además, el puesto de trabajo es desorganizado, las herramientas no están a la mano, lo que ocasiona pérdida de tiempo al desarrolla actividades.

- Medición: Las demoras por los datos fuera de rango se producen debido a errores de medidas y a falta de verificación. Dado que existe información inconsistente con respecto a la historia de uso del equipo o instrumento de medición.

Acorde al estudio de causas mostrado a través del diagrama de Ishikawa se ha realizado un diagrama de Pareto para identificar los principales problemas a resolver y así poder asignar un orden de prioridades a las causas que afectan al servicio de calibración.

En tabla 3 se muestra la frecuencia de ocurrencia de las demoras en conjunto a su porcentaje acumulado con datos obtenidos del anexo 5. Por ahora se observa que la demora en el acondicionamiento tiene mayor frecuencia en comparación a las demás.

Tabla 3. Frecuencia de ocurrencias de las demoras

CAUSAS	FRECUENCIA DE OCURRENCIAS	PORCENTAJE ACUMULADO
Desorden en el puesto de trabajo	71	31.70%
Fallas en las computadoras	58	57.59%
Fallas en el deshumidificador	31	71.43%
Datos fuera de rango	22	81.25%
Fatiga visual	14	87.50%
Sobre carga de trabajo	13	93.30%
Deficiente procedimiento	10	97.77%
Materiales inadecuados	5	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Según los datos obtenidos en la tabla 3 y el análisis de Pareto se determinó las causas principales que generan demoras y debido a la constancia de estos problemas en la empresa se decide realizar un estudio para atacar las demoras en la calibración y demoras en el acondicionamiento. Ver figura N° 9.

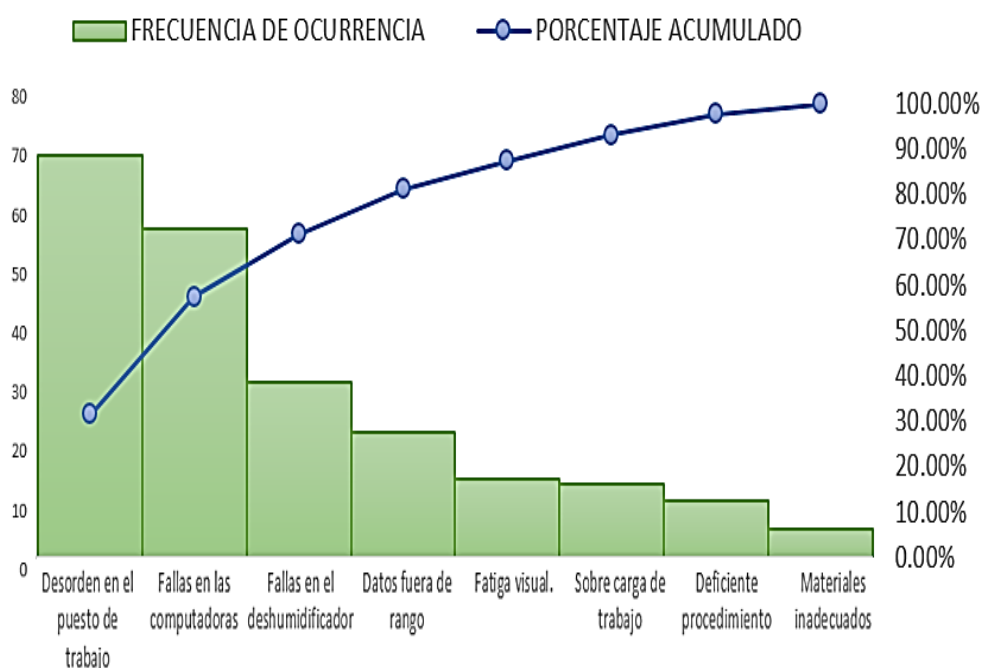


Figura N° 9. Diagrama de Pareto
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se muestra la cantidad de demoras en el servicio de calibración de multímetros con datos obtenidos del anexo 5 a lo largo del año 2019. A pesar que en el mes de agosto se realizaron 108 calibraciones, este mes es el que tiene un mayor número de servicios atendidos con demoras en comparación.

Tabla 4. Servicios de calibración de multímetros total sin demora y con demora

MESES	CANTIDAD DE SERVICIOS	SERVICIOS SIN DEMORA	SERVICIOS CON DEMORA
Enero	20	17	3
Febrero	47	30	17
Marzo	67	57	10
Abril	72	55	17
Mayo	21	18	3
Junio	69	57	12
Julio	127	68	59
Agosto	108	43	65
Setiembre	55	43	12
Octubre	21	17	4
Noviembre	49	35	14
Diciembre	32	24	8
TOTAL ANUAL	688	464	224

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los datos de la tabla 4 se muestra la cantidad de servicios de calibración brindada en la figura N° 10. Siendo agosto el mes que tiene más servicios con demora contando con 59 calibraciones de multímetros retasados.

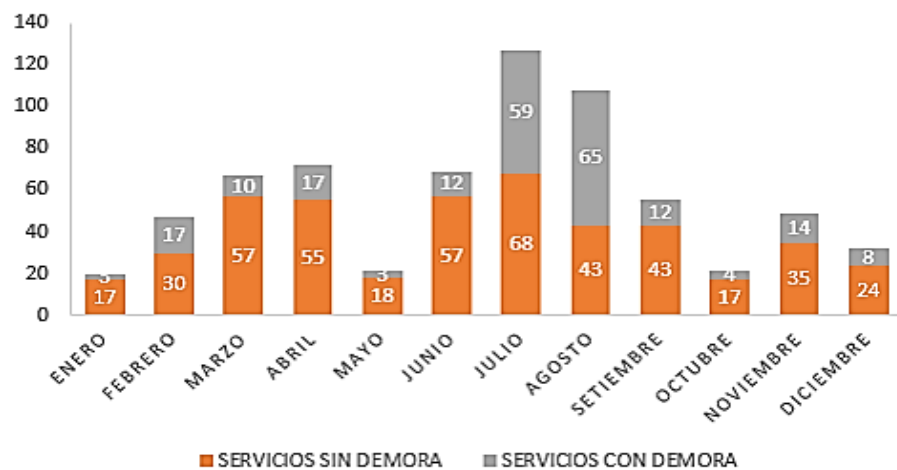


Figura N° 10. Servicios de calibración de multímetros sin demora y con demora

Fuente: Elaboración propia

Se determina encaminar la evaluación del tiempo de ciclo del servicio, enfocándolo en el acondicionamiento y el calibrado de acuerdo a las necesidades del laboratorio.

1.1.1. Problema general

¿Cómo incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos?

1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo aumentar la capacidad del acondicionamiento, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos?
- b) ¿Cómo acrecentar la capacidad del calibrado, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos??

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Aumentar la capacidad del acondicionamiento, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos.
- b) Acrecentar la capacidad del calibrado, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos.

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Espacial

Cabe resaltar que la tesis se llevará a cabo en una empresa del sector electrónico que brinda el servicio de calibración de equipos e instrumentos, y tiene como centro de funcionamiento el distrito el distrito de Santiago de Surco en Lima, Perú.

1.3.2. Temporal

Con respecto al tiempo del estudio, se recolectarán y analizarán los datos a partir del mes de julio hasta el mes de diciembre, del servicio de calibración de instrumentos de medición tomando en consideración la información del último año de operación de la empresa (2019).

1.3.3. Temática

La delimitación temática de la presente tesis es como incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos basado en el enfoque lean reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Importancia

Las investigaciones están centradas en dar solución a los problemas, por ello se necesita realizar la investigación. De igual manera, se debe conocer cuáles son las dimensiones que tiene para saber su viabilidad. (Bernal, 2010)

En el presente proyecto de tesis se desarrolla una propuesta enfocada a reducir el tiempo de ciclo del servicio, siendo como motivo principal incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos.

1.4.2. Justificación práctica

Cuando al desarrollarse una investigación nos brinda una estrategia para resolver determinado problema o al menos contribuye a su solución entonces se considera que tiene una justificación práctica. (Bernal, 2010)

La investigación propone estrategias que nos permitirían cubrir la demanda actual al reducir el tiempo de ciclo para poder cumplir con el servicio sin demora. Además, contribuirían a resolver los problemas encontrados en el servicio de calibración de instrumentos, con respecto al valor que representa cubrir las necesidades y expectativas de los clientes.

1.4.3. Justificación económica

Es necesario que las empresas aclaren cuáles son sus principales metas a alcanzar, refiriéndose a la mejora del nivel de beneficios. (Bernal, 2010)

El estudio propone reducir el tiempo de ciclo basándose en un enfoque lean, que permitirá incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos teniendo en cuenta las prioridades de la empresa; buscando

un beneficio con respecto a las ganancias obtenidas enfocando la generación de valor para los clientes.

1.4.4. Justificación social

El alcance social que pueda llegar a tener una investigación, se mide por las preguntas que puede resolver su justificación social. (Hernández et al, 2014)

Por consecuente, la investigación muestra distinción social puesto que al reducir el tiempo de ciclo de la empresa por medio de la propuesta; se incrementa la capacidad del servicio de calibración ofreciendo un mejor servicio a los clientes en relación a sus necesidades para aportar con una sociedad complacida.

1.4.5. Justificación teórica

Cuando la investigación busca generar un debate académico o de conocimientos, enfrentar teorías o contrastar resultados se dice que tiene justificación teórica. (Bernal, 2010)

El proyecto de tesis, contribuye a acrecentar el conocimiento científico acerca del tiempo de ciclo basados en el enfoque lean y su repercusión sobre la capacidad del servicio de la empresa; por lo tanto, generaría una reflexión derivando un debate de la comunidad científica en temas asociados con la temática referida.

1.4.6. Justificación metodológica

Cuando la investigación nos da un método novedoso o nueva estrategia para obtener conocimiento confiable y válido entonces tiene justificación metodológica. (Bernal, 2010)

La investigación desarrollada, propone la utilización de metodologías que permitirán adaptar las condiciones del tiempo de ciclo con respecto a las circunstancias específicas del entorno, además que se utilizarán técnicas con precisión metodológica enfocadas en la recolección de la información y para el análisis de los resultados.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se acentúa el marco teórico donde se precisan los antecedentes del estudio de investigación. Se especifican las bases teóricas vinculadas a las variables de estudio. También se precisan los términos básicos primordiales para la comprensión.

2.1. Antecedentes de la investigación

A continuación, se presentarán estudios de tesis de los aportes más importantes que serán necesarios para esta investigación.

2.1.1 Antecedentes Nacionales

- Sánchez (2015). En su tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial titulada “Propuesta de mejora del proceso de mantenimiento de instrumentos de medición y herramientas para reducir los tiempos de atención”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, presentó la indagación de los tiempos altos de atención de una organización del rubro de comercialización. Se investigaron los incumplimientos de entrega del área de mantenimiento a sus clientes internos.

El objetivo es facilitar una solución empleando un modelo que acoge herramientas de la teoría de restricciones y de la manufactura esbelta. Donde se utiliza la cadena de valor probando ser de enorme provecho para reconocer los residuos en los procesos y medir los tiempos de atención. Por otro lado, el proceso de pensamiento mostró ser de inmenso apoyo para el análisis e identificación de las causas raíz.

Se concluyó que el incremento de la capacidad del laboratorio de calibraciones ha sido la proposición más deslumbrante respecto a la disminución del tiempo de atención porque posibilitó que se aumente el número de calibraciones. Entonces llevando a cabo las propuestas de mejora la empresa, en trabajo de equipo, disminuyó significativamente los costos de operación. Además, reducir el gasto por procesos parados y de acortar los tiempos de atención de instrumentos de medición y herramientas del proceso de mantenimiento.

- Fuentes (2017). En su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial titulada “Implementación de la metodología 5s para reducir los tiempos en la ubicación de documentos en el área de Aseguramiento y Control de la Calidad de una entidad bancaria”. Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Lima, Perú, presentó la problemática del área realizando un contraste del estado pasado y presente del empleo de la metodología.

El objetivo de implementar la metodología 5S es para disminuir los tiempos de la ubicación de documentos con el propósito de mostrar el aprovechamiento de aplicar las 5S. El tipo de investigación fue descriptiva, se considera aplicada teniendo un enfoque cuantitativo y presenta un diseño no experimental. Como población la investigación se concentró en los documentos que se usan con gran frecuencia y se extrae una muestra de 239 documentos. La técnica de recolección de datos se llevó a cabo por medio del trabajo de campo, toma de tiempos, fotografías de los ambientes entre otros. Para el procesamiento y análisis de datos se usó el Microsoft Excel.

Se concluye, que se pudo disminuir los tiempos para buscar los documentos; ya que se prioriza la ubicación de la documentación con más relevancia y utilidad. Además, se demostró que el clima laboral prospera porque no hay esa incomodidad hacia la tarea de búsqueda de los documentos; en vista que se logra mejorar el control de los documentos y la limpieza de los ambientes.

- Valderrama (2018). En su tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial titulada “Propuesta de mejora para la reducción de tiempos en el proceso productivo para uvas de mesa variedad Red Globe aplicando herramientas Lean Manufacturing”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, presentó la problemática de una organización exportadora de uvas. Siendo el incumplimiento de los embarques de las fechas prometidas a los clientes el principal problema, en vista que los

despachos no se terminaban a tiempo, y producían pérdidas en el precio de retorno.

Su objetivo fue brindar una propuesta de mejora del proceso de producción disminuyendo sus tiempos utilizando la metodología Lean Manufacturing. Para esto realizó estudio de los tiempos por las diferentes actividades presentes y luego uso un balance de línea, además utilizó la tecnología en el proceso de digitado-etiquetado y una simulación de los diversos escenarios.

Se concluyó que se mostraron mejoras, como evitar los sobre procesos, inventarios y movimientos inútiles. Se cumplió con el fin principal del Lean debido a que se logra eliminar los desperdicios, resultando un proceso con menor costo y un producto con valor agregado que permite conseguir más margen de ganancia a la empresa, completando las entregas comprometidas al cliente en la fecha ofrecida.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

- Barbosa et al (2016). En su tesis para obtener el título de Especialización en Gerencia Integral de la Calidad titulada “Propuesta de mejora del sistema de gestión de calidad para el servicio de metrología en un laboratorio de calibración de equipos industriales”. Universidad de Sergio Arboleda, Bogotá D.C Colombia, presentó los principales problemas de la aerolínea Avianca.

Como objetivo se debía mejorar el presente sistema de gestión de calidad del servicio que brinda metrología calibrando equipos industriales. Se hizo el análisis de causas de fallas que involucran a los tiempos de entrega de la calibración de los equipos. Problemas presentes en las variables a calibrar como son los cálculos, estimaciones y la calidad del servicio referentes a factores vinculados a los procedimientos ya fijados del proceso de calibración. La metodología escogida tuvo el enfoque del ciclo de planear, hacer, verificar y actuar. También se dispone la utilización obligatoria de la herramienta de análisis de modo y efecto de fallas además

de definir un plan de capacitación para los trabajadores especializados y técnicos.

Se concluye que disponer recientes actividades y puntos de control posibilita hacer las calibraciones de los equipos de forma excelente, con los requerimientos pedidos por los clientes conforme a sus necesidades y con la conveniencia al entregar el equipo ya calibrado, ajustado o hasta reparado según sea el procedimiento.

- Avilés (2016). En su tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial titulada “Análisis del proceso de calibración de termohigrómetros y su incidencia en la productividad de la empresa Tecniprecisión CÍA. LTDA.”. Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Ecuador, presentó el análisis de las calibraciones que se realizan en el laboratorio de temperatura para hallar el error que presenta el instrumento en comparación a un patrón de referencia, por lo que se muestra una errónea forma de hacer esas tareas y actividades.

El objetivo fue investigar la calibración de termohigrómetros y su repercusión en la productividad del laboratorio de temperatura. El tipo de estudio ha sido exploratoria-descriptivo teniendo un enfoque cuantitativo. Contando con una población de 609 calibraciones en diez meses del año 2015; mientras que la muestra es de 236 calibraciones teniendo información disponible recopilada de los registros.

Se concluyó que por medio de la utilización del PLC siemens S7-200/CPU se ha podido realizar el diseño del control eléctrico y así poder automatizar la cámara. Los sistemas de calefacción y climatización son factores importantes para la temperatura influyendo en la calibración, por eso el sistema de des humidificación y humidificación es vital para la calibración, ya que se puede controlar la humedad del ambiente obteniendo un proceso controlado y eficiente.

- Cifuentes (2017). En su tesis para obtener el título de magister en administración de empresas titulada “Propuesta de un modelo de implementación de un laboratorio de calibración de equipos de medición

de ruido basado en norma ISO 17025”. Universidad Católica del Ecuador-Matriz, Quito, Ecuador, presentó una investigación de los distintos métodos de calibración que existen, normativas y regulaciones tanto nacionales como internacionales, instrumentos necesarios y los requisitos de la norma ISO 17025.

Elaboró el marco teórico para favorecer el entendimiento focalizado en la calidad y seguridad ocupacional. Expuso métodos de medición explicándolos además de analizar la selección de los tipos de calibración frecuentes para poder escoger el adecuado para el laboratorio. Enumera los primordiales instrumentos necesarios para el proceso de calibración de sonómetros y calibradores acústicos.

Examinan los patrones de acuerdo a la Oficina Internacional de Pesas y Medidas teniendo en cuenta los patrones esenciales para el desarrollo de la calibración de los equipos estudiados. Aborda la norma ISO 17025 como guía para utilizarlo en el laboratorio.

Se concluyó que la empresa decidió utilizar el método de medición diferencial en la calibración de los equipos de sonometría, aplicando la comparación directa del valor obtenido por un patrón y el valor medido, además de mostrar una simulación a través de un sistema electrónico.

2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable del estudio

Dentro del marco del estudio resulta importante abarcar los tópicos relacionados al presente proyecto de tesis. Es así como el marco teórico del estudio comprende la siguiente división de sustentos teóricos que ayudarán a entender y complementar la investigación.

2.2.1. Capacidad de servicio

La capacidad viene a ser el número de unidades que puede almacenar o producir un determinado servicio de una empresa en un tiempo específico. Está determinada por condiciones de cada empresa. Es de suma importancia el conocer cuál es la capacidad que posee el servicio, ya que esto permitirá programar de manera eficiente los recursos que son utilizados en su proceso para hacer frente a la demanda. (Londoño, 2014)

La capacidad de los servicios depende del tiempo y la calidad que se quiere brindar, para conocer la capacidad que tiene el servicio y tener una buena planeación se debe tener en consideración la relación que existe entre la utilización del servicio y la calidad del mismo como se aprecia en la figura N° 11.

