



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

**GESTIÓN METROLÓGICA DE EQUIPOS PATRONES DEL LABORATORIO DE  
ELECTRICIDAD, TIEMPO Y FRECUENCIA DE LA EMPRESA J.LI  
METROLOGY S.A.C.**

**Línea de investigación:**

**Física nuclear y ambiental**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Licenciado en Física

**Autor:**

Bellón Arriola, José Ricardo

**Asesor:**

Tirado Rengifo, Arminda

(ORCID: 0000-0002-2582-7181)

**Jurado:**

Guzmán Calcina, Carmen Sandra

Lostanau Melgarejo, Marco Jacinto

Velesvilla Velezvíá, Twiggy Miosotty

LIMA – PERÚ

2022

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida, a mi familia por apoyarme en todos los momentos difíciles.

Gracias a mis profesores de la carrera, por enseñarme todo lo que sé y más que eso, guiarme para ser una mejor persona y profesional.

# ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Trayectoria del autor.....	2
1.2. Descripción de la Institución.....	3
1.3. Organigrama de la empresa.....	4
1.4. Áreas y Funciones desempeñadas .....	8
1.4.1. Área de Aseguramiento Metrológico.....	8
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA .....	12
2.1. Descripción de Procesos .....	13
2.2. Gestión Metrológica de los equipos patrones de los laboratorios de electricidad, tiempo y frecuencia.....	13
2.2.1. Calibraciones .....	14
2.2.1.1. Intervalos de calibración .....	18
2.2.3. Comprobaciones.....	36
2.2.4. Confirmación Metrológica .....	45
2.3. Aseguramiento de la validez de los resultados.....	47
2.4. Ensayo Intralaboratorio .....	52
2.4.1. Objetivo:.....	52
2.4.2. Prueba Anderson Darling (Por analista y en grupo).....	53
2.4.3. Evaluación de precisión (Igualdad de Varianzas): Prueba de Levene .....	54
2.4.4. Prueba de Igualdad de resultados: Prueba de Kruskal – Wallis.....	55
2.4.5. Evaluación de la Veracidad por Metrólogo: Prueba de Wilcoxon de 1 muestra. ....	56
2.4.6. Conclusión del intralaboratorio: .....	58
2.5. Ensayo Interlaboratorio .....	58
2.6. Seguimiento de las acreditaciones de la empresa bajo la norma ISO/IEC 17025.....	59
2.6.1. Programas de mantenimiento, calibración y verificación de equipos.....	59
2.7. Capacitación al personal técnico del laboratorio.....	60
2.8. Análisis de incertidumbre .....	60
2.9. Verificación de métodos normalizados.....	63
III. APORTES MAS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN .....	65
3.1. Implementar la ISO 10012 en los laboratorios de electricidad, tiempo y frecuencia .....	65

3.2. Lograr la acreditación en el 2018 ante INACAL, bajo la norma NTP-ISO/IEC 17025:201766	
3.3. Aumentar el alcance de la empresa J.Li Metrology S.A.C. ....	67
IV. CONCLUSIONES.....	69
V. RECOMENDACIONES .....	70
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
VII. ANEXOS.....	72