Una consideración que se debe tener en cuenta es que la utilización de un servicio puede variar por el contexto, ya que cuando hay un alto grado de incertidumbre y apuesta, entonces un bajo índice es adecuado. (Haywood y Nollet, 1991)

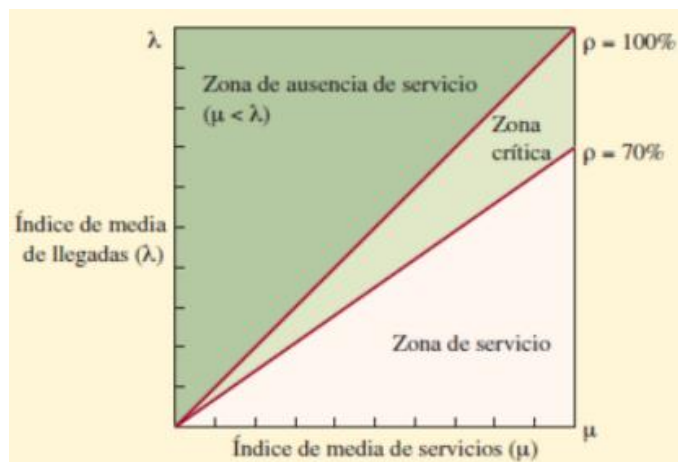


Figura N° 11. Relación la utilización y la calidad del servicio
Fuente: Haywood y Nollet, 1991

Para planificar la capacidad de los servicios se debe tener en cuenta el tiempo, la ubicación y los cambios constantes de la demanda. Todo esto tiene gran importancia ya que se relaciona directamente con la calidad del servicio.

El punto operacional óptimo se encuentra en el 70% de la capacidad máxima, para de esta manera siempre poder dar atenciones personalizadas sin demoras excesivas. (Arnoletto, 2007)

2.2.2. Servicio de calibración

Es servicio de calibración consta de una serie de operaciones, para las cuales se necesitan condiciones específicas, tanto de temperatura como de presión.

En primer lugar, se establecen los errores de un instrumento de medición, luego, se emplea esta información para obtener una relación que permita dar con un resultado de medición a partir de una indicación. Si los errores que se muestran son muy pequeños, estos se desprecian.

Luego de calibrado el instrumento, se procede a consignar un certificado de calibración, siempre y cuando los errores no sean mayores que los máximos permitidos para el instrumento en cuestión, si es así se procede a emitir un informe de calibración.

Ambos documentos son válidos y manifiestan que el instrumento fue calibrado. Teniendo como única diferencia el resultado que se obtuvo, tanto favorable como si se encontraron errores. (Chiva, 2014)

Cuando se solicita el servicio de calibración, se toma en cuenta el orden en que se envían las órdenes de trabajo, ya que los tiempos de entrega que se establecen dependerán de la carga de trabajo del laboratorio. (Instituto Nacional de Calidad – INACAL, 2015)

En todo laboratorio de calibración, cuando se realiza un servicio se deben llevar a cabo dos importantes acciones:

- Calibración, es la operación que, bajo unas condiciones particulares para cada instrumento, se logra una relación entre unos patrones de medición y las medidas con incertidumbre del instrumento.
- Verificación, luego se realizada la calibración se debe aportar una evidencia que compruebe que el instrumento cumple los requisitos que estipula la normal técnica. (Avilés, 2016)

Todo servicio de calibración sigue un procedimiento, como se aprecia en la figura N° 12, desde que el pedido ingresa a la empresa, hasta que el cliente recibe su instrumento ya calibrado. (Esraw, 2018)



Figura N° 12. Proceso del servicio de calibración
Fuente: Eswaw, 2018

La calibración hecha de forma regular de los distintos instrumentos de medición es algo fundamental para asegurar la precisión de las medidas.

Los servicios que pueden brindarse en la calibración pueden variar dependiendo de las necesidades del cliente, siendo los principales la calibración con trazabilidad, prueba funcional, ajustar los instrumentos, reemplazar filtros dañados, certificación de la calibración e informe del servicio y actualizar fecha de vencimiento de la calibración (Vaisala, 2020)

- Fases del servicio

Acondicionamiento: Para el correcto proceso de calibración se deben lograr ciertas condiciones específicas, temperatura y humedad ambiental requeridas. Como también contar con la metodología del

instrumento, para tener tanto su manual de usuario y fabricante como el del calibrador a utilizar, para contar con la información necesaria para un correcto uso de los equipos.

Es necesario contar con dispositivos que nos permitan medir las condiciones ambientales, para conocer la presión y humedad del espacio en que se está realizando la calibración para de esta forma hacer las correcciones necesarias a la medida. (Centro español de metrología – CEM, 2013)

Para asegurarse de una buena calidad a la hora de calibrar cualquier instrumento es de suma importancia el conocer y controlar las condiciones ambientales, para lograr asegurar una precisión en las medidas.

Algunos factores ambientales que afectan a la calibración y que deben ser conocidos para un buen servicio son la temperatura, humedad, presión atmosférica, partículas de polvo, ruido acústico, campos electromagnéticos y las vibraciones (La guía metas, 2005)

Antes de realizar una calibración se deben tener una serie de consideraciones con respecto a los instrumentos y al espacio de trabajo:

- Se debe identificar correctamente el instrumento a calibrar, para ello se hará uso de manual, de donde se obtendrá la temperatura y presión de trabajo ideal del instrumento.
- Se situará el instrumento en un lugar adecuado, libre de vibraciones y perturbaciones que pudieran afectar la calidad del servicio.
- Tanto el instrumento como el calibrador deben estar un tiempo detenidos luego de su encendido para lograr que alcancen su estabilidad térmica como se aprecia en la figura N° 13. (Centro español de metrología – CEM, 2013)



Figura N° 13. Calibradores en reposo para estabilización térmica
Fuente: Melexa, 2020

Método de Calibración: El método de calibración consiste en realizar una serie de mediciones con el instrumento, para lo cual comúnmente se utiliza un calibrador, el cual se encargará de dar estas señales a ser medidas.

Las mediciones dadas por el instrumento son comparadas con un patrón, el cual rige las medidas exactas que se debe tener. Se verifica que los errores no deben exceder el máximo permitido, para finalmente realizar el cálculo de incertidumbre. (Chiva, 2014)

Como se observa en la figura N° 14, la calibración inicia con el test de funcionamiento y la revisión del estado en que se encuentra el instrumento, para verificar el tiempo de uso, cualquier daño o deterioro que pueda afectar a las lecturas.

Luego de realizado, se procede a elegir el patrón de calibración a usar, para ello se requiere el manual de usuario y fabricante, en el cual se detallan ciertas características de funcionamiento del instrumento a calibrar.



Figura N° 14. Proceso de calibración
Fuente: Wika, 2020

En toda calibración hay unas características que se deben de tener siempre en cuenta cuando se debe realizar un servicio, ya que estos serán fundamentales para lograr un trabajo de calidad siguiendo los requisitos que pide la normal técnica. Ver figura N° 15.

- Trazabilidad, Es la propiedad de una medición, de cuanto el resultado se relaciona con una referencia por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones, siendo que cada una de estas contribuye a la incertidumbre de medición.
- Sensibilidad, se denomina sensibilidad al valor de incremento que tiene una salida con respecto al incremento en la señal de entrada
- Patrón de medición, son una serie de magnitudes de la misma naturaleza que es utilizada usualmente para calibrar o verificar instrumentos de medición.

- Incertidumbre de medición, se le denomina a un valor positivo que caracteriza la dispersión de los valores de un mensurando.
- Resolución, es la mínima variación de la magnitud medida que es requerida para lograr una variación que se pueda mostrar en el instrumento.
- Repetibilidad, se denomina repetibilidad cuando en la salida se obtiene la misma respuesta al recibiendo en la entrada el mismo mensurando. (CEM, 2013)

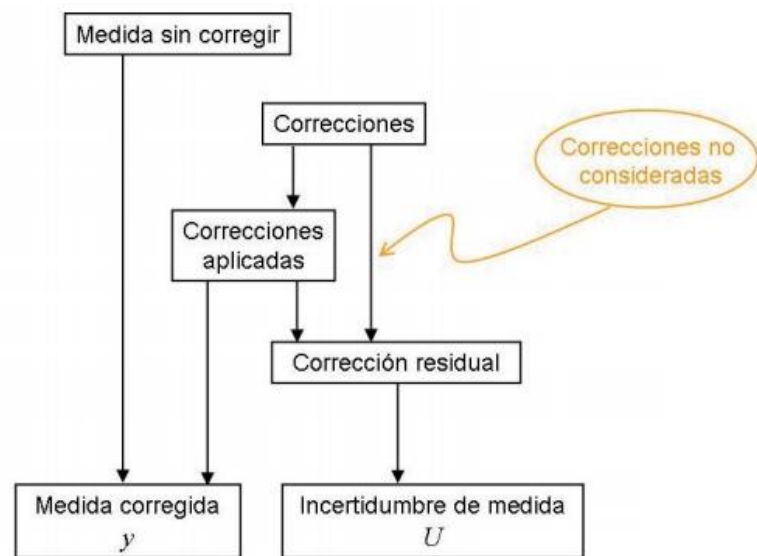


Figura N° 15. Relación entre las medidas, las correcciones y la incertidumbre

Fuente: Sanchez, 2012

2.2.3. Tiempo de ciclo

Se le denomina tiempo de ciclo o lead time al tiempo que pasa desde que inicia un proceso de producción hasta que este finaliza, donde usualmente se incluye el tiempo que se utiliza para entregar el producto al cliente.

Está estrechamente ligado con el proyecto en curso y con los indicadores de plazo, stocks, entre otros, teniendo como objetivo principal la reducción del tiempo de ciclo que permitirá la reducción de costos. Es necesaria la reducción del lead time de los subprocesos para reducir el del proceso principal. (Altuna y Alva, 2018)

Como se observa en la figura N° 16, el tiempo de ciclo depende del tiempo que se tiene disponible para acabar el pedido entre las unidades que se producen.

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Unidades producidas}}$$

Figura N° 16. Formula Tiempo de ciclo

Fuente: Colón, 2012

Las ventajas que general conocer tu tiempo de ciclo y reducirlo son:

- Ventaja competitiva, ya que al tener un tiempo de ciclo pequeño ayuda a entregar los pedidos más rápido.
- Reducción de inventarios, al reducir los tiempos, esto ayuda a que haya un mayor flujo en los inventarios.
- La necesidad de una mejora continua, usualmente al reducir el lead time, trae a la luz problemas, por lo cual surge la necesidad de tener que resolverlos. (Colón, 2012)

2.2.4. Lean

Es considerada una forma de mejora continua, se basa principalmente en el trabajo en equipo, centrado en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, refiriéndose a las actividades que no agregan ningún valor desde el punto de vista del cliente. (Myerson, 2012)

Es la gestión que se centra en identificar y eliminar cualquier fuente que genere desperdicios en los procesos para mejorarlos de manera continua. Esta filosofía está basada en las formas de mejora y optimización de un sistema de producción para eliminar cualquier tipo de proceso o actividad que use más recursos de los necesarios. (Nicholas, 2010)

Se considera al lean como una serie de definiciones, reglas y técnicas que se han diseñado para eliminar los desperdicios y establecer un sistema que produzca de manera eficiente, permitiendo cumplir con los productos requeridos, en el momento que son requeridos, en la cantidad pedida y sin defectos. Se considera que una actividad tiene valor añadido cuando el

cliente lo reconoce y está dispuesto a pagar por ello. En la figura N° 17 se puede apreciar la arquitectura del lean. (Colón, 2012)

- **Objetivos del lean**

El objetivo principal es el cliente y el flujo de valor hacia el mismo, la eficiencia se basa principalmente en la eliminación de tareas que no agregan valor alguno, produciendo volúmenes según la demanda, con una alta calidad por operación y bajos niveles de stock para evitar la acumulación del mismo. (Nicholas, 2010)

Tiene como objetivo descubrir herramientas o técnicas que permitan eliminar cualquier desperdicio y las operaciones que no agreguen ningún valor al producto, de esta manera pudiendo aumentar el valor de las actividades que se realizan y eliminando las que son innecesarias. (Colón, 2012). Ver figura N° 17.



Figura N° 17. Estructura del Lean Manufacturing
Fuente: Colon, 2012

- Principios del lean

Son conocidos como principios del lean la secuencia que se sigue para transformar los sistemas convencionales de una empresa u organización en un sistema lean. Para cumplir el objetivo se deben ejecutar una serie de herramientas y técnicas que son propias del lean, las cuales están esquematizadas en la figura N° 18.

- Identificar el valor: El valor que se le da a un servicio es cuestión de la percepción de la persona. Se puede definir que un servicio tiene valor cuando al realizarlo permite que se logren los objetivos esperados por el cliente, con la calidad y en el tiempo esperado. Todo lo que no aporte y no ayude de manera directa se denomina desperdicio, por ello la herramienta que se utiliza son los 7 desperdicios.
- Identificar la cadena de valor: Se denomina cadena de valor al procedimiento o secuencia de pasos que se deben realizar para obtener un producto, todo esto por medio de tres tareas de gestión de negocios: tareas de resolución de problemas, tareas de gestión de información y tareas de transformación física. Todo este análisis trae como resultado conocer cuáles son los desperdicios actuales y cuál será la cadena futura.
- Flujo continuo: El flujo continuo es la unión de todos los procesos de manera secuencial, de modo que todos los productos prosiguen su camino de manera unitaria. Por otro lado, el flujo intermitente habla de procesos que se encuentran aislados entre sí y la comunicación entre ellos se logra mediante el transporte de lotes de materiales.

Se necesita que haya una sincronización en el proceso, para que cada producto avance a lo largo de la cadena al mismo ritmo, para ello se usa el Takt-time.

Los beneficios que se obtienen serian que el flujo de las piezas se deshaga de los tiempos que no agregan valor, que se logra reducir el uso excesivo de espacio y se limita el stock.

- Flujo tenso: Cuando se organiza una cadena de valor, es importante que se establezca la continuidad de flujo, aunque hay situaciones en las que es imposible lograrlo
- En cuyo caso se deben usar distintos sistemas que permitan tener control del stock máximo y obtener señales en relación de los consumos.
- Perfección: Al haber logrado la implementación, siempre se debe seguir buscando en que mejorar, ya que mientras se va arreglar y solucionando una etapa, otros problemas irán surgiendo. (Colón, 2012)

PRINCIPIOS & CONCEPTOS	HERRAMIENTAS & TÉCNICAS
VALOR	Los 7 desperdicios
CADENA DE VALOR - Mapa de la Cadena de Valor Actual y Futuro - Búsqueda de desperdicios	VSM – Value Stream Mapping
FLUJO CONTINUO - 0 defectos - Flexibilidad & Reactividad - Trabajo “pieza a pieza” - Fábrica visual - Implicación del Personal - Estandarización - Orden y Limpieza	5S – Housekeeping TPM – OEE Trabajo al Takt-time (TT) OPF- One-piece-flow (celulación/células virtuales) Equilibrado Lay-out estándar orientado a flujo SMED Gestión visual - Indicadores Equipos autónomos / Calidad integrada / Polivalencia Autonomation (Jidoka) Poka-yoke- Sistemas anti-error
PULL FLOW - Flujo tirado por el Cliente - Reducción de tamaño de lotes (fab. y transferencia) - Nivelado	Kanban Supermercados, FIFO, ConWip, POLCA, “bola de golf” Secuenciación (Heijunka) Integración de proveedores –Milk-run
PERFECCIÓN - Mejora continua - Repetitividad de los procesos sin errores	Mejora Continua (Kaizen – MC y MR) PDCA AMFE 6SIGMA (DMAIC)

Figura N° 18. Principios del lean
Fuente: Colon, 2012

- 7 desperdicios

Los desperdicios son todas las actividades que no aportan ningún valor al servicio, aunque de igual manera utiliza recursos.

Como se aprecia en la figura N° 19, los 7 desperdicios son la sobreproducción que es cuando se produce de manera anticipada incluso cuando todavía no son requeridas en el proceso, el tiempo de espera que se refiere a todos los productos o recursos que no se están utilizando, el transporte y almacenaje siendo todo aquel tiempo que se invierte en el transporte o almacenaje de algún recurso, el tiempo de proceso innecesario ocasionado por todos los procesos que obligan a ejecutar tareas sin valor añadido, el inventario que es toda la acumulación de recursos, el movimiento que es cualquier movimiento innecesario para realizar una operación, y los defectos realizar productos que no cumplan con las especificaciones.



Figura N° 19. 7 desperdicios

Fuente: Delgado, 2018

Existen otros desperdicios que no forman parte de los 7 mencionados como la falta de seguridad, no aprovechar ideas de mejora y errores en el diseño de procesos. (Delgado, 2018)

- Beneficios del lean

Existen muchos beneficios de mejora en implementar el lean, pero entre los principales se encuentra conocer las actividades que aporta y no aportan valor en el proceso, eliminar todas las actividades que no aportan ningún valor agregado, identificar desperdicios, mejorar los procesos y reducir los tiempos que no aportan valor. (Colón, 2012)

2.3. Definición de términos básicos

- Norma NTP – ISO/IEC 17025: Es una acreditación para laboratorios de calibración, dada por el Instituto Nacional de Calidad – INACAL; la cual nos permite saber que el laboratorio cuenta con diversas capacidades como; personal técnico, el cual cuenta con los conocimientos necesarios para realizar un óptimo trabajo, equipos e infraestructura idóneos para la realización del servicio, entre otros aspectos, cumpliendo con los criterios específicos y complementarios. (Instituto Nacional de Calidad – INACAL, 2018)
- Calibrador multifunción: Es un instrumento que en sus bornes de salida brinda una serie de magnitudes eléctricas básicas como; tensión continua, tensión alterna, intensidad y resistencia, que son usados para la calibración de instrumentos eléctricos de medición. (CEM, 2013)
- Multímetro digital: Es un instrumento de medición utilizado para medir magnitudes eléctricas. (Barbosa et al, 2016)
- Instrumentos de medición: Es un aparato utilizado para comparar magnitudes por medio de una medición. (Barbosa et al, 2016)
- Magnitudes: Se le dice de todo aquello que puede ser medido y representado por un número. (CEM, 2013)
- Metrología: Es el estudio de las mediciones de las magnitudes. (Sanchez, 2012)
- Diagrama de Ishikawa: Es también llamado diagrama causa-efecto, nos permite ver de forma organizada las muchas causas que puede tener un problema. Permite mostrar de manera gráfica las causas de un problema y analizar una por una. Se llama también espina de pescado, ya que la forma que genera al colocar todas las causas asemeja a un pez. (Barbosa et al, 2016)

- Diagrama de Pareto: Es un análisis en el se compara de forma cuantitativa los factores que contribuyen a un efecto. El objetivo es el de categorizarlos dependiendo si son poco vitales o muy vitales. (Barbosa et al, 2016)
- Matriz de priorización de los procesos: Se utiliza para jerarquizar los procesos tomando criterios aceptados y ponderables, permitiendo lograr la aprobación de todos los participantes en una decisión en equipo. (Keith, 1999)
- Mapa de procesos: Fija las relaciones entre los diferentes procesos que tiene la organización o empresa. Ofreciendo una mejor comprensión y ubicación de una realidad impalpable. (Media, 2005)
- Cadena de valor: Es una secuencia de acciones materializadas para valorizar un producto o servicio, permitiendo a las organizaciones analizar sus actividades con el fin de obtener una ventaja competitiva. (Medina, 2005)
- Plan de implementación: Un plan de implementación es un procedimiento para lograr implementar un plan estratégico, que consiste en dividirlo en pasos que serán distribuidos entre los miembros. Busca la mejor forma e implementar el plan desde el inicio hasta el momento de la implementación. (Mintzberg, 1985)
- Diagrama de actividades: Los diagramas de actividades describen un sistema y su funcionalidad modelando su contorneamiento dinámico. Es un tipo de diagrama de fácil entendimiento ya que deriva directamente del diagrama de flujo. (Arias, 2016)
- Procedimiento: Se le denomina a la forma ya establecida en que se lleva a cabo un proceso. Los procesos son una serie de actividades, que hechas de manera organizada se busca alcanzar un objetivo. Usualmente está estipulado en documentos. (Arias, 2016)
- Diagrama de flujo: El diagrama de flujo representa de manera gráfica un proceso, se realiza con la finalidad de que la persona que lo vea pueda entender como es el proceso. El diagrama de flujo es la primera y más importante representación de los pasos de un proceso. (Arias, 2016)
- Las 5s: Se refiere a buscar un lugar de trabajo que sea limpio, ordenado y seguro. Ya que esto beneficiará a que se realice un trabajo más eficiente. Las 5s son: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener. (Colón, 2012)

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

El presente capítulo se compone del sistema de hipótesis incluyendo la hipótesis principal y las secundarias. Asimismo, se observa las variables, definiendo conceptualmente cada una de ellas y operacionalizándolas.

3.1. Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

Si se reduce el tiempo de ciclo, entonces se incrementa la capacidad del servicio de calibración.

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Si se reduce el tiempo de ciclo, entonces se aumenta la capacidad del acondicionamiento.
- b) Si se reduce el tiempo de ciclo, entonces se acrecienta la capacidad del calibrado.

3.2. Variables

3.2.1 Definición conceptual de las variables

- X: Tiempo de ciclo: Siendo la variable independiente está estrechamente ligado con el proyecto en curso y con los indicadores de plazo, stocks, entre otros, teniendo como objetivo principal la reducción del Lead Time que permitirá la reducción de costos. Es necesaria la reducción del lead time de los subprocesos para reducir el del proceso principal. (Altuna y Alva, 2018)
- Y: Capacidad del servicio de calibración: Siendo la variable dependiente es la capacidad viene a ser el número de unidades que puede almacenar o producir un determinado servicio de una empresa en un tiempo específico. Está determinada por condiciones de cada empresa. Es de suma importancia el conocer cuál es la capacidad que posee el servicio, ya que esto permitirá programar de manera eficiente los recursos que son utilizados en su proceso para hacer frente a la demanda. (Londoño, 2014)

3.2.2 Operacionalización de las variables

La relación entre las variables es inversa dado que con menor tiempo de ciclo (X) mayor es la capacidad del servicio de calibración (Y). Ver tabla N° 5.

Tabla 5. Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLES GENERALES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES GENERALES
X: Tiempo de ciclo	Tiempo promedio para realizar el servicio de calibración.	(Tiempo real del servicio / tiempo planeado del servicio de calibración por instrumento)
Y: Capacidad del servicio de calibración.	Se refiere a la cantidad de servicios de calibración para atender la demanda.	(# de servicios de calibración atendidos / # de servicios calibración programados por día) *100
VARIABLES ESPECÍFICAS 1	DEFINICIÓN OPERACIONAL 1	INDICADORES ESPECÍFICOS 1
X1: Tiempo de ciclo	Tiempo promedio para realizar el acondicionamiento.	(Tiempo real del acondicionamiento / tiempo planeado del acondicionamiento por instrumento)
Y1: Capacidad del acondicionamiento	Se refiere a la cantidad de acondicionamientos para atender la demanda.	(# de acondicionamientos atendidos / # de acondicionamientos programados por día) *100
VARIABLES ESPECÍFICAS 2	DEFINICIÓN OPERACIONAL 2	INDICADORES ESPECÍFICOS 2
X2: Tiempo de ciclo	Tiempo promedio para realizar el calibrado.	(Tiempo real del calibrado / tiempo planeado del calibrado por instrumento)
Y2: Capacidad del calibrado	Se refiere a la cantidad de calibrados para atender la demanda.	(# de calibrados atendidos / # de calibrados programados por día) *100

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo se constituye de la metodología de la investigación, definiendo el tipo, nivel, diseño población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

4.1 Tipo y nivel

- Tipo: Cuando una investigación propone métodos innovadores, modelos y un programa de gestión con el propósito de mejorar los procesos en las industrias o empresas, entonces es de tipo aplicada. (Gonzalo et al, 2011)

El presente proyecto agrupa las características de una investigación aplicada, puesto que se planteó proponer caminos de solución basados en un enfoque lean, a fin de reducir el tiempo de ciclo del servicio, de esta manera se pudo incrementar la capacidad del servicio de calibración y se evitó las demoras.

- Nivel: Las investigaciones pueden ser descriptivas, correlacionales, exploratorias o explicativas, aunque no necesariamente deben ser únicamente una de ellas, pueden ser exploratorias, pero contienen elementos descriptivos, o también, una investigación es correlacional, pero incluye partes descriptivas, y lo mismo con las otras. (Hernández et al, 2014)

En relación a la naturaleza en el método de la investigación, según sus niveles y las características, es un estudio descriptivo-explicativo, porque identifican las características de la capacidad del servicio de calibración de instrumentos y del tiempo de ciclo por medio del análisis; además explica las causas y condiciones por las cuales se evidencian los problemas de la empresa, teniendo en cuenta las demoras generadas en el servicio.

4.2 Diseño de investigación

El diseño experimental manipula adrede por lo menos una variable independiente y así poder examinar su consecuencia en una o más variables dependientes, no obstante demora en comparación a los experimentos puros debido al nivel de seguridad que se obtiene sobre la igualdad preliminar de los grupos. (Hernández et al, 2014)

Investigación experimental: Se manipuló la variable independiente que es el tiempo de ciclo para realizar el seguimiento del cambio que se obtiene en la variable dependiente, para así analizar los efectos que se producen directamente en la capacidad del servicio de calibración de instrumentos.

Una de las cualidades del enfoque cuantitativo es que como los datos son obtenidos a través de mediciones, se manifiestan con números y se analizan con procedimientos estadísticos. (Hernández et al, 2014)

Enfoque: Investigación cuantitativa, ya que se manejó datos históricos numéricos, los cuales expusieron los resultados del estudio en base al análisis de datos a través de herramientas informáticas y estadísticas. Todo esto ayudo a detectar de manera más eficaz las causas y problemas.

4.3 Población y muestra

- Población: Se denomina población como el grupo de todos los casos que tienen concuerdan con las especificaciones dadas. (Hernández et al, 2014)

Como se utiliza la recolección de datos y el análisis cuantitativo se toma como población de estudio las 1744 órdenes de trabajo de los equipos e instrumentos de medición que han sido atendidos en el servicio de calibración de la empresa durante el año 2019, datos tomados de la tabla 1.

- La muestra se define como un subgrupo de la población. Es un grupo de elementos que forman parte del conjunto que se rige por unas características definidas que denominamos población. (Hernández et al, 2014)

Se usó un muestreo probabilístico, ya que se considera que todos los sujetos que son parte de la población tienen la misma probabilidad de ser escogidos y de tipo aleatorio simple porque es el más utilizado dentro de la estadística inferencial. Por ende, se procedió a utilizar la fórmula de cálculo de muestra que se menciona a continuación:

$$n = \frac{N \times k^2 \times p \times q}{(e^2 \times (N - 1)) + k^2 \times p \times q}$$

En donde cada uno de los componentes de la presente ecuación tiene una determinación que se presenta en la tabla 6.

Tabla 6. Componentes del cálculo de la muestra

Letra	Significado	Datos
n	Numero de muestra	n
N	Tamaño de la población	1744
k	Nivel de confianza	1.96
p	Probabilidad de éxito	50%
q	Probabilidad de fracaso	50%
e	Error muestral	0.05

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, reemplazándolo en la fórmula tenemos lo siguiente:

$$n = \frac{1744 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2 \times (1744 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n = 315 \text{ ordenes de trabajo}$$

Las muestras del estudio son 315 órdenes de trabajo durante los últimos 6 meses del año 2019, para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los tipos de técnicas e instrumentos elegidas que nos permiten recolectar datos para la investigación son las siguientes:

- La entrevista: Esta técnica se define como una conversación hecha por el entrevistador que tiene como objetivo conseguir información importante para la investigación y dirigido por él hacia el contenido específico de los objetivos. (Hernández et al, 2014).

Se realizó entrevistas al jefe del departamento de metrología, al especialista de control de calidad, especialista de aseguramiento metrológico y a los especialistas encargados de la calibración de instrumentos que se encuentren presentes ya que son los que tienen contacto directo con el servicio de

calibración de la empresa considerándolos como principales fuentes de información. Se utiliza en esta técnica, debido a que permite indagar de manera penetrante acerca de sus opiniones y conocimientos. Como instrumento se utiliza un cuestionario personalizado y presencial a las personas involucradas directamente con el servicio de calibración.

- La observación: Como técnica al observar se enfoca la atención hacia el servicio de calibración de instrumentos de medición. Se manejará la observación no sistemática de situaciones naturales, se registrará los hechos en el momento y espacio donde ocurren.

El nivel de participación del observador influye por lo tanto se emplea la observación no participante o externa, donde el observador no se involucra y realizará el registro de datos, además no existe interacción alguna entre los servicios de calibración y el observador. Como instrumento se utilizan las hojas de datos del año 2019.

- Análisis documental: Al buscar y reunir información de correos, reportes, ordenes de trabajo e incluso registros internos de la empresa. En el proyecto de tesis se utilizará la fuente de información impresa y virtual para consolidar la investigación sobre la capacidad del servicio de calibración de instrumentos de medición y el tiempo de ciclo con la finalidad de acentuar datos de importancia.

También, se estudiarán los antecedentes de la empresa con la finalidad de analizar la información del servicio de calibración. Como instrumento se utilizará las fichas de registro de datos.

4.4.1 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Para determinar la validez de contenido se someterá los cuestionarios al juicio de tres expertos procediéndose a acomodar las preguntas según sus recomendaciones. Para determinar la confiabilidad se utilizará el alfa de Cronbach, y se corroborará la confiabilidad del instrumento a aplicar.

4.4.2 Procedimientos para la recolección de datos

Se recolectó la información de los registros de base de datos de la empresa destacando las órdenes de trabajo del servicio de calibración del año 2019 y los reportes generados. Así como también se realizó las observaciones de campo correspondientes. Se consideró que los datos de los registros son confiables debido que son archivos gestionados y extraídos de la empresa. Por motivos de disponibilidad no se realizó la entrevista a todos y por ello se realizó entrevistas personalizadas al personal que intervienen directamente en el servicio de calibración y que tiene mayor nivel jerárquico dentro de su área. Finalmente se procedió a filtrar toda la información relevante de los registros.

4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Los resultados conseguidos fueron trabajados mediante el procesador de datos Microsoft Excel a través de tablas dinámicas y gráficas; además se utilizó para realizar el diagrama Ishikawa y el diagrama de Pareto y así contar con un mayor análisis.

También se utilizarán los diagramas de flujo que se realizarán en el programa Bizagi Modeler siendo un modelador de procesos ya que permite ejecutar y automatizar los procesos y flujos de trabajo. Los cálculos y análisis estadístico se realizarán por medio del programa IBM SPSS Statistics ya que su uso facilita la recogida y organización de los datos, posibilita conocer si se han cumplido con las hipótesis del trabajo y facilita la toma de decisiones permitiendo adoptar la mejor estrategia.

Finalmente, la simulación del proceso actual y mejorado se realizará en el Promodel ya que es simulador con animación para computadoras personales que permite simular cualquier tipo de proceso.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se integra la presentación y análisis de resultados de la investigación. Se detalla el diagnóstico, la situación actual, el desarrollo del plan, la presentación de resultados y en posterior análisis.

5.1 Diagnóstico y situación actual

5.1.1 Antecedentes, información general y características de la empresa

La empresa se fundada el año 1960 y se encuentra establecida en la región de Lima, en el Perú. Al pasar de los años ha ido adecuando sus instalaciones y ambientes para el desarrollo de sus servicios. Actualmente cuenta con más de 25,000 m² en plantas, tiene un amplio crecimiento y consolidación en el sector industrial. Su función es proveer servicios a empresas privadas lo que contribuye positivamente en la economía de la empresa, y al desarrollo económico y social del País.

Como se aprecia en la figura N° 3, por su principal actividad económica es de clase 3313- Reparación de equipo electrónico y óptico, ya que en esta clase se incluyen la reparación y mantenimiento del equipo de ensayo e inspección de propiedades físicas, eléctricas y químicas; instrumentos de prospección; e instrumentos de detección y vigilancia de radiaciones.

Otra característica de la empresa sería por el sector sería industrial y por su tamaño se clasifica como una gran empresa, contando con más de 700 empleados.

5.1.2 Principales clientes y requerimientos clave

Sus principales clientes provienen de los diferentes sectores de la industria como compañías de electricidad, telecomunicaciones, minería, entre otros dentro del mercado nacional y regional. Asimismo, se propone cubrir los requerimientos en el área de su competencia de las empresas nacionales e internacionales que soliciten sus servicios a fin de contribuir con el desarrollo de la industria nacional.

Para cumplir las necesidades que puedan tener los clientes, la empresa realiza los requerimientos que se consideran clave. Los requerimientos pueden ser administrativos, que deriven de otros e incluso implícitos. El principal objetivo que tiene la empresa es que todos los requerimientos que se tienen sean comprendidos por los clientes. Se tienen los siguientes requerimientos claves:

- Especificaciones: Son todos aquellos requerimientos que son registrados en documentos, ya sean normal o procedimientos que deben seguirse durante los servicios de calibración de multímetros. La tensión, intensidad y resistencia eléctrica, son magnitudes que ya vienen establecidas por la misma empresa.
- Norma NTP – ISO/IEC 17025: Se debe tener pleno conocimiento de las capacitaciones con las que cuentan los técnicos encargados de los servicios, ya que deben tener la experiencia para realizar el trabajo de manera óptima, como también el laboratorio debe contar con los equipos y la infraestructura necesarios para realizar los trabajos, de igual manera otros aspectos para cumplir con los requerimientos.
- Precios accesibles: Las personas que contratan los servicios siempre están en busca de precios bajos, debido a ello la empresa debe mantener un precio que sea competitivo en el mercado. El precio para una calibración de multímetro es de 380 soles.
- Entrega a tiempo: El cliente es el que decide la fecha de entrega de acuerdo a sus necesidades, por ello la empresa debe realizar las gestiones necesarias de las etapas de producción para que el producto sea entregado al cliente en el tiempo acordado.

5.1.3 Principales servicios

Sus principales servicios ofrecidos provienen del proceso de metrología donde se realiza la calibración de de equipos e instrumentos de precisión y medición. Está provisto de patrones de referencia y de trabajo que permiten realizar la calibración de equipos e instrumentos de medición electrónicos y electromecánicos, con trazabilidad al Sistema Internacional

(S.I.); además cuenta con la acreditación de (INACAL), para emitir certificados de calibración de instrucciones de medición de multímetros.

Sin embargo, en el presente el manejo de la capacidad de servicio del proceso de Metrología está impidiendo cumplir adecuadamente con la demanda, estos retrasos permanentes están contribuyendo significativamente a deteriorar el nivel de servicio al cliente en cuanto cumplimiento de los tiempos de entrega, generando ventas perdidas, reducción de oportunidades de crecimiento y de ganancias futuras para la empresa.

5.1.4 Misión, visión, política de calidad y objetivos

La misión es la de brindar un apoyo logístico en el abastecimiento y mantenimiento de electrónica; garantizando la operatividad de los equipos electrónicos mediante una supervisión constante y los respectivos mantenimientos, de esta forma contribuyendo en el desarrollo económico y social del país. La visión que se tiene es la de ser la empresa líder en el área de la electrónica contando con presencia tanto nacional como regional.

La política de calidad con la que cuenta la empresa está basada en la mejora continua de la calidad con la que se brindan los servicios a los clientes y en la eficacia con la que cuenta el sistema de gestión de calidad, logrando que el personal conozca la documentación de calidad y la implemente en sus procedimientos, cumpliendo con ello las normas y requisitos necesarios.

Los objetivos son el satisfacer las necesidades del cliente, ser eficaces en los procesos contando con personal de calidad en todo momento.

5.1.5 Procesos relevantes de la empresa, clasificación, priorización y selección del proceso crítico a estudiar

Como identificación y clasificación de los procesos en el nivel cero tenemos procesos estratégicos, procesos operativos; y por último tenemos

los procesos de soporte mostrados en el mapa de procesos en la siguiente figura N° 20.

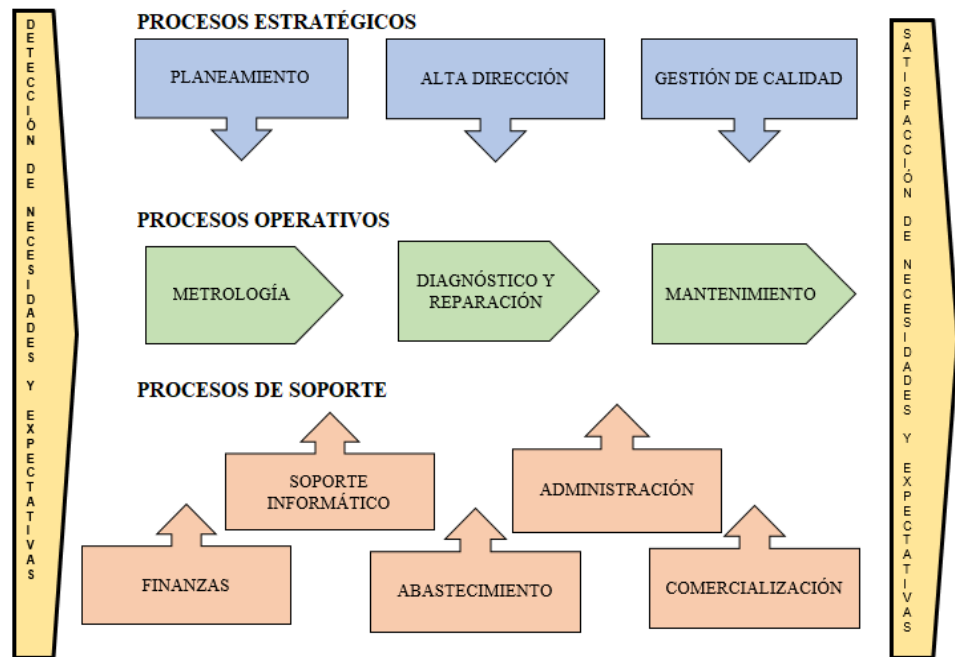


Figura N° 20. Mapa de procesos de la empresa
Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 21 se presenta la cadena de valor siendo un modelo que nos permite presentar toda la organización en base a las actividades que en ella se desempeñan clasificadas según su orden y su influencia en el valor final que se transmite al cliente mostrados en la siguiente cadena de valor.