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. ....	4
<i>Estructura orgánica de la empresa J LI Metrology S.A.C</i> .....	4
Figura 2. ....	5
<i>Organigrama de la Empresa J.Li Metrology S.A.C. Líneas punteadas (DM)</i> .....	5
Figura 3. ....	6
<i>Presentación de la empresa J.Li Metrology S.A.C.</i> .....	6
Figura 4. ....	6
<i>Patrones de los laboratorios de J.Li Metrology S.A.C.</i> .....	6
Figura 5. ....	7
<i>Principales clientes a los cuales brindamos servicio de calibración a nivel nacional.</i> .....	7
Figura 6. ....	12
<i>Mapa de procesos de la empresa J.Li Representaciones EIRL.</i> .....	12
Figura 7. ....	15
<i>Calibrador multifunción FLUKE 5522A y Multímetro de 8 ½ dígitos FLUKE 8508A</i> .....	15
Figura 8. ....	16
<i>Multímetro digital de 6 ½ dígitos de precisión.</i> .....	16
Figura 9. ....	16
<i>Contador digital Tektronix MCA 3027.</i> .....	16
Figura 10. ....	17
<i>Receptor GPS Hewlett-Packard 58503A.</i> .....	17
Figura 11. ....	17
<i>Laboratorio de Electricidad de J.Li Metrology S.A.C.</i> .....	17
Figura 12. ....	18
<i>Laboratorio de Tiempo y Frecuencia de J.Li Metrology S.A.C.</i> .....	18
Figura 13. ....	36
<i>Criterio de aceptación para las comprobaciones intermedias.</i> .....	36
Figura 14. ....	43
<i>Tendencia de deriva del error del patrón de medición.</i> .....	43
Figura 15. ....	44
<i>Tendencia de deriva del error del patrón FLUKE 5522A.</i> .....	44
Figura 16. ....	46
<i>Diagrama de procesos de confirmación metrológica. (Proceso de confirmación metrológica dentro de una organización productiva, 2008.)</i> .....	46
Figura 17. ....	48
<i>Criterio de aceptación designado por el laboratorio de tiempo y frecuencia para el patrón de trabajo (Receptor GPS).</i> .....	48
Figura 18. ....	51
<i>Gráfica de control de la estabilidad base tiempo utilizando la Varianza de Allan.</i> .....	51
Figura 19. ....	51
<i>Criterio de aceptación para comprobaciones intermedias para el receptor GPS HP 58503A.</i> .....	51
Figura 20. ....	54
<i>Análisis de Prueba de normalidad de los 3 Metrólogos.</i> .....	54

Figura 21. ....55  
*Análisis de prueba de varianza de los 3 metrologos. ....55*  
Figura 22. ....58  
*Resultado de interlaboratorio entre J.Li Metrology S.A.C y HN proficiency Inc. ....58*  
Figura 23. ....63  
*Presupuesto de incertidumbre para registradores de tensión para el punto de 60 V. ....63*  
Figura 24. ....66  
*Tendencia de No conformidades concernientes al área técnica en procesos de auditorias ...66*  
Figura 25. ....68  
*Aumento de servicios de calibración después aumentar el alcance de acreditación. ....68*

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> .....	21
Comparación de métodos que revisan los intervalos de calibración. (Lineamientos para la determinación de intervalos de calibración de los instrumentos de medición, 2007) .....	21
<b>Tabla 2.</b> .....	22
Cálculo de la deriva en tensión continua para el calibrador multifunción FLUKE 5522A. ....	22
<b>Tabla 3.</b> .....	23
Cálculo de deriva en tensión alterna para el calibrador multifunción FLUKE 5522A.....	23
<b>Corriente Continua</b> .....	24
<b>Tabla 4.</b> .....	24
Cálculo de deriva en corriente continua para el calibrador multifunción FLUKE 5522A. ....	24
<b>Tabla 5.</b> .....	25
Cálculo de deriva en corriente alterna para el calibrador multifunción FLUKE 5522A .....	25
<b>Tabla 6.</b> .....	27
Cálculo de deriva en resistencia para el calibrador multifunción FLUKE 5522A .....	27
<b>Tabla 6.</b> .....	28
Intervalo de calibración para cada magnitud. ....	28
<b>Tabla 7.</b> .....	28
El intervalo de calibración indica cada cuanto tiempo se calibrará el equipo, mientras el periodo de vigencia el tiempo de comprobación intermedia. ....	28
<b>Tabla 8.</b> .....	29
Verificación del calibrador multifunción con respecto a sus especificaciones en tensión continua.....	29
<b>Tabla 9.</b> .....	30
Verificación del calibrador multifunción con respecto a sus especificaciones en tensión alterna.....	30
<b>Tabla 10.</b> .....	31
Verificación del calibrador multifunción con respecto a sus especificaciones en corriente continua.....	31
<b>Tabla 11.</b> .....	33
Verificación del calibrador multifunción con respecto a sus especificaciones en corriente alterna.....	33
<b>Tabla 12.</b> .....	34
Verificación del calibrador multifunción con respecto a sus especificaciones en resistencia. ....	34
<b>Tabla 13.</b> .....	37
Comprobaciones intermedias para tensión continua.....	37
<b>Tabla 14.</b> .....	38
Comprobaciones intermedias para tensión alterna. ....	38
<b>Tabla 15.</b> .....	39
Comprobaciones intermedias para corriente continua.....	39
<b>Tabla 16.</b> .....	40
Comprobaciones intermedias para corriente alterna.....	40
<b>Tabla 17.</b> .....	41
Comprobaciones intermedias para resistencia. ....	41
<b>Tabla 18.</b> .....	43