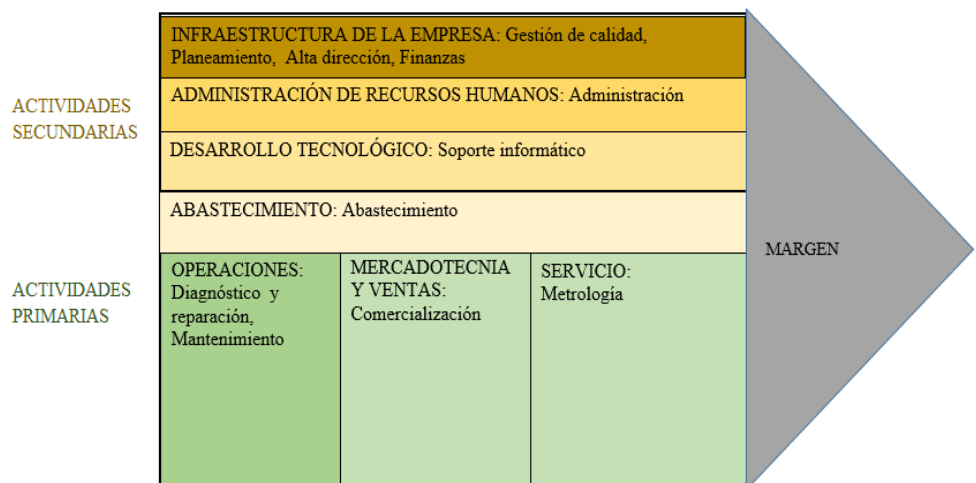


Figura N° 21. Cadena de valor de la empresa
Fuente: Elaboración propia

La priorización de los procesos y selección del proceso crítico a estudiar se realiza a través de una matriz de priorización de los procesos. Para esto primero definimos la escala de calificación con un puntaje mostrado en la tabla 7 y por consiguiente al personal involucrado en la tabla 8.

Tabla 7. Escala de calificación de la técnica nominal de grupo

ESCALA DE CALIFICACIÓN	PUNTAJE
NADA IMPORTANTE	1
POCO IMPORTANTE	2
IMPORTANTE	3
MUY IMPORTANTE	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Personal de la técnica nominal de grupo

SIGLAS	SIGNIFICADO
AP	ANALISTA DE PROCESOS
AD	ALTA DIRECCIÓN
GC	GESTIÓN DE CALIDAD
P	PLANEAMIENTO
GG	GERENTE GENERAL

Fuente: Elaboración propia

Primero, se identifican los factores o criterios de selección mediante un trabajo de equipo de procesos nivel 0, y se les pone una ponderación mostrado en la tabla 9.

- Demanda de clientes, este factor nos permite identificar el proceso que genera más utilidades para la empresa para producir unidades con mayor calidad.
- Tiempo del proceso, en el cual de ser mejorado el proceso se podrían atender más unidades en la misma jornada laboral.
- Factibilidad de mejora de proceso, por el cual se reducirá el tiempo del proceso.

Tabla 9. Factores referentes a los procesos del nivel 0

FACTOR (F)	PONDERACION
DEMANDA DE CLIENTES	0.3
TIEMPO DEL PROCESO	0.2
FACTIBILIDAD DE MEJORA	0.5
TOTAL	1

Fuente: Elaboración propia

Segundo se realiza la calificación aplicando la matriz de priorización de procesos del nivel 0. Se seleccionó metrología de acuerdo a la prioridad que fijo la empresa tal y como se muestra en la figura N° 22.

PROCESOS	FACTOR DE DECISIÓN																				CALIFICACIÓN	PRIORIDAD	
	F1: DEMANDA DE CLIENTES						30% F2: TIEMPO DEL PROCESO						20% F3: FACTIBILIDAD DE MEJORA										50%
	AP	AD	GC	P	GG	NP	NPP	AP	AD	GC	P	GG	NP	NPP	AP	AD	GC	P	GG	NP			
1.COMERCIAL	2	3	2	3	3	2.60	0.8	3	3	3	2	3	2.80	0.6	3	3	3	2	2	2.60	1.3	2.64	3
2.METROLOGÍA	4	4	3	3	3	3.40	1	2	3	2	3	2	2.40	0.5	3	3	3	3	3	3.00	1.5	3	1
3.MANTENIMIENTO	4	3	3	3	2	3.00	0.9	2	3	3	3	3	2.80	0.6	2	3	2	3	3	2.60	1.3	2.76	2

Figura N° 22. Prioridad de los procesos del nivel 0

Fuente: Elaboración propia

Tercero se identifican los factores o criterios de selección mediante un trabajo de equipo de los procesos del nivel 1 con su respectiva ponderación mostrado en la tabla 10.

- Calidad, en el cual se verificará la satisfacción del cliente según el servicio.
- Volumen de atención, se identifica que productos se atienden en una jornada laboral.
- Costo del proceso, de ser mejorado el proceso me permitirá atender más unidades por el mismo costo.
- Tiempos de atención, en el caso de optimizar el proceso se podrán atender más unidades
- Productividad del proceso, en el cual se verifica el proceso más rentable según las unidades atendidas vs los insumos requeridos.

Tabla 10. Factores referentes a los procesos del nivel 1

FACTOR	PONDERACION
CALIDAD	20.00%
CAPACIDAD DEL PROCESO	20.00%
COSTO DEL PROCESO	25.00%
TIEMPO DEL PROCESO	25.00%
PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO	10.00%
TOTAL	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se realiza la calificación aplicando la matriz de priorización de procesos del nivel 1. Se seleccionó calibración como proceso crítico de acuerdo a la prioridad de la empresa como se muestra en la figura N° 23.

PROCESOS	FACTOR DE DECISIÓN															CALIFICACION	PRIORIDAD																	
	F1: CALIDAD					20%	F2: CAPACIDAD DEL PROCESO					20%	F3: COSTO DEL PROCESO					25%	F4: TIEMPO DEL PROCESO					25%	F5: PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO					10%				
	AP	AD	GC	P	GG	NP	NP	AP	AD	GC	P	GG	NP	NP	AP			AD	GC	P	GG	NP	NP	GB	AM	IN	AQ	CZ	NP	NP	GB	AM	IN	AQ
1.INSPECCION	4	4	3	4	3	3.60	0.72	3	3	3	3	3.00	0.6	4	4	4	3	3.60	0.9	3	3	3	3	3.00	0.75	3	3	4	3	4	3.40	0.34	3.3	2
2.CALIBRACION	4	4	4	4	4	4.00	0.8	4	3	4	3	4.3.60	0.72	3	4	4	4	3.60	0.9	4	4	4	4	4.00	1	3	4	3	3	3	3.20	0.32	3.7	1

Figura N° 23. Prioridad de los procesos del nivel 1

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se decidió realizar la investigación del proceso de calibración, siendo este un subproceso que está dentro del macro proceso de metrología mostrado en el diagrama de bloques de la figura N° 24.

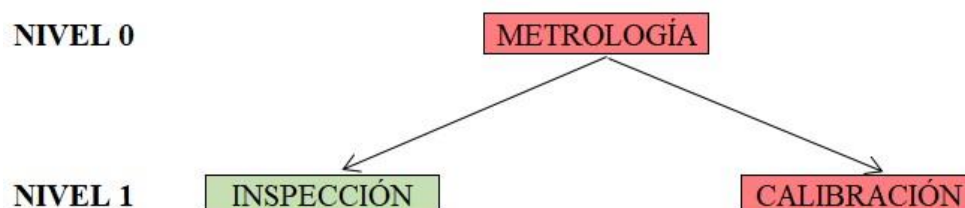


Figura N° 24. Diagrama de bloques

Fuente: Elaboración propia

5.2. Análisis del proceso de metrología

5.2.1 Análisis de modelo por criterio de demanda

Para hacer un análisis a fondo del servicio se estudian los modelos que atiende el laboratorio en el periodo 2019, esto se realiza con la finalidad de seleccionar la mayor demanda y con esto seleccionar el modelo según

el criterio de mayor volumen. Del anexo 6 y la tabla 11 se observa que el modelo 8808 A (11%) tiene mayor demanda en comparación a otros; por lo tanto, será seleccionado para el estudio.

Tabla 11. Selección de modelo por demanda

MODELO	DEMANDA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
8808 A	79	11%	11%
289	43	6%	18%
753	34	5%	23%
789	32	5%	27%
8845 A	30	4%	32%

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Análisis del modelo con mayor índice de demoras

Teniendo el modelo seleccionado 88808A y los datos del anexo 7 se puede observar en la tabla 12 las demoras de gran peso ya que tienen mayor índice de demoras y como se puede visualizar eso afecta a las fechas de compromiso porque estas demoras provocan la extensión de los días de atención del servicio, atrasos en la calibración, implicando incomodidad en el trabajo y el ambiente. Sabiendo que el personal trabaja de lunes a viernes, en un sólo turno por día que se inicia a las 08 horas y termina a las 15 horas, sabiendo que el tiempo de refrigerio es de una hora.

Tabla 12. Selección de modelo por demoras

FECHA INGRESO	FECHA COMPROMISO	FECHA CIERRE	NÚMERO DE DÍAS PROGRAMADOS	NÚMERO DE DÍAS TRABAJADOS
2/07/2019	8/07/2019	18/07/2019	5	13
2/07/2019	8/07/2019	18/07/2019	5	13
6/08/2019	9/08/2019	21/08/2019	4	12
6/08/2019	9/08/2019	21/08/2019	4	12
6/08/2019	9/08/2019	21/08/2019	4	12

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Documentación del proceso seleccionado

A continuación, se realiza una caracterización del proceso donde se recogen los principales componentes. La supervisión del proceso está a cargo del responsable siendo este el jefe de metrología. Con excepción del personal de control de calidad, los especialistas están asignados exclusivamente al proceso de calibración. Seleccionando lo que se precisa esquemáticamente y de forma resumida mostrándolo en la figura N° 25.

EMPRESA	Proceso de Calibración		Página: 01
Elaborado por:	Allisson Denisse Mendoza Capacyachi		Revisión: 01
NOMBRE DEL PROCESO			
Proceso de calibración de equipos e instrumentos			
DUEÑO DEL PROCESO			
Jefe de Metrología			
OBJETIVOS			
*Atender oportunamente todos los requerimientos.			
*Asegurar que los equipos e instrumentos de medición sean calibrados correctamente.			
*Obtención y expresión del valor de las magnitudes empleando recursos propios.			
ALCANCE			
EMPIEZA	El proceso se origina cuando el cliente interno entrega la orden de trabajo.		
INCLUYE	Realizar el acondicionamiento del ambiente de trabajo. Realizar el calibrado mediante las respectivas pruebas según los requerimientos establecidos. Realizar la documentación correspondiente.		
TERMINA	El proceso termina con el equipo o instrumento calibrado y se entrega la orden de trabajo cerrada.		
SUBPROCESOS			
1. TRASLADO INICIAL			
2. ACONDICIONAMIENTO			
3. CALIBRADO			
4. DOCUMENTACIÓN			
5. TRASLADO FINAL			
LÍDER DEL SUBPROCESO		ÁREA	
Especialista		Laboratorio de Metrología	
PROVEEDORES		ENTRADAS	
Inspector de calidad		Instrumento o equipo, Orden de trabajo	
SALIDAS		CLIENTES	
Instrumento o equipo, Orden de trabajo, Hoja de datos de calibración, Certificado		Almacenero	
PROCEDIMIENTOS		REGISTROS	
Procedimiento para la calibración de equipos e instrumentos		Registro de calibraciones, Reportes	
Procedimiento de condiciones ambientales del laboratorio		Registro de condiciones ambientales	
RECURSOS			
Jefe de metrología, Inspector de calidad, Especialistas			
Sistema metrológico			

Figura N° 25. Ficha del proceso de calibración

Fuente: Elaboración propia

También se realizó una breve descripción del proceso de calibración teniendo en cuenta los tiempos estándares. El proceso de calibración empieza con un traslado inicial que toma 12.10 minutos recorriendo una distancia de 30 metros en total, seguido del acondicionamiento que dura unos 52.40 minutos recorriendo unos 10 metros, luego se pasa al calibrado con un tiempo de 117.80 minutos desplazándose unos 30 metros, seguidamente de la documentación con 15 minutos y finalmente se realiza el traslado final con un tiempo de 7.70 minutos trasladándose unos 30 metros. Mostrando el diagrama de bloque el macro proceso de metrología en la figura N° 26.

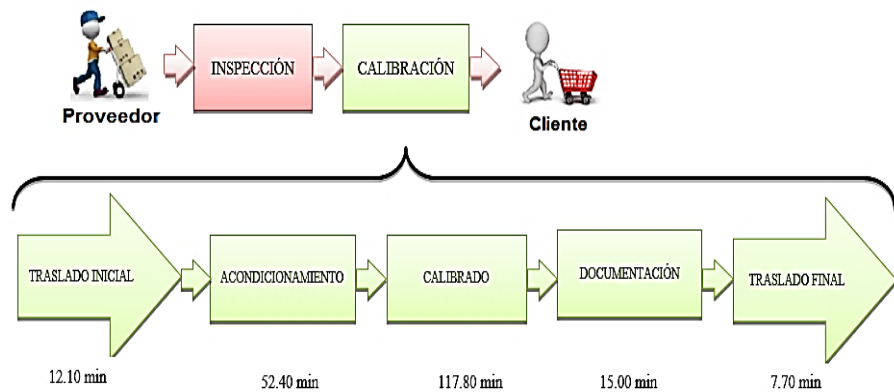


Figura N° 26. Diagrama de bloques de calibración
Fuente: Elaboración propia

También se realizó una representación simbólica en donde se grafica el proceso de calibración mediante el diagrama de actividades mostrado en la figura N° 27. Cabe resaltar que es de tipo operativo ya que describe las actividades que realiza el especialista. Teniendo su respectivo resumen con un total de 47 actividades, 219 metros de distancia y 205 minutos de tiempo.

OPERARIO									
Diagrama N°: 1		Resumen							
Nombre: Diagrama de análisis del proceso de calibración del multimetro		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Hoja N°: 1		Operación ○	30						
Objetivo: Responder los requisitos establecidos		Trasporte ⇨	17						
Actividad: Calibrar instrumentos de medición		Demora D	1						
Método: Actual		Inspección □	3						
Lugar: Laboratorio de metrología		Almacenaje ▽	1						
Operario: Especialista de calibración		Distancia (mts)	219.00						
N° operario: 1		Tiempo (min)	205.00						
Compuesto por: Allisson Denisse Mendoza Capacyachi		Total	52.00						
#	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	Símbolos					Tiempo (min)	Distancia (mts)	Observación
		○	⇨	D	□	▽			
1	Caminar en búsqueda de instrumento y documentación						1.00	15.00	Zona de recojo
2	Buscar instrumento y documentación						10.00	-	Desorden
3	Trasladar instrumento y documentación inicial						1.00	15.00	Puesto de trabajo
4	Colocar instrumento y documentación encima de la mesa						0.10	-	Desorden
5	Caminar en búsqueda de controles						13.60	20.00	Amarios
6	Buscar controles						4.00	-	Desorden
7	Trasladar controles al puesto de trabajo						2.00	5.00	
8	Manipular el aire acondicionado						1.00	-	
9	Manipular el deshumidificador						1.00	-	
10	Verificar el acondicionamiento						1.00	-	Fuera de rango
11	Realizar registro del acondicionamiento						1.00	-	
12	Encender computadora						1.00	-	
13	Caminar en búsqueda de herramientas de posición #1						5.00	5.00	Amarios
14	Buscar herramientas de posición #1						4.00	-	Desorden
15	Trasladar herramientas de posición #1						2.00	5.00	Puesto de trabajo
16	Colocar herramientas en posición #1						1.00	-	
17	Realizar medición de tensión						2.00	-	
18	Realizar estabilidad térmica del calibrador						11.00	-	
19	Llenar documentación correspondiente						2.80	-	
20	Realizar la auto calibración del calibrador						16.00	-	
21	Caminar en búsqueda de herramientas de posición #2						5.00	5.00	
22	Buscar herramientas de posición #2						1.80	-	Amarios
23	Trasladar herramientas de posición #2						1.00	5.00	Desorden
24	Colocar herramientas en posición #2						1.00	-	Puesto de trabajo
25	Realizar prueba de tensión eléctrica DC						14.00	-	Prueba
26	Realizar prueba de tensión eléctrica AC						14.00	-	Prueba
27	Caminar en búsqueda de herramientas de posición #3						5.00	5.00	
28	Buscar herramientas de posición #3						2.00	-	Amarios
29	Trasladar herramientas de posición #3						1.00	5.00	Desorden
30	Colocar herramientas en posición #3						1.00	-	Puesto de trabajo
31	Realizar prueba de intensidad de corriente eléctrica DC						14.00	-	Prueba
32	Realizar prueba de intensidad de corriente eléctrica AC						14.00	-	Prueba
33	Caminar en búsqueda de herramientas de posición #4						5.00	5.00	
34	Buscar herramientas de posición #4						2.00	-	Amarios
35	Trasladar herramientas de posición #4						1.00	5.00	Desorden
36	Colocar herramientas en posición #4						1.00	-	Puesto de trabajo
37	Realizar prueba de resistencia eléctrica						14.00	-	Prueba
38	Verificar pruebas						5.00	-	
39	Realizar registro la calibración						10.00	-	
40	Realizar certificado						5.00	-	
41	Apagar todos los equipos						5.00	-	
42	Caminar en búsqueda de las herramientas						0.50	0.50	
43	Trasladar herramientas para guardarlas						0.30	2.00	
44	Guardar herramientas						1.00	-	Desorden
45	Caminar al puesto de trabajo						0.30	2.00	
46	Trasladar instrumento y documentación final						0.50	10.00	
47	Colocar instrumento y documentación encima de la mesa						0.10	-	Zona de entrega
TOTALES GENERALES		18	31	47	45	47	205	109.5	

Figura N° 27. Diagrama de análisis del proceso de calibración

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en las figuras N° 28 y 29 se muestran dos de las cinco fases del proceso de calibración AS-IS, adjuntando el diagrama de flujo completo en el anexo 8.

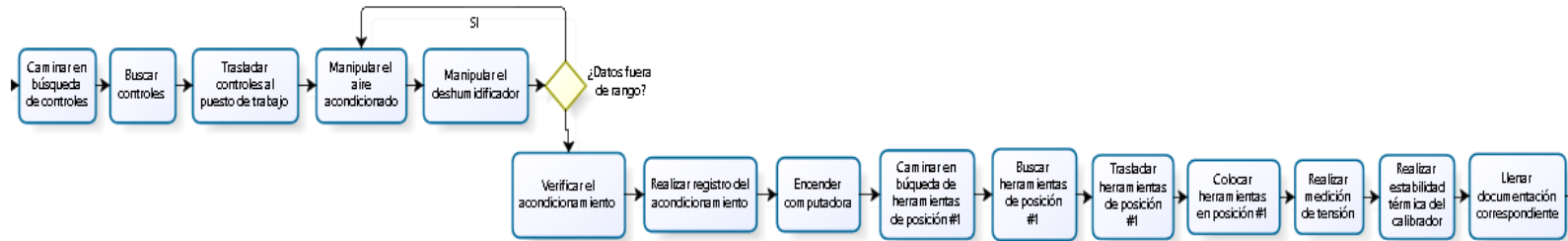


Figura N° 29. Fase de acondicionamiento AS-IS
Fuente: Elaboración propia

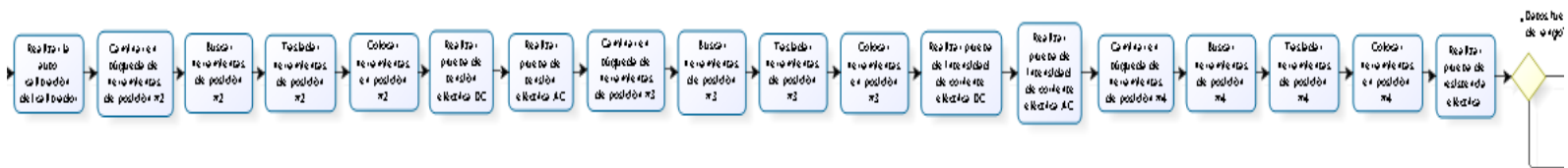


Figura N° 28. Fase de calibración AS-IS
Fuente: Elaboración propia

5.2.4 Medición, análisis, y evaluación del proceso.

Por medio de una identificación, medición y análisis del tiempo de las actividades del proceso de calibración se muestran sus tiempos estándar en la tabla N° 13.

Tabla 13. Descripción de las actividades del proceso

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN			TIEMPO TOTAL (min)	DISTANCIA (mts)
1. TRASLADO INICIAL			12.10	30.00
A1	Transporte	Caminar en búsqueda de instrumento y documentación	1.00	15.00
A2	Operación	Buscar instrumento y documentación	10.00	-
A3	Transporte	Trasladar instrumento y documentación inicial	1.00	15.00
A4	Operación	Colocar instrumento y documentación encima de la mesa	0.10	-
2. ACONDICIONAMIENTO			52.40	35.00
A5	Transporte	Caminar en búsqueda de controles	13.60	20.00
A6	Operación	Buscar controles	4.00	-
A7	Transporte	Trasladar controles al puesto de trabajo	2.00	5.00
A8	Operación	Manipular el aire acondicionado	1.00	-
A9	Operación	Manipular el deshumidificador	1.00	-
A10	Inspección	Verificar el acondicionamiento	1.00	-
A11	Operación	Realizar registro del acondicionamiento	1.00	-
A12	Operación	Encender computadora	1.00	-
A13	Transporte	Caminar en búsqueda de herramientas de posición #1	5.00	5.00
A14	Operación	Buscar herramientas de posición #1	4.00	-
A15	Transporte	Trasladar herramientas de posición #1	2.00	5.00
A16	Operación	Colocar herramientas en posición #1	1.00	-
A17	Operación	Realizar medición de tensión	2.00	-
A18	Operación	Realizar estabilidad térmica del calibrador	11.00	-
A19	Operación	Llenar documentación correspondiente	2.80	-
3. CALIBRADO			117.80	30.00
A20	Operación	Realizar la auto calibración del calibrador	16.00	-
A21	Transporte	Caminar en búsqueda de herramientas de posición #2	5.00	5.00
A22	Operación	Buscar herramientas de posición #2	1.80	-
A23	Transporte	Trasladar herramientas de posición #2	1.00	5.00
A24	Operación	Colocar herramientas en posición #2	1.00	-
A25	Operación	Realizar prueba de tensión eléctrica DC	14.00	-
A26	Operación	Realizar prueba de tensión eléctrica AC	14.00	-
A27	Transporte	Caminar en búsqueda de herramientas de posición #3	5.00	5.00
A28	Operación	Buscar herramientas de posición #3	2.00	-
A29	Transporte	Trasladar herramientas de posición #3	1.00	5.00
A30	Operación	Colocar herramientas en posición #3	1.00	-
A31	Operación	Realizar prueba de intensidad de corriente eléctrica DC	14.00	-
A32	Operación	Realizar prueba de intensidad de corriente eléctrica AC	14.00	-
A33	Transporte	Caminar en búsqueda de herramientas de posición #4	5.00	5.00
A34	Operación	Buscar herramientas de posición #4	2.00	-
A35	Transporte	Trasladar herramientas de posición #4	1.00	5.00
A36	Operación	Colocar herramientas en posición #4	1.00	-
A37	Operación	Realizar prueba de resistencia eléctrica	14.00	-
A38	Inspección	Verificar pruebas	5.00	-
4. DOCUMENTACIÓN			15.00	0.00
A39	Operación	Realizar registro la calibración	10.00	-
A40	Operación	Realizar certificado	5.00	-
5. TRASLADO FINAL			7.70	14.50
A41	Operación	Apagar todos los equipos	5.00	-
A42	Transporte	Caminar en búsqueda de las herramientas	0.50	0.50
A43	Transporte	Trasladar herramientas para guardarlas	0.30	2.00
A44	Operación	Guardar herramientas	1.00	-
A45	Transporte	Caminar al puesto de trabajo	0.30	2.00
A46	Transporte	Trasladar instrumento y documentación final	0.50	10.00
A47	Operación	Colocar instrumento y documentación encima de la mesa	0.10	-
TOTALES GENERALES			205.00	109.50

Fuente: Elaboración propia

Se pasa a realizar el análisis de las actividades que forman parte del proceso basándonos en el valor que agregan. Toda actividad del proceso de calibración que contribuye a satisfacer las necesidades del cliente o por las que está dispuesto a pagar son las que agregan valor, estas se muestran en la tabla N° 14.

Tabla 14. Actividades que agregan valor

ACTIVIDADES QUE AGREGAN VALOR
Colocar instrumento y documentación encima de la mesa
Manipular el aire acondicionado
Manipular el deshumidificador
Verificar el acondicionamiento
Realizar registro del acondicionamiento
Encender computadora
Colocar herramientas en posición #1
Realizar medición de tensión
Realizar estabilidad térmica del calibrador
Llenar documentación correspondiente
Realizar la auto calibración del calibrador
Colocar herramientas en posición #2
Realizar prueba de tensión eléctrica DC
Realizar prueba de tensión eléctrica AC
Colocar herramientas en posición #3
Realizar prueba de intensidad de corriente eléctrica DC
Realizar prueba de intensidad de corriente eléctrica AC
Colocar herramientas en posición #4
Realizar prueba de resistencia eléctrica
Verificar pruebas
Apagar todos los equipos
Guardar herramientas
Colocar instrumento y documentación encima de la mesa

Fuente: Elaboración propia

Toda actividad en la calibración que no suma valor debe ser eliminada, pero existen algunas actividades que no agregan valor, pero son necesarias, estas pueden ser eliminadas en un mediano plazo más no en un corto plazo, estas son mostradas en la tabla N° 15.

Tabla 15. Actividades que no generan valor, pero son necesarias

ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR PERO SON NECESARIAS
Caminar en búsqueda de instrumento y documentación
Buscar instrumento y documentación
Trasladar instrumento y documentación inicial
Trasladar instrumento y documentación final

Fuente: Elaboración propia

Toda actividad que no aporta a la satisfacción del cliente y por el cual no se pagaría, no agrega valor en el proceso, por lo cual debe ser eliminada. Se muestran en la tabla N° 16.

Tabla 16. Actividades que no agregan valor

ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR
Caminar en búsqueda de controles
Buscar controles
Trasladar controles al puesto de trabajo
Caminar en búsqueda de herramientas de posición #1
Buscar herramientas de posición #1
Trasladar herramientas de posición #1
Caminar en búsqueda de herramientas de posición #2
Buscar herramientas de posición #2
Trasladar herramientas de posición #2
Caminar en búsqueda de herramientas de posición #3
Buscar herramientas de posición #3
Trasladar herramientas de posición #3
Caminar en búsqueda de herramientas de posición #4
Buscar herramientas de posición #4
Trasladar herramientas de posición #4
Caminar en búsqueda de las herramientas
Trasladar herramientas para guardarlas
Caminar al puesto de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizado el análisis, se realiza la propuesta de eliminar toda actividad que no agrega valor, acomodando el puesto de trabajo. Se combinarán algunas actividades para que puedan ser realizadas de manera simultánea, ya que el mismo especialista sería capaz de realizarlo.

5.3. Propuesta de las 5's

La herramienta que se utiliza son las 5's, debido a que reduce actividades que afectan en la eficiencia de la empresa, reduciendo el desorden, los movimientos innecesarios, mejorar la clasificación de las herramientas para reducir tiempos en su búsqueda y liberar espacio de objetos inútiles.

Se toma en consideración que la mayoría del personal no se encuentran trabajando y con ello se realiza la propuesta de implementación de 5's sería acelerado y con una recurrente capacitación. En la tabla N° 17 se detalla el plan a propuesto.

Se observa en la primera etapa el análisis que se obtuvo del diagrama de Pareto en el que se muestran los problemas principales de la empresa que tienen relación

con las 5's. Se describe la metodología y los conceptos principales de las 5's y se da énfasis en los resultados esperados con la aplicación de esta metodología.

Tabla 17. Plan para aplicar las 5's

Nº	ETAPA	ACTIVIDADES	IMPACTO	PLAZO
1	Comprometer a la Alta Dirección	Definir objetivos requeridos a través de una planificación de recursos	Compromiso	1 semana
2	Definir integrantes	Formalizar los integrantes del equipo mediante un acta de compromiso.	Actitud positiva y predisposición al cambio	1 semana
3	Capacitar al equipo	Brindar la información necesaria de las 5's con un programa de capacitación.	Involucramiento global	1 semana
4	Evaluar el estado actual	Realizar un check list a consciencia con respecto al puesto de trabajo.	Autoevaluación	1 semana
5	Instalar el panel de herramientas	Ejecutar la instalación del panel de herramientas.	Cambio	1 semana
6	Clasificar	Seleccionar materiales a usar y retirar lo innecesario para ser eliminado o donado.	Mejora del espacio	1 semana
7	Organizar	Ordenar según la frecuencia de uso y delimitar áreas para los materiales.	Mejora en los tiempos de búsqueda	1 semana
8	Limpiar	Retirar desperdicios, materiales que no se usan y limpiar el espacio.	Mejora del aspecto	1 semana
9	Evaluar la mejora	Medición del avance de las 5's a través del check list	Motivación personal	1 semana
10	Estandarizar	Rotular materiales, definir acciones para reparación.	Mejora en el hábito	2 semana
11	Disciplinar	Charla de 5 minutos, fomentar la cultura	Adaptación de la cultura	2 semana
12	Control y seguimiento	Controlar y supervisar la aplicación de las 5's.	Optimización del espacio	2 semana

Fuente: Elaboración propia

Se procede detallar la planificación de recursos teniendo en cuenta los objetivos sobre la realización de un proceso productivo más eficiente, generando un clima laboral más agradable y seguro para desempeñar sus labores, logrando mejorar el orden, mostrando la planificación de la propuesta en la tabla N° 18.

Tabla 18. Planificación de recursos

PLANIFICACIÓN DE RECURSOS		
Proceso: Metrología		
Encargado: Jefe de Metrología		
PRESUPUESTO TOTAL:		
DESCRIPCIÓN		MONTO
Consultor externo	S/	1,500.00
Paneles de herramientas	S/	100.00
Materiales (etiquetas, cintas adhesivas, etc)	S/	50.00
TOTAL	S/	1,650.00

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente etapa se formará un equipo llamado comité de las 5's, del cual el jefe del área será líder, quien tendrá como función principal monitorear la correcta ejecución de las actividades, además auditar a su personal. La estructura del comité se muestra en la tabla N° 19.

Tabla 19. Miembros del comité

N°	MIEMBROS DEL COMITÉ
1	Jefe de metrología
2	Inspector de calidad
3	Gerente General

Fuente: Elaboración propia

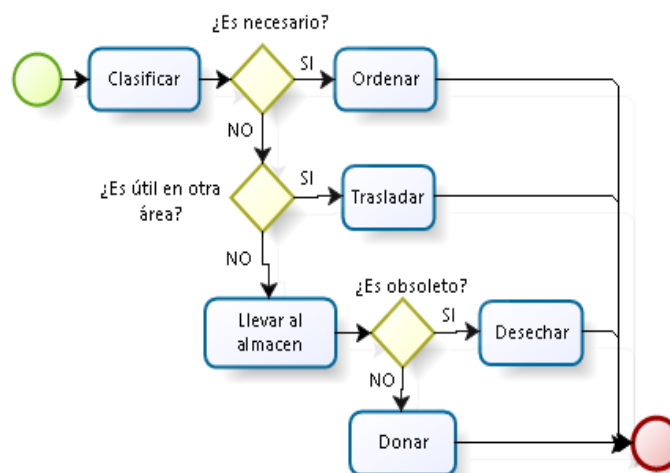
La tercera etapa consiste en capacitaciones sobre las 5's dadas por un consultor externo, la cual deberá centrarse en el compromiso que tiene la empresa por obtener una implementación exitosa.

La cuarta etapa consiste en la evaluación de los conocimientos que tiene el personal sobre esta metodología por medio de un checklist.

La quinta etapa ejecuta la instalación del panel de herramientas que ya fue diseñado, teniendo en cuenta la comodidad, ergonomía y utilidad de los técnicos y especialistas que harán uso de ella como organizador.

En la sexta etapa se actualizan los procedimientos de la figura N° 30, que consisten en la clasificación de los materiales que serán útiles para los servicios y aquellos que no, esta decisión será tomada por el jefe de metrología en conjunto con el inspector de calidad, para definir las herramientas necesarias.

Figura N° 30. Flujograma para clasificar



Fuente: Elaboración propia

El criterio para realizar una acción sobre un elemento es basado en el tiempo. En la tabla N° 20 se muestran los tiempos en desuso por cada elemento. El límite para retirar un elemento del puesto es de 24 horas, luego dependiendo del estado en que se encuentre puede ser llevado a otra área, donado o desechado si lo requiere.

Tabla 20. Elementos con tiempo de desuso

TIPO DE ELEMENTO	TIEMPO DE DESUSO
Herramientas en mal estado	2 meses
Material (papales, bolsas, etc)	1 mes
Armario	15 días
Producto atendido	24 horas

Fuente: Elaboración propia

El paso séptimo es ordenar las cosas en el panel de herramientas de forma que puedan ser ubicados más fácilmente y saber de manera inmediata si falta algún elemento. Las herramientas se colocarán de acuerdo a su frecuencia de uso como se muestra en la figura N° 31.



Figura N° 31. Frecuencia de uso

Fuente: Elaboración propia

Los elementos deberán ser identificados, como también las áreas de trabajo, haciendo uso de un letrero, colocado en la parte superior con el respectivo nombre. Los pasillos deben ser delimitados por líneas, al igual que las áreas. Y todo material o producto nunca debe ser colocado directamente sobre el piso.

La octava etapa consiste en la limpieza y para ello se deben elegir los materiales de limpieza y se realizan las actividades. Se deben identificar las fuentes generadoras de suciedad para evitar que la suciedad se siga generando y mantener un ambiente limpio, de igual manera limpiar todo el puesto de trabajo. Se deben revisar los equipos para evitar que por falta de limpieza puedan deteriorarse. Esta etapa es responsabilidad de cada especialista y deberá ser supervisado por el jefe de metrología. La limpieza será realizada en dos ocasiones, 5 minutos antes de la hora del almuerzo y 5 minutos antes que termine la jornada laboral. En la figura N° 32 se muestran los pasos para la limpieza.

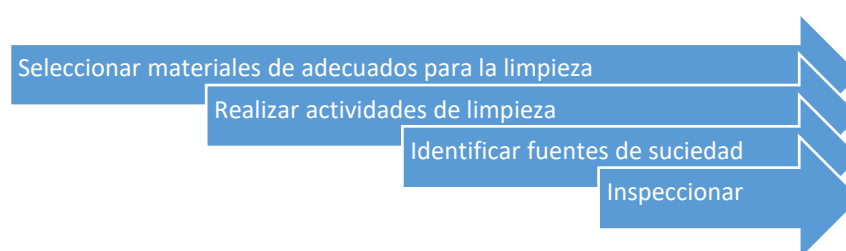


Figura N° 32. Pasos para la limpieza
Fuente: Elaboración propia

En la novena etapa se evaluarán las mejorar mediante revisiones constantes donde se detallarán los avances obtenidos con respecto a las 3 “S” anteriores. Se hará uso del formato de diagnóstico, solo tomando en consideración las 3 primeras “S”. Esta evaluación será realizada por el jefe de metrología de forma periódica.

En la décima etapa se etiquetarán todas aquellas herramientas o materiales que se usan esporádicamente y asignarles un lugar fuera del área de trabajo. Se deben rotular las herramientas que tengo una falla, adelantando su reparación o enviando al almacén si es necesario.

En la onceava etapa se tiene la disciplina, la cual consiste en cambiar los hábitos para mejorar, teniendo como objetivo cumplir las normas establecidas por la empresa. Para ello se podrían utilizar recordatorios, publicación del antes y el después, charla de los 5 minutos, visitar del gerente general al área de trabajo e incentivar la puntualidad. Los encargados serán los miembros del comité. Se muestra en la figura N° 33.

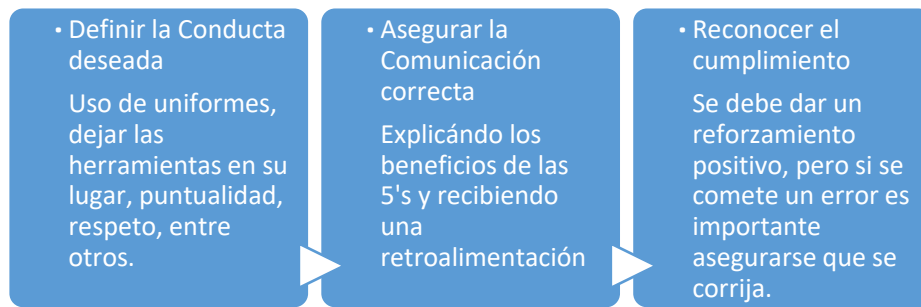


Figura N° 33. Disciplina
Fuente: Elaboración propia

Para la última etapa se harán controles y seguimientos al igual que para el diagnóstico inicial, se evaluarán por medio de listas de verificación, debido a que durante el diagnóstico inicial obtuvo una línea base, que logrará formar objetivos para los siguientes periodos. Se harán con autoevaluaciones, listas de verificación y verificaciones en campo. Las fechas para las evaluaciones se decidirán según el avance de la implementación y se realizará en dos modalidades, algunas serán avisas con antelación mientras que otras serán de forma aleatoria y sorpresiva.