Deriva instrumental en Tensión continua. ....	43
<b>Tabla 19.</b> .....	44
Deriva instrumental en corriente continua. ....	44
<b>Tabla 20.</b> .....	48
Especificaciones del patrón de trabajo y patrón de referencia en la magnitud de tiempo y frecuencia. ....	48
<b>Tabla 21.</b> .....	49
Comprobación intermedia del receptor HP 58503A, analizado la base tiempo de 10 MHz ...	49
<b>Tabla 22.</b> .....	52
Criterio de aceptación de comprobación intermedia con respecto a la deriva instrumental de receptor HP 58503A. ....	52
<b>Tabla 23.</b> .....	53
Mediciones de los metrólogos para analizar su varianza.....	53
<b>Tabla 24.</b> .....	56
Valor de las medianas de los 3 metrólogos.....	56
<b>Tabla 25.</b> .....	56
Análisis de variación de medianas, mediante el criterio del p-valor. ....	56
<b>Tabla 26.</b> .....	57
Valor de las medianas de los metrólogos del laboratorio de electricidad - pinzas amperimétricas.....	57
<b>Tabla 27.</b> .....	57
Análisis de la mediana con respecto al valor de referencia, mediante el criterio del p-valor..	57
<b>Tabla 28.</b> .....	64
Verificación de características metrológicas del procedimiento para la calibración de multímetros digitales. (INACAL, 2016).....	64



## RESUMEN

El presente informe, tuvo como propósito desarrollar la gestión metrológica de los equipos patrones de los laboratorios de electricidad, tiempo y frecuencia de la empresa J.Li Metrology S.A.C., basándose en el cumplimiento de la norma NTP-ISO 17025:2017. Se aplicó el proceso de confirmación metrológica a los calibradores multifunción, contadores de frecuencia y Receptores GPS. Se analizó la competencia técnica del personal de los laboratorios aplicando técnicas estadísticas para distribuciones paramétricas y no paramétricas. Se tomó como referencia la NTP-ISO 10012: 2003 “Sistema de gestión de las mediciones”. Se utilizó patrones de referencia para realizar el aseguramiento de las mediciones, los cuales tienen trazabilidad al sistema internacional de medida. Los resultados evidencian que los patrones cumplen con los criterios de aceptación declarados por el laboratorio, además que las comparaciones estadísticas entre las mediciones del personal técnico, los cuales demuestran que existe compatibilidad entre sus resultados. Por lo tanto, se concluye que la gestión metrológica de los equipos de los laboratorios de electricidad, tiempo y frecuencia, generó mayor confiabilidad de los resultados de medición entregados en los servicios de calibración. Con este aseguramiento metrológico, nuestros clientes de diferentes sectores industriales pueden realizar mediciones con mayor exactitud y confianza en sus procesos. Con esto ayudamos al desarrollo económico del país.