El análisis costo beneficio de la propuesta se realiza a continuación:

Haciendo uso de los datos del costo anual de calidad del 2019, información privada de la empresa, y el costo de ejecución de la metodología 5's se realizó el análisis de la relación que existe entre el beneficio y el costo de la propuesta.

Como se muestra en la tabla N° 21, por medio de esta propuesta se busca reducir entre un 20% a 25% de los costos producidos por problemas ligados a la calidad en la organización, este porcentaje vendría a ser un mínimo del que se podría alcanzar, ya que, desde un punto de vista real, los proyectos de mejora nunca son capaces de lograr el 100% de la reducción de problemas.

Tabla 21. Reducción del costo anual

COSTO ANUAL	BENEFICIO	
	20%	25%
S/ 10,000.00	S/ 2,000.00	S/ 2,500.00

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se pasó a realizar el análisis Beneficio/costo, eso se obtuvo al dividir los beneficios que se obtuvieron con la propuesta por los costos de la propuesta indicada, esto sería:

$$ABC=B/C$$

Donde:

B: Beneficio que se obtuvo por medio de la propuesta que se aplicó

C: Costo de implementación de la mejora

Tabla 22. Beneficio versus costo de la propuesta

ABC				
Beneficio:	S/	2,000.00	S/	2,500.00
Costo:	S/	1,650.00	S/	1,650.00
B/C	S/	1.21	S/	1.52

Fuente: Elaboración propia

Se sabe que:

Si $B/C \geq 1$ la propuesta es económicamente Aceptable.

Si $B/C < 1$ la propuesta no es económicamente Aceptable.

Y como se muestra en la tabla N° 22, se puede decir que la propuesta es viable.

A continuación, se muestra el diagrama de análisis propuesto mostrado en la figura N° 34.

OPERARIO									
Diagrama N°: 2		Resumen							
Nombre: Diagrama de análisis del proceso de calibración del multímetro		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Hoja N°: 1	Operación	○	27	23	4				
Objetivo: Responder los requisitos establecidos	Trasporte	⇨	14	2	12				
Actividad: Calibrar instrumentos de medición	Demora	D	3	0	3				
Método: Propuesta de mejora	Inspección	□	7	2	5				
Lugar: Laboratorio de metrología	Almacenaje	▽	0	0	0				
Operario: Especialista de calibración	Distancia (mts)		109.50	40.00	69.50				
N° operario: 1	Tiempo (min)		205.00	149.50	55.50				
Compuesto por: Allisson Denisse Mendoza Capacyachi	Total		52.00	27.00	25.00				
#	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	Símbolos					Tiempo (min)	Distancia (mts)	Observación
		○	⇨	D	□	▽			
1	Caminar en búsqueda de instrumento y documentación						1.00	15.00	Zona de recojo
2	Buscar instrumento y documentación						10.00	-	
3	Trasladar instrumento y documentación inicial						1.00	15.00	
4	Colocar instrumento y documentación encima de la mesa						0.10	-	Puesto de trabajo
5	Manipular el aire acondicionado						1.00	0.00	
6	Manipular el deshumidificador						1.00	-	
7	Verificar el acondicionamiento						1.00	-	Fuera de rango
8	Realizar registro del acondicionamiento						1.00	-	
9	Encender computadora						1.00	-	
10	Colocar herramientas en posición #1						1.00	-	
11	Realizar medición de tensión						2.00	-	
12	Realizar estabilidad térmica del calibrador						11.00	-	
13	Llenar documentación correspondiente						2.80	-	
14	Realizar la auto calibración del calibrador						16.00	-	
15	Colocar herramientas en posición #2						1.00	0.00	
16	Realizar prueba de tensión eléctrica DC						14.00	-	Prueba
17	Realizar prueba de tensión eléctrica AC						14.00	-	Prueba
18	Colocar herramientas en posición #3						1.00	-	
19	Realizar prueba de intensidad de corriente eléctrica DC						14.00	-	Prueba
20	Realizar prueba de intensidad de corriente eléctrica AC						14.00	-	Prueba
21	Colocar herramientas en posición #4						1.00	-	
22	Realizar prueba de resistencia eléctrica						14.00	-	Prueba
23	Verificar pruebas						5.00	-	Puesto de trabajo
24	Realizar registro de la calibración						10.00	-	
25	Realizar certificado						5.00	-	Puesto de trabajo
26	Apagar todos los equipos						5.00	0.00	
27	Guardar herramientas						1.00	-	
28	Trasladar instrumento y documentación final						0.50	-	
29	Colocar instrumento y documentación encima de la mesa						0.10	10.00	Zona de entrega
TOTALES GENERALES		5	26	29	27	29	149.50	40.00	

Figura N° 34. Diagrama de análisis propuesto del proceso de calibración

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran en las figuras N° 35 y 36 dos de las cinco fases del proceso de calibración TO-BE, adjuntando el diagrama de flujo completo en el anexo 9.

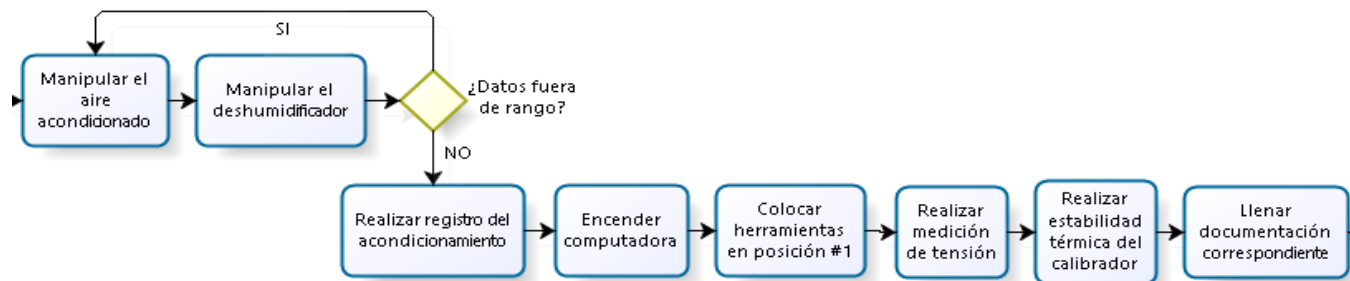


Figura N° 35. Fase de acondicionamiento TO-BE
Fuente: Elaboración propia

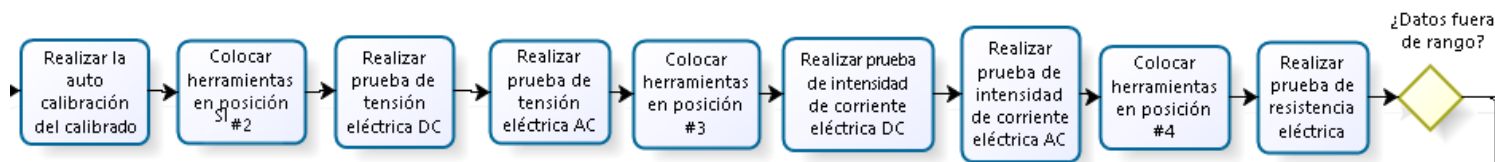


Figura N° 36. Fase de calibrado TO-BE
Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla N° 23, se realiza la descripción de las actividades en conjunto con un análisis de la propuesta de mejora mostrando el tiempo por cada fase del proceso de calibración.

Tabla 23. Descripción de las actividades propuesto del proceso

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN			TIEMPO TOTAL (min)	DISTANCIA (mts)
<u>1. TRASLADO INICIAL</u>			<u>12.10</u>	<u>30.00</u>
A1	Transporte	Caminar en búsqueda de instrumento y documentación	1.00	15.00
A2	Operación	Buscar instrumento y documentación	10.00	-
A3	Transporte	Trasladar instrumento y documentación inicial	1.00	15.00
A4	Operación	Colocar instrumento y documentación encima de la mesa	0.10	-
<u>2. ACONDICIONAMIENTO</u>			<u>21.80</u>	<u>0.00</u>
A5	Operación	Manipular el aire acondicionado	1.00	-
A6	Operación	Manipular el deshumidificador	1.00	-
A7	Inspección	Verificar el acondicionamiento	1.00	-
A8	Operación	Realizar registro del acondicionamiento	1.00	-
A9	Operación	Encender computadora	1.00	-
A10	Operación	Colocar herramientas en posición #1	1.00	-
A11	Operación	Realizar medición de tensión	2.00	-
A12	Operación	Realizar estabilidad térmica del calibrador	11.00	-
A13	Operación	Llenar documentación correspondiente	2.80	-
<u>3. CALIBRADO</u>			<u>94.00</u>	<u>0.00</u>
A14	Operación	Realizar la auto calibración del calibrador	16.00	-
A15	Operación	Colocar herramientas en posición #2	1.00	-
A16	Operación	Realizar prueba de tensión eléctrica DC	14.00	-
A17	Operación	Realizar prueba de tensión eléctrica AC	14.00	-
A18	Operación	Colocar herramientas en posición #3	1.00	-
A19	Operación	Realizar prueba de intensidad de corriente eléctrica DC	14.00	-
A20	Operación	Realizar prueba de intensidad de corriente eléctrica AC	14.00	-
A21	Operación	Colocar herramientas en posición #4	1.00	-
A22	Operación	Realizar prueba de resistencia eléctrica	14.00	-
A23	Inspección	Verificar pruebas	5.00	-
<u>4. DOCUMENTACIÓN</u>			<u>15.00</u>	<u>0.00</u>
A24	Operación	Realizar registro de la calibración	10.00	-
A25	Operación	Realizar certificado	5.00	-
<u>5. TRASLADO FINAL</u>			<u>6.60</u>	<u>10.00</u>
A26	Operación	Apagar todos los equipos	5.00	-
A27	Operación	Guardar herramientas	1.00	-
A28	Transporte	Trasladar instrumento y documentación final	0.50	10.00
A29	Operación	Colocar instrumento y documentación encima de la mesa	0.10	-
<u>TOTALES GENERALES</u>			<u>149.50</u>	<u>40.00</u>

Fuente: Elaboración propia

5.4. Simulación del proceso de calibración

Una vez que se identifican y se plantean las propuestas para la mejora, se hará un análisis al proceso de calibración por medio de una simulación usando el software Promodel, donde se utilizarán los tiempos actuales y los propuestos. Como se aprecia en la figura N° 37, se simuló el escenario actual y el mejorado para realizar una comparación entre ambos y mostrar la reducción del tiempo en conjunto con el aumento en la capacidad.

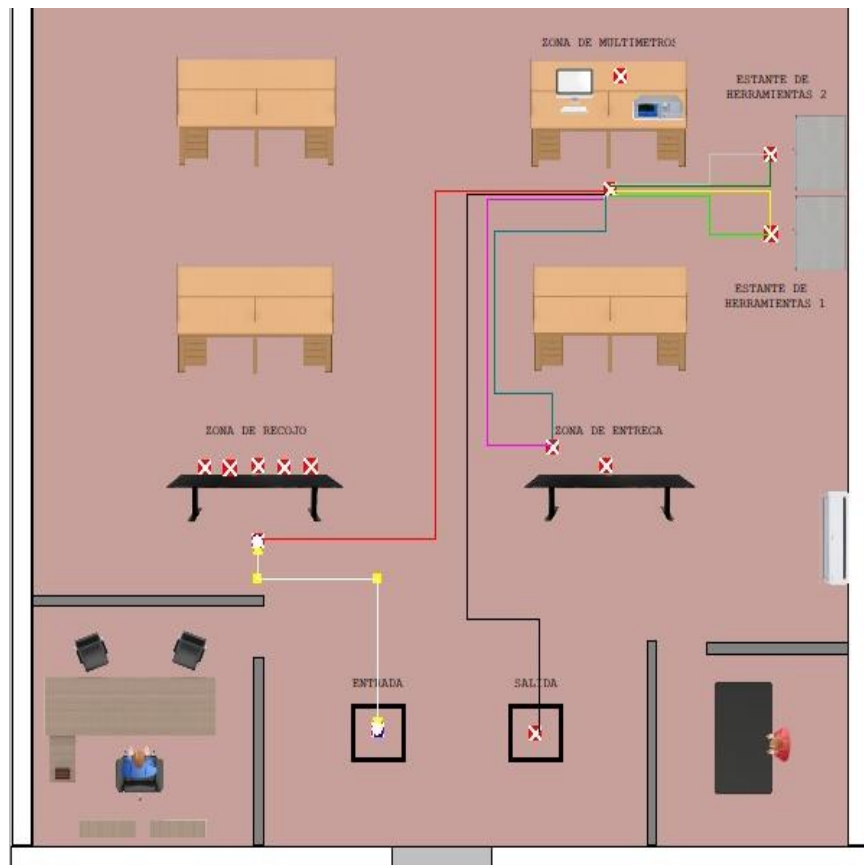


Figura N° 37. Simulación del modelo actual del proceso de calibración

Fuente: Elaboración propia

En las figuras N° 38 y 39 se muestra el modelo presente, donde se muestra la situación actual para la calibración de multímetros en donde se utilizan los tiempos actuales.

Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Min)
ESPECIALISTA	117.00	1.00	205.00	6.00	0.00	199.00	0.00

Figura N° 38. Tiempo actual del proceso de calibración en Promodel

Fuente: Elaboración propia

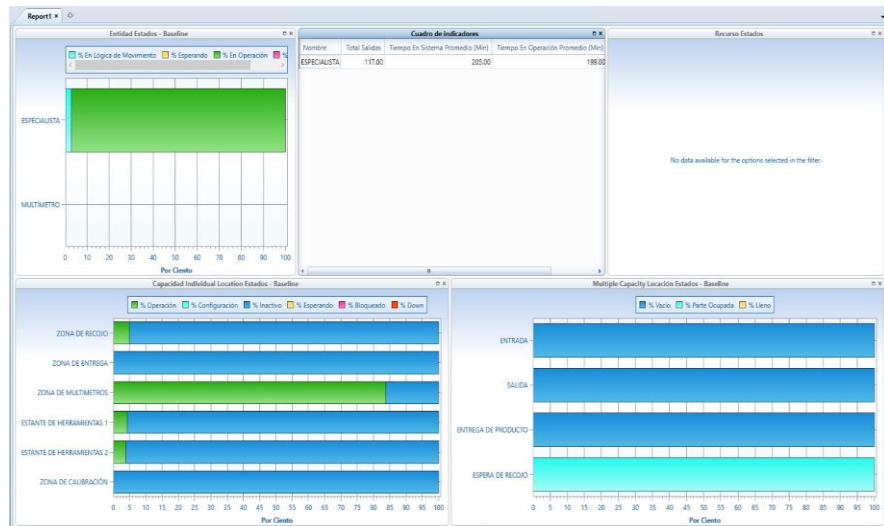


Figura N° 39. Modelo actual del proceso de calibración en Promodel
Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 40 se muestra la simulación del modelo mejorado, donde los tiempos que se utilizan son de la propuesta del plan.

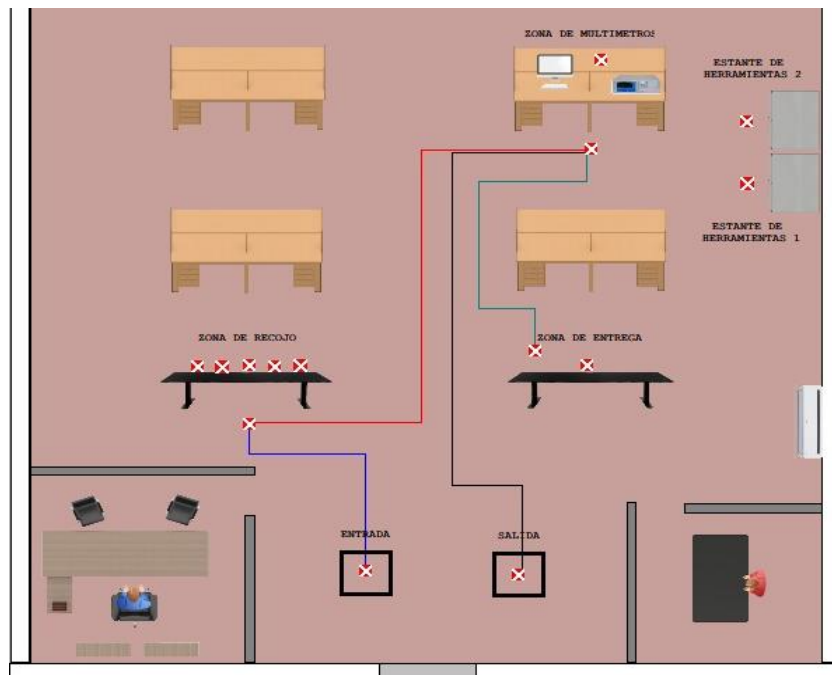


Figura N° 40. Simulación del modelo propuesto del proceso de calibración
Fuente: Elaboración propia

Entidad Resumen							
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Tiempo de Bloques Promedio (Min)
ESPECIALISTA	160.00	1.00	149.50	2.50	0.00	147.00	0.00

Figura N° 41. Tiempo propuesto del proceso de calibración de Promodel
Fuente: Elaboración propia

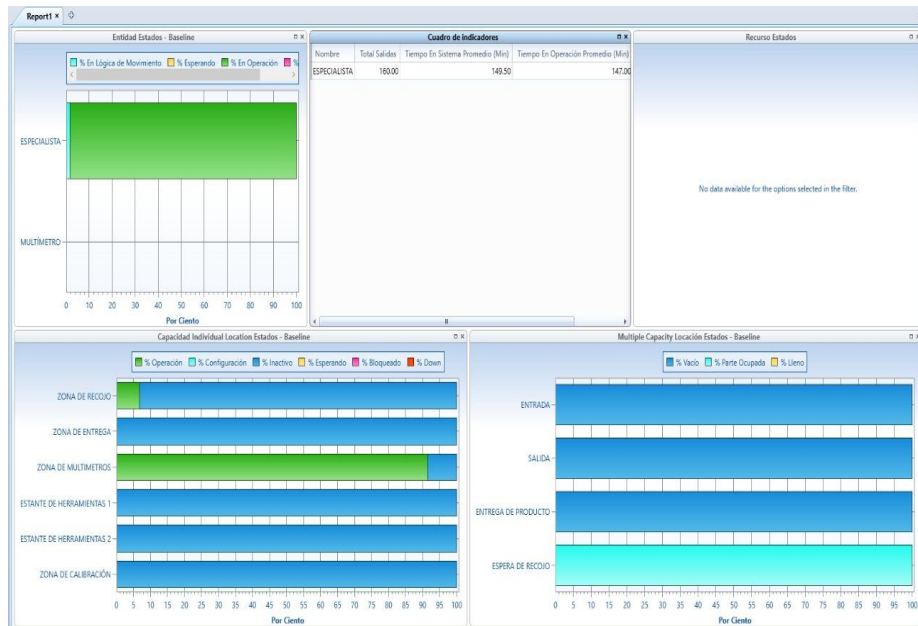


Figura N° 42. Modelo propuesto del proceso de calibración de Promodel

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las Figuras N° 41 y 42, luego de efectuada la simulación se concluye que si hay una reducción en el tiempo del proceso y un aumento en la capacidad.

5.5. Análisis de resultados

A continuación, se muestra el desarrollo de la prueba de hipótesis y resultados de la prueba.

- Prueba de hipótesis general

Al validar la hipótesis general se utilizó los tiempos actuales de cada elemento que conforma el proceso de calibración los cuales representan la variable dependiente y los tiempos mejorados que representan las mejoras correspondientes a la variable independiente.

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-WilkP para determinar si las pruebas estadísticas que serán empleadas sostienen una condición paramétrica o no, debido a que la información cuantitativa a ser valorada es menor a 50 datos, teniendo como fin conocer si estos datos a evaluar tienen o no una distribución normal. Es del 95% la confianza a usar escogida por decisión general. A continuación, se muestra la hipótesis estadística de normalidad:

H_0 : Los datos evaluados tienen una distribución normal ($\text{sig} > \alpha$)

H₁: Los datos evaluados no tienen una distribución normal ($\text{sig} < \alpha$)

Se concluye que la información cuantitativa analizada sigue una distribución normal, en vista de que los valores de significancia para estos datos son mayores a 0.05 por consiguiente se acepta la hipótesis nula. Los resultados obtenidos de la prueba estadística son mostrados en la tabla 24.

Tabla 24. Prueba de normalidad de la hipótesis general

Prueba Shapiro-Wilk	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo Actual	.987	5	.967
Tiempo Mejorado	.987	5	.970

Fuente: Elaboración propia

Para ofrecer un apoyo adicional a la prueba, se muestra en la tabla 25 en detalle los estadísticos de media, mediana, asimetría, entre otros. (Tiempos actuales y tiempos mejorados)

Tabla 25. Estadísticos descriptivos de la hipótesis general

Estadísticos Descriptivos	Tiempo Actual		Tiempo Mejorado	
	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media	205.0000	2.12132	149.5000	1.27515
95% de intervalo de confianza para la media	Limite inferior	199.1103	145.9596	
	Limite superior	210.8897	153.0404	
Media recortada al 5%	205.0000		149.4778	
Mediana	205.0000		149.0000	
Varianza	22.500		8.130	
Desviación estándar	4.74342		2.85132	
Mínimo	199.00		146.00	
Máximo	211.00		153.40	
Rango	12.00		7.40	
Rango intercuartil	9.00		5.25	
Asimetría	0.000	.913	.306	.913
Curtosis	-1.200	2.000	-.566	2.000

Fuente: Elaboración propia

Como se ha verificado que los datos analizados siguen una distribución normal, ahora se para a realizar la prueba estadística de T-Student que es para las muestras relacionadas. A continuación, se plantea la hipótesis estadística:

H_0 : No existe diferencia significativa entre los tiempos actuales y los tiempos mejorados ($\text{sig} > \alpha$)

H_1 : Si existe diferencia significativa entre los tiempos actuales y los tiempos mejorados ($\text{sig} < \alpha$)

El valor de significancia es 0.000 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, se confirma que hay diferencias significativas entre los tiempos actuales y los tiempos mejorados. Se demuestra los resultados logrados después de realizar la prueba en las tablas 26 y 27.

Tabla 26. Estadísticas de muestras emparejadas de la hipótesis general

Estadísticas	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Tiempo Actual	205.0000	5	4.74342	2.12132
Tiempo Mejorado	149.5000	5	2.85132	1.27515

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Prueba de muestras emparejadas de la hipótesis general

Prueba	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Tiempo Actual - Tiempo Mejorado	55.50000	2.29783	1.02762	52.64687	58.35313	54.008	4	.000

Fuente: Elaboración propia

- Prueba de hipótesis específica 1

Al validar la prueba de hipótesis general se utilizó los tiempos actuales de cada elemento que conforman el acondicionamiento los cuales representan la variable dependiente y los tiempos mejorados que representan las mejoras correspondientes a la variable independiente.

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-WilkP para determinar si las pruebas estadísticas que serán empleadas sostienen una condición paramétrica o no, debido a que la información cuantitativa a ser valorada es menor a 50 datos, teniendo como fin conocer si estos datos a evaluar tienen o no una distribución normal. Es del 95% la confianza a usar escogida por

decisión general. A continuación, se muestra la hipótesis estadística de normalidad:

H₀: Los datos evaluados tienen una distribución normal ($\text{sig} > \alpha$)

H₁: Los datos evaluados no tienen una distribución normal ($\text{sig} < \alpha$)

Se concluye que la información cuantitativa analizada sigue una distribución normal, en vista de que los valores de significancia para estos datos son mayores a 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula. Los resultados obtenidos de la prueba estadística son mostrados en la tabla 28.

Tabla 28. Prueba de normalidad de la hipótesis específica 1

Prueba Shapiro-Wilk	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo Actual	.958	5	.797
Tiempo Mejorado	.904	5	.433

Fuente: Elaboración propia

Para ofrecer un apoyo adicional a la prueba, se muestra en la tabla 29 en detalle los estadísticos de media, mediana, asimetría, entre otros. (Tiempos actuales y tiempos mejorados)

Tabla 29. Estadísticos descriptivos de la hipótesis específica 1

Estadísticos Descriptivos	Tiempo Actual		Tiempo Mejorado	
	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media	52.4000	2.61324	21.8000	1.44361
95% de intervalo de confianza para la media	Limite inferior	45.1445	17.7919	
	Limite superior	59.6555	25.8081	
Media recortada al 5%	52.3444		21.7111	
Mediana	51.5000		21.0000	
Varianza	34.145		10.420	
Desviación estándar	5.84337		3.22800	
Mínimo	45.80		18.20	
Máximo	60.00		27.00	
Rango	14.20		8.80	
Rango intercuartil	11.25		5.00	
Asimetría	.304	.913	1.145	.913
Curtosis	-1.751	2.000	2.368	2.000

Fuente: Elaboración propia

Como se ha verificado que los datos analizados siguen una distribución normal, ahora se para a realizar la prueba estadística de T-Student que es para las muestras relacionadas. A continuación, se plantea la hipótesis estadística:

H₀: No existe diferencia significativa entre los tiempos actuales y los tiempos mejorados ($\text{sig} > \alpha$)

H₁: Si existe diferencia significativa entre los tiempos actuales y los tiempos mejorados ($\text{sig} < \alpha$)

El valor de significancia es 0.000 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, se confirma que hay diferencias significativas entre los tiempos actuales y los tiempos mejorados. Se demuestra los resultados logrados después de realizar la prueba en las tablas 30 y 31.

Tabla 30. Estadísticas de muestras emparejadas de la hipótesis específica 1

Estadísticas	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Tiempo Actual	52.4000	5	5.84337	2.61324
Tiempo Mejorado	21.8000	5	3.22800	1.44361

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Prueba de muestras emparejadas de la hipótesis específica 1

Prueba	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Tiempo Actual - Tiempo Mejorado	30.60000	5.24738	2.34670	24.08452	37.11548	13.040	4	.000

Fuente: Elaboración propia

- Prueba de hipótesis específica 2

Al validar la prueba de hipótesis general se utilizó los tiempos actuales de cada elemento que conforman el calibrado los cuales representan la variable dependiente y los tiempos mejorados que representan las mejoras correspondientes a la variable independiente.

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-WilkP para determinar si las pruebas estadísticas que serán empleadas sostienen una condición paramétrica o no, debido a que la información cuantitativa a ser valorada es menor a 50 datos, teniendo como fin conocer si estos datos a evaluar tienen o no una distribución normal. Es del 95% la confianza a usar escogida por decisión general. A continuación, se muestra la hipótesis estadística de normalidad:

H₀: Los datos evaluados tienen una distribución normal ($\text{sig} > \alpha$)

H₁: Los datos evaluados no tienen una distribución normal ($\text{sig} < \alpha$)

Se concluye que la información cuantitativa analizada sigue una distribución normal, en vista de que los valores de significancia para estos datos son mayores a 0.05 por ende se acepta la hipótesis nula. Los resultados obtenidos de la prueba estadística son mostrados en la tabla 32.

Tabla 32. Prueba de normalidad de la hipótesis específica 2

Prueba Shapiro-Wilk	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo Actual	.821	5	.118
Tiempo Mejorado	.952	5	.749

Fuente: Elaboración propia

Para ofrecer un apoyo adicional a la prueba, se muestra en la tabla 25 en detalle los estadísticos de media, mediana, asimetría, entre otros. (Tiempos actuales y tiempos mejorados).

Como se ha verificado que los datos analizados siguen una distribución normal, ahora se para a realizar la prueba estadística de T-Student que es para las muestras relacionadas. A continuación, se plantea la hipótesis estadística:

H₀: No existe diferencia significativa entre los tiempos actuales y los tiempos mejorados ($\text{sig} > \alpha$)

H₁: Si existe diferencia significativa entre los tiempos actuales y los tiempos mejorados ($\text{sig} < \alpha$)

Tabla 33. Estadísticos descriptivos de la hipótesis específica 2

Estadísticos Descriptivo	Tiempo Actual		Tiempo Mejorado	
	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Media	117.8000	2.10214	94.0000	2.04939
95% de intervalo de confianza para la media	Limite inferior	111.9635	88.3100	
	Limite superior	123.6365	99.6900	
Media recortada al 5%	117.6778		94.1111	
Mediana	115.0000		94.0000	
Varianza	22.095		21.000	
Desviación estándar	4.70053		4.58258	
Mínimo	113.80		87.00	
Máximo	124.00		99.00	
Rango	10.20		12.00	
Rango intercuartil	8.70		8.00	
Asimetría	.705	.913	-.831	.913
Curtosis	-2.508	2.000	.810	2.000

Fuente: Elaboración propia

El valor de significancia es 0.000 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, en otras palabras, se confirma que hay diferencias significativas entre los tiempos actuales y los tiempos mejorados. Se demuestra los resultados logrados después de realizar la prueba en las tablas 34 y 35.

Tabla 34. Estadísticas de muestra emparejadas de la hipótesis específica 2

Estadísticas	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Tiempo Actual	117.8000	5	4.70053	2.10214
Tiempo Mejorado	94.0000	5	4.58258	2.04939

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Prueba de muestras emparejadas de la hipótesis específica 2

Prueba	Diferencias emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Tiempo Actual - Tiempo Mejorado	23.80000	3.20858	1.43492	19.81602	27.78398	16.586	4	.000	

Fuente: Elaboración propia

5.6. Resumen de resultados

Finalmente se muestra un breve resumen acerca de la investigación del proceso en la tabla 36.

Tabla 36. Resumen de los resultados

HIPÓTESIS	VARIACIÓN DEPENDIENTE	INDICADOR	SITUACIÓN PRE-TEST	SITUACIÓN POST-TEST	VARIACIÓN	% VARIACIÓN
HG: Si se incrementa la capacidad del servicio de calibración de instrumentos, entonces se reduce el tiempo de ciclo del servicio	Tiempo de ciclo del servicio	(Tiempo real del servicio/tiempo planeado del servicio de calibración)	205.00	149.50	55.50	37%
HE1: Si se aumenta la capacidad del acondicionamiento, entonces se reduce el tiempo de ciclo del acondicionamiento	Tiempo de ciclo del acondicionamiento	(Tiempo real del acondicionamiento / tiempo planeado del acondicionado por instrumento)	52.40	21.80	30.60	140%
HE2: Si se acrecienta la capacidad del calibrado, entonces se reduce el tiempo de ciclo del calibrado	Tiempo de ciclo del calibrado	(Tiempo real del calibrado/Tiempo planeado de la calibración por instrumento)	117.80	94.00	23.80	25%

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de la propuesta de solución utilizando el enfoque de lean, se determinaron las actividades que no agregaban valor al proceso generando demoras. Además, se demostró que eliminando esas actividades se reducen los tiempos de ciclo del servicio de calibración en un 27.07%, respaldado además en la prueba estadística de T-Student.
2. Se demostró que se reduce los tiempos de ciclo del acondicionamiento en un 58.40%, respaldado además en la prueba estadística de T-Student.
3. Se demostró que se reduce los tiempos de ciclo del calibrado en un 20.20%, respaldado además en la prueba estadística de T-Student.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un seguimiento continuamente a cada actividad, en la medida que permanezca el incremento de la capacidad del servicio de calibración en el laboratorio.
2. Se recomienda realizar charlas semanales a los especialistas con respecto al acondicionamiento para que estén informados de los resultados obtenidos en los siguientes meses sean comparados a fin de ver las mejoras.
3. Se recomienda capacitar a los especialistas encargados de la calibración de multímetros con respecto al calibrado a fin de prevenir posibles fallas que podrían perjudicar al proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altuna, L. y Alva, I. (2018). *Lean time y su influencia en el nivel de servicio de las empresas de servicio de entrega rápida para las importaciones de Estados Unidos* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.
- Avilés, G. (2016). *Análisis del proceso de calibración de termohigrómetros y su incidencia en la productividad de la empresa tecniprecisión cía. Ltda.* Universidad Tecnológica Indoamérica. Quito, Ecuador.
- Barbosa, A., Rodríguez, E. y Ropaín, W. (2016). *Propuesta de mejora del sistema de gestión de calidad para el servicio de metrología en un laboratorio de calibración de equipos industriales* (Tesis de postgrado). Universidad Sergio Arboleda. Bogotá, Colombia.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación* (3ra ed.). Person Education Bogotá, Colombia.
- Centro Español de Metrología - CEM. (2013). *Procedimiento de calibración: procedimiento ME-005 para la calibración de balanzas monoplato.* Ministerio de industria, comercio y turismo. España.
- Chiva, J. (2014). *Metodología y calibración de variables de control utilizadas en sistemas navales e industriales.* Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
- Cifuentes, R. (2017). *Propuesta de un modelo de implementación de un laboratorio de calibración de equipos de medición de ruido basado en norma ISO 17025.* Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Matriz. Quito, Ecuador.
- Fuentes, K. (2017). *Implementación de la metodología 5s para reducir los tiempos en la ubicación de documentos en el área de Aseguramiento y Control de la Calidad de una entidad bancaria.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación.* McGraw-Hill. México DF, México.

Instituto Nacional de Calidad – INACAL. (2015). *Estudio de necesidades metrológicas industriales y científicas a nivel nacional*. Lima, Perú.

https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/5/jer/boletinmetrologia/files/ESTUDIO_APOYO_2015.pdf

Instituto Nacional de Calidad – INACAL. (2018). *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración: NTP-ISO/IEC 17025*. Lima, Perú.

Instituto Nacional de Calidad – INACAL. (2015). *Procedimiento para los Servicios de Calibración*. Lima, Perú.

<https://www.inacal.gob.pe/metrologia/categoria/procedimiento-de-calibracion>

Instituto Nacional de Estadística e informática – INEI. (2010). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas. CIIU*. Revisión 4.

[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/0D3F18225B8D03DC052583050074F44D/\\$FILE/6.Libro.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/0D3F18225B8D03DC052583050074F44D/$FILE/6.Libro.pdf)

Instituto Peruano de Economía – IPE. (2020). *Calculamos una caída anual del 15% del PBI*. Peru21.

<https://www.ipe.org.pe/portal/calculamos-una-caida-anual-del-15-del-pbi/>

Keith, K (1999). *Las Técnicas para la Toma de Decisiones en Equipo: Guía para obtener Buenos Resultados*. GRANICA - TEC consultores.

Londoño, M. (2014). *Planeación de la capacidad de producción para la nueva fábrica de muebles de la empresa Iván Botero Gómez S.A* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Medina, A. (2005). *Gestión por procesos y creación de valor público: un enfoque analítico*. Instituto Tecnológico de Santo Domingo. Santo Domingo, S.R.

- Nicholas, J. (2010). *Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices*. Taylor & Francis Group.
- Sanchez, R. (2020). *Propuesta de mejora del proceso de mantenimiento de instrumentos de medición y herramientas para reducir los tiempos de atención*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Valderrama, M. (2018). *Propuesta de mejora para la reducción de tiempos en el proceso productivo para uvas de mesa variedad Red Globe aplicando herramientas Lean Manufacturing*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN	INCREMENTAR LA CAPACIDAD DEL SERVICIO DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS BASADO EN EL ENFOQUE LEAN REDUCIENDO EL TIEMPO DE CICLO DEL SERVICIO DE UNA EMPRESA DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES GENERALES	INDICADORES GENERALES	METODOLOGÍA
¿Cómo incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos?	Incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos.	Si se reduce el tiempo de ciclo, entonces se incrementa la capacidad del servicio de calibración.	X: Tiempo de ciclo Y: Capacidad del servicio de calibración.	(Tiempo real del servicio / tiempo planeado del servicio de calibración por instrumento) (# de servicios de calibración atendidos / # de servicios calibración programados por día) *100	Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo - Descriptivo Tipos de Diseño: Experimental Enfoque: Cuantitativo Población: Las 1744 órdenes de trabajo de equipos e instrumentos de medición que han sido atendidos en el servicio de calibración de la empresa durante el año 2019. Muestra: Las 315 órdenes de trabajo de los instrumentos de medición que ha sido atendidos en el servicio de calibración de la empresa a partir del mes de julio hasta el mes de diciembre del año 2019. Técnica de recolección de datos: Entrevistas, observación y análisis documental. Técnica de procesamiento de datos: Tablas dinámicas, gráficas, diagramas de flujo, diagrama de Pareto e Ishikawa.
PROBLEMA ESPECÍFICO 1 ¿Cómo aumentar la capacidad del acondicionamiento, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos?	OBJETIVO ESPECÍFICO 1 Aumentar la capacidad del acondicionamiento, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1 Si se reduce el tiempo de ciclo, entonces se aumenta la capacidad del acondicionamiento.	VARIABLES ESPECÍFICAS 1 X: Tiempo de ciclo Y1: Capacidad del acondicionamiento	INDICADORES ESPECÍFICOS 1 (Tiempo real del acondicionamiento / tiempo planeado del acondicionamiento por instrumento) (# de acondicionamientos atendidos / # de acondicionamientos programados por día) *100	
PROBLEMA ESPECÍFICO 2 ¿Cómo acrecentar la capacidad del calibrado, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos?	OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Acrecentar la capacidad del calibrado, basado en el enfoque lean, reduciendo el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos.	HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2 Si se reduce el tiempo de ciclo, entonces se acrecienta la capacidad del calibrado.	VARIABLES ESPECÍFICAS 2 X: Tiempo de ciclo Y2: Capacidad del calibrado	INDICADORES ESPECÍFICOS 2 (Tiempo real del calibrado / tiempo planeado del calibrado por instrumento) (# de calibrados atendidos / # de calibrados programados por día) *100	

Anexo 2: Formato de carta de presentación para validez de instrumentos

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Mg. César Rivera Lynch

Presente. -

Mediante la presente, reciba Ud. un cordial saludo a nombre del bachiller Mendoza Capacyachi Allisson de la facultad de ingeniería, escuela profesional de ingeniería industrial de la Universidad Ricardo Palma, expresando que estoy realizando la tesis denominada: **“Incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos basado en el enfoque lean para reducir el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos”**, por lo cual, siendo conocedores de su amplia experiencia y trayectoria a nivel tanto profesional como académica, solicitamos su colaboración al elegirlo como JUEZ EXPERTO, para validar los instrumentos de recolección de la presente tesis.

Los instrumentos a validar son:

- Encuesta de levantamiento de información aplicada a los trabajadores de metrología.

Se adjunta:

1. Carta de presentación
2. Matriz de operacionalización de variables y matriz de consistencia
3. Instrumento 1 - Encuesta de levantamiento de información aplicada a los trabajadores de metrología.
4. Ficha de validación de los instrumentos

Me despido de Ud. agradeciéndole por su anticipada y gentil colaboración

Atentamente,



Allisson Mendoza Capacyachi

Anexo 3: Formato de encuesta para levantamiento de información aplicada a los trabajadores de metrología

Encuesta sobre incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos basado en el enfoque lean para reducir el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos


Estimado Colaborador(a):

Agradezco de antemano por aceptar participar en esta encuesta enfocada a metrología, la encuesta es anónima y confidencial. El presente cuestionario tiene por finalidad identificar información relevante sobre cómo se desarrolla el servicio de calibración, de manera que se puedan realizar mejoras. Responda las siguientes preguntas marcando una (X) según su criterio.

NOTA: Para cada pregunta se considera un grado de importancia del 1 al 5 donde:
1.-Muy insatisfecho 2.-Insatisfecho 3.-Neutro 4.-Satisfecho 5.-Muy Muy satisfecho

ITEMS	PREGUNTA	NIVEL DE SATISFACCIÓN				
		1	2	3	4	5
A.- Capacidad del servicio de calibración						
1	La capacidad del servicio con la que cuenta el laboratorio de calibración.					
2	La capacidad programada para atender los pedidos de calibración.					
3	El indicador de capacidad del servicio de calibraciones.					
4	Las atenciones de los instrumentos del servicio de calibración.					
5	La gestión del proceso con respecto al servicio de calibración.					
B.- Tiempo de ciclo del servicio						
6	El tiempo de ciclo del servicio en el que se desarrolla la calibración.					
7	El tiempo planeado para la entrega de los instrumentos por calibrar.					
8	El indicador de tiempo de ciclo del servicio de calibraciones.					
9	Frecuencia en la que llegan los pedidos de calibración de multímetros.					
10	El ritmo de trabajo del servicio de calibración de instrumentos.					
Comentarios						

MUCHAS GRACIAS


 Gerente General
 DNI: 944110783

Anexo 4: Juicio de expertos – Validez del instrumento de investigación

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Estimado Colaborador(a):

Tesis: "Incrementar la capacidad del servicio de calibración de instrumentos basado en el enfoque lean para reducir el tiempo de ciclo del servicio de una empresa de sistemas electrónicos"

Estimado juez, una vez analizados los ítems pertenecientes a la encuesta de levantamiento de información aplicada a los trabajadores de metrología, por favor califique con una escala de 1 a 5, señalando con una "X" la alternativa que usted considere correcta:

CRITERIOS DE VALORACIÓN:
1.-Deficiente 2.-Bajo 3.-Regular 4.-Aceptable 5.-Muy aceptable

ITEMS	DIMENSION	CRITERIO DE VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
A	Capacidad del servicio de calibración				x	
B	Tiempo de ciclo del servicio					x
TOTAL						

Puntajes

Hasta 2 : Encuesta inválida – Reformular

De 3 a 4 : Encuesta inválida – Modificar

De 5 a 8 : Encuesta válida – Mejorar

De 9 a 10 : Encuesta válida – Aplicar

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>

Opinión Final: Validado, aplicar.



Experto
Mg. César Rivera Lynch

Anexo 5: Datos exportados del proceso de metrología

NÚMERO	CÓDIGO	ORDEN	AÑO	INGRESO	MES DE INICIO	DOCUMENTO DE INGRESO	CLIENTE	DESCRIPCION DEL EQUIPO	N°PART	MODELO	N° SERIE	...	SIN DEMOP	CON DEMOP	ORDENES DE TRABAJO
1	669	0001	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	CONTROL DE TEMPERATURA	DE20	S/M	35139BR	...	0	1	1
2	669	0002	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	XMTG608	S/M	PL188	...	0	1	1
3	669	0003	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-600A	S/NP	S/M	PL101	...	0	1	1
4	669	0004	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-600A	S/NP	S/M	PL102	...	0	1	1
5	669	0005	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-600A	S/NP	S/M	PL103	...	0	1	1
6	669	0006	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-600A	S/NP	S/M	PL104	...	0	1	1
7	669	0007	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-600A	S/NP	S/M	PL105	...	0	1	1
8	669	0008	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-600A	S/NP	S/M	PL106	...	0	1	1
9	669	0009	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-600A	S/NP	S/M	PL107	...	0	1	1
10	669	0010	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-600A	S/NP	S/M	PL108	...	0	1	1
11	669	0011	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-600A	S/NP	S/M	PL110	...	0	1	1
12	669	0012	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-3000A	S/NP	S/M	PL111	...	0	1	1
13	669	0013	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-3000A	S/NP	S/M	PL112	...	0	1	1
14	669	0014	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-1000A	S/NP	S/M	PL114	...	0	1	1
15	669	0015	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-1000A	S/NP	S/M	PL115	...	0	1	1
16	669	0016	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	VOLTIMETRO 0-25V	S/NP	S/M	PL116	...	0	1	1
17	669	0017	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	VOLTIMETRO 0-30V	S/NP	S/M	PL117	...	0	1	1
18	669	0018	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	VOLTIMETRO 0-30V	S/NP	S/M	PL118	...	0	1	1
19	669	0019	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	VOLTIMETRO 0-30V	S/NP	S/M	PL119	...	0	1	1
20	669	0020	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	VOLTIMETRO 0-30V	S/NP	S/M	PL121	...	0	1	1
21	669	0021	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 0-600A	S/NP	S/M	PL162	...	0	1	1
22	669	0022	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 3000A	S/NP	S/M	PL183	...	0	1	1
23	669	0023	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO 600A	S/NP	S/M	PL185	...	0	1	1
24	669	0024	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	AMPERIMETRO	S/NP	S/M	PL189	...	0	1	1
25	669	0025	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	VOLTIMETRO	S/NP	S/M	PL190	...	0	1	1
26	669	0026	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	INDICADOR DE TEMPERATURA	S/NP	S/M	35141BR	...	0	1	1
27	669	0027	2019	7/01/2019	Enero	N° 001-2019	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	REGISTRADOR DE TEMPERATURA	KRN60-2	S/M	6010205A	...	0	1	1
28	669	0028	2019	21/01/2019	Enero	VII N° 034295	AEROTRANSPORTE S.A.	TORQUIMETRO	TE250FU	TE250FU	13250	...	1	0	1
29	669	0029	2019	21/01/2019	Enero	VII N° 034295	AEROTRANSPORTE S.A.	TORQUIMETRO	TER352F	TE250FU	1660	...	1	0	1
30	669	0030	2019	21/01/2019	Enero	VII N° 034295	AEROTRANSPORTE S.A.	TORQUIMETRO	TQR600E	TQR600B	56429	...	1	0	1
31	669	0031	2019	21/01/2019	Enero	VII N° 034295	AEROTRANSPORTE S.A.	TORQUIMETRO	QDIR50	QDIR50	091008328	...	1	0	1
32	669	0032	2019	21/01/2019	Enero	VII N° 034295	AEROTRANSPORTE S.A.	TORQUIMETRO	QDIR50	QDIR50	121305566	...	1	0	1
33	669	0033	2019	21/01/2019	Enero	VII N° 034295	AEROTRANSPORTE S.A.	TORQUIMETRO	QJR3200	QJR3200C	058500309	...	1	0	1
...
...
...
1938	833	0286	2019	13/12/2019	Diciembre	N° 0100-2020	SERVICIO DE MANTENIMIENTO	AMPERIMETRO (0-600)	640-2	S/M	2988-6	...	0	1	1
1939	833	0287	2019	13/12/2019	Diciembre	N° 0100-2020	SERVICIO DE MANTENIMIENTO	WATIMETRO	S/NP	S/M	2630278	...	0	1	1
1940	833	0288	2019	13/12/2019	Diciembre	N° 0100-2020	SERVICIO DE MANTENIMIENTO	AMPERIMETRO (0-300)	640-5	S/M	2988-9	...	0	1	1
1941	833	0289	2019	13/12/2019	Diciembre	N° 0100-2020	SERVICIO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIMETRO	S/NP	S/M	2630180	...	0	1	1
1942	833	0290	2019	13/12/2019	Diciembre	N° 0100-2020	SERVICIO DE MANTENIMIENTO	VOLTIMETRO AC 125 VOLTIOS	640-3	0 - 125 VAC	2988-7	...	0	1	1

Anexo 6: Datos exportados del proceso de calibración

AÑO	INGRESO	MES DE INICIO	CLIENTE	DESCRIPCION DEL EQUIPO	MODELO	REPORTES
2019	7/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	289	Devarden en el puerto de trabajo
2019	7/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	289	Devarden en el puerto de trabajo
2019	7/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	289	Devarden en el puerto de trabajo
2019	21/01/2019	Enero	AEROTRANSPORTE S.A.	MULTIMETRO	TE250FU	
2019	21/01/2019	Enero	AEROTRANSPORTE S.A.	MULTIMETRO	TE250FU	
2019	21/01/2019	Enero	AEROTRANSPORTE S.A.	MULTIMETRO	TOR600B	
2019	21/01/2019	Enero	AEROTRANSPORTE S.A.	MULTIMETRO	QD1R50	
2019	21/01/2019	Enero	AEROTRANSPORTE S.A.	MULTIMETRO	QD1R50	
2019	21/01/2019	Enero	AEROTRANSPORTE S.A.	MULTIMETRO	QJR3200C	
2019	21/01/2019	Enero	AEROTRANSPORTE S.A.	MULTIMETRO	QJR3209C	
2019	21/01/2019	Enero	AEROTRANSPORTE S.A.	MULTIMETRO	QD2R1000	
2019	21/01/2019	Enero	AEROTRANSPORTE S.A.	MULTIMETRO	QD2R1000	
2019	31/01/2019	Enero	EBB PERU S.A.C.	MULTIMETRO	3132A	
2019	31/01/2019	Enero	EBB PERU S.A.C.	MULTIMETRO	KEW SNAP 2017	
2019	31/01/2019	Enero	SERVICIOS AEREOS DE LOS ANDES S.A.C.	MULTIMETRO	QD1R50	
2019	31/01/2019	Enero	SERVICIOS AEREOS DE LOS ANDES S.A.C.	MULTIMETRO	QD5R1000	
2019	31/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	TE-50-FUA	
2019	31/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	TQFR100B	
2019	31/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	TQFR100B	
2019	31/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	TQFR100B	
2019	31/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	IN-25	
2019	31/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	E-6	
2019	31/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	E-6	
2019	31/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	QJR284C	
2019	17/01/2019	Enero	GRUPO DE DEFENSA AEREA S.A.C.	MULTIMETRO	8482A	
2019	17/01/2019	Enero	GRUPO DE DEFENSA AEREA S.A.C.	MULTIMETRO	435B	
2019	29/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	289	
2019	29/01/2019	Enero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	289	
2019	31/01/2019	Enero	GRUPO AEREO S.A.	MULTIMETRO	CA-1550-CML	
2019	11/02/2019	Febrero	SERVICIOS AEREOS DE LOS ANDES S.A.C.	MULTIMETRO	115	
2019	11/02/2019	Febrero	SERVICIOS AEREOS DE LOS ANDES S.A.C.	MULTIMETRO	VD12	
2019	11/02/2019	Febrero	SERVICIOS AEREOS DE LOS ANDES S.A.C.	MULTIMETRO	VD12	
2019	11/02/2019	Febrero	SERVICIOS AEREOS DE LOS ANDES S.A.C.	MULTIMETRO	EEDM596D	
2019	11/02/2019	Febrero	A&S AVIATION PACIFIC S.A.C.	MULTIMETRO	289	
2019	6/02/2019	Febrero	SERVICIOS AEREOS DE LOS ANDES S.A.C.	MULTIMETRO	TT1000A	
2019	12/02/2019	Febrero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO FAP	MULTIMETRO	0-100 Amp.	
2019	12/02/2019	Febrero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	JY-96	
2019	12/02/2019	Febrero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	289	
2019	12/02/2019	Febrero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	MT-4W	
2019	12/02/2019	Febrero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	MG1000	
2019	12/02/2019	Febrero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	289	
2019	12/02/2019	Febrero	SERVICIO DE MANTENIMIENTO S.A.	MULTIMETRO	SF-96	
...
...
...
2019	5/12/2019	Diciembre	SERVICIO DE ELECTRONICA S.A.	MULTIMETRO	694	
2019	5/12/2019	Diciembre	SERVICIO DE ELECTRONICA S.A.	MULTIMETRO	4431	
2019	5/12/2019	Diciembre	SERVICIO DE ELECTRONICA S.A.	MULTIMETRO	6228B	
2019	5/12/2019	Diciembre	SERVICIO DE ELECTRONICA S.A.	MULTIMETRO	289	

Anexo 7: Criterio de demanda

MODELO	DEMANDA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
8808A	79	11%	11%
289	43	6%	18%
753	34	5%	23%
789	32	5%	27%
8845 A	30	4%	32%
PQ-BOX100	28	4%	35%
S/M	23	3%	39%
MEMOBOX300	15	2%	41%
MEDCAL S	13	2%	43%
3M	10	1%	44%
87V	10	1%	46%
289	9	1%	47%
45	8	1%	48%
179	5	1%	49%
8135	5	1%	50%
87V	5	1%	50%
PWX1500ML	5	1%	51%
0-50V	4	1%	52%
0-50V	4	1%	52%
4431	4	1%	53%
6228B	4	1%	53%
6264B	4	1%	54%
MEDCAL ST II	4	1%	55%
1503	3	0%	55%
0-2000 A	3	0%	56%
0-2500 A	3	0%	56%
0-300V	3	0%	56%
115	3	0%	57%
1507	3	0%	57%
36-FX-21-115	3	0%	58%
43	3	0%	58%
DL85-30	3	0%	59%
PR 522	3	0%	59%
QD1R50	3	0%	59%
TEH72-93301	3	0%	60%
TQFR100E	3	0%	60%
TT1000A	3	0%	61%
8MTF-708	3	0%	61%
115	2	0%	61%
179	2	0%	62%
...
...
...
PHK-88 Ser.2	1	0%	100%
PKT-1H	1	0%	100%
PMO-65M	1	0%	100%
SPH-CO-69	1	0%	100%
Total general	688	100%	100%

Anexo 8: Índice de demoras

MES DE APERTURA	MES DE COMPROMISO	MODELO	INGRESO	COMPROMISO	CIERRE	DÍAS PROGRAMADOS	DÍAS TRABAJADOS
Febrero	Febrero	0000A	7/02/2019	15/02/2019	17/02/2019	7	9
Marzo	Marzo	0000A	26/03/2019	29/03/2019	3/04/2019	4	7
Marzo	Marzo	0000A	26/03/2019	29/03/2019	5/04/2019	4	9
Marzo	Marzo	0000A	26/03/2019	29/03/2019	2/04/2019	4	6
Maya	Maya	0000A	20/05/2019	23/05/2019	3/05/2019	7	10
Junio	Junio	0000A	4/06/2019	7/06/2019	10/06/2019	4	5
Junio	Junio	0000A	4/06/2019	10/06/2019	17/06/2019	5	10
Junio	Junio	0000A	4/06/2019	10/06/2019	17/06/2019	5	10
Junio	Junio	0000A	17/06/2019	23/06/2019	1/07/2019	10	11
Junio	Junio	0000A	17/06/2019	23/06/2019	1/07/2019	10	11
Junio	Junio	0000A	17/06/2019	23/06/2019	1/07/2019	10	11
Junio	Junio	0000A	17/06/2019	23/06/2019	1/07/2019	10	11
Junio	Junio	0000A	17/06/2019	23/06/2019	1/07/2019	10	11
Junio	Junio	0000A	17/06/2019	23/06/2019	1/07/2019	10	11
Junio	Junio	0000A	17/06/2019	23/06/2019	1/07/2019	10	11
Junio	Junio	0000A	17/06/2019	23/06/2019	1/07/2019	10	11
Junio	Julio	0000A	24/06/2019	2/07/2019	5/07/2019	7	10
Julio	Julio	0000A	2/07/2019	3/07/2019	13/07/2019	5	13
Julio	Julio	0000A	2/07/2019	3/07/2019	13/07/2019	5	13
Agosto	Agosto	0000A	6/08/2019	9/08/2019	2/08/2019	4	12
Agosto	Agosto	0000A	6/08/2019	9/08/2019	2/08/2019	4	12
Agosto	Agosto	0000A	6/08/2019	9/08/2019	2/08/2019	4	12
Agosto	Agosto	0000A	19/08/2019	23/08/2019	23/08/2019	5	8
Agosto	Agosto	0000A	19/08/2019	23/08/2019	23/08/2019	5	8
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Agosto	Agosto	0000A	14/08/2019	16/08/2019	19/08/2019	3	4
Setiembro	Setiembro	0000A	20/09/2019	25/09/2019	2/10/2019	4	9
Setiembro	Setiembro	0000A	20/09/2019	25/09/2019	2/10/2019	4	9
Agosto	Agosto	0000A	13/08/2019	21/08/2019	23/08/2019	2	4
Agosto	Agosto	0000A	13/08/2019	21/08/2019	23/08/2019	2	4
Agosto	Agosto	0000A	13/08/2019	21/08/2019	23/08/2019	2	4
Agosto	Agosto	0000A	13/08/2019	21/08/2019	23/08/2019	2	4
Setiembro	Setiembro	0000A	10/09/2019	17/09/2019	20/09/2019	6	9
Octubre	Noviembre	0000A	30/10/2019	5/11/2019	7/11/2019	3	5
Octubre	Noviembre	0000A	30/10/2019	5/11/2019	7/11/2019	3	5
Octubre	Noviembre	0000A	30/10/2019	5/11/2019	7/11/2019	3	5
Octubre	Noviembre	0000A	30/10/2019	5/11/2019	7/11/2019	3	5