*Palabras claves:* gestión, metrológica, aseguramiento, calibración, medición.

## **ABSTRACT**

The purpose of this report was to develop the metrological management of the standard equipment of the electricity, time and frequency laboratories of the company J.Li Metrology S.A.C. based on compliance with the NTP-ISO 17025: 2017 standard. Applied to multifunction calibrators, frequency counters and GPS receivers. The technical competence of the laboratory personnel was analyzed by applying statistical techniques. The NTP-ISO 10012: 2003 "Measurement management system" was taken as a reference. Reference standards were used to enhance the assurance of measurements, which are traceable to the international measurement system. The results show that the patterns meet the acceptance criteria declared by the laboratory, in addition to the statistical comparisons between the measurements of the technical personnel, which show that there is compatibility between their results. Therefore, it is concluded that the metrological management of the electricity, time and frequency laboratory equipment generated greater reliability of the measurement results delivered in the calibration services. With this, our clients from different industrial sectors can carry out processes with greater accuracy and confidence. With this we help the economic development of the country.

*Key words:* Management, metrology, assurance, calibration, measurement.

## I. INTRODUCCIÓN

El papel de la metrología se hace relevante cuando el proceso de medición es vital como apoyo de las actividades orientadas al sector eléctrico, minero, industrial, salud, etc. Para lograr esto se tiene que controlar los procesos de medición en donde intervienen los patrones de medición realizando la gestión metrológica.

El propósito de realizar la gestión metrológica en los equipos de alta exactitud (Patrones), es reducir al máximo el riesgo de que los equipos patrones produzcan resultados fuera de tolerancia y cuidar que se encuentren dentro de límites aceptables, con el fin de entregar resultados confiables en el servicio de calibración a los diferentes procesos industriales del país.

Las revisiones periódicas del buen funcionamiento de los equipos se basan en análisis estadísticos, que ayudan a encontrar tendencias de comportamiento de los patrones de medición, esto beneficia al especialista a tomar decisiones a tiempo y ahorrar dinero a la empresa.

Las verificaciones internas como por ejemplo las comprobaciones intermedias se realizan para asegurar que los patrones de medición continúan midiendo bien y funcionan correctamente. El uso de un patrón de referencia para la verificación periódica no es de ninguna manera sustituto de la calibración y confirmaciones regulares del instrumento.

Para poder realizar estas pruebas de aseguramiento, se debe verificar si los patrones de referencia cuentan con características metrológicas mejores que los patrones de trabajo a

verificar como, por ejemplo: Exactitud, estabilidad, alcance de medición, resolución, incertidumbre, precisión, etc.

Se optó por esta modalidad, porque creo que es importante aplicar los conocimientos de pre grado en la experiencia profesional, con el fin de mejorar en el ámbito laboral y dar un mejor soporte a las funciones desempeñadas en un trabajo.

La información detallada en este trabajo en su modalidad de suficiencia profesional, sirva de ayuda a próximos profesionales que se desempeñen en el área de metrología.

### **1.1. Trayectoria del autor**

Obtuve el Grado de Bachiller de Físico el 06 de junio del 2018, en esta fecha me desempeñaba como responsable del laboratorio de Electricidad, puesto que desempeñé desde enero del 2017 hasta febrero del 2018. Luego lleve cursos de especialización en diferentes instituciones Nacionales de Metrología como: INACAL (Perú), INEN (Ecuador), CENAM(México) y certificadoras en Metrología Avanzada – Partner Certification (Colombia), además de una Especialización en Gestión de la Calidad en laboratorios de ensayo ISO/IEC 17025:2017 en la Pontificia Universidad Católica del Perú, lo que me ayudo a mejorar mis conocimientos en el área y por consiguiente lograr un Ascenso a jefe de Aseguramiento Metrológico de los laboratorios de la empresa J.Li Metrology S.A.C., en mayo del 2018 hasta la actualidad. La Empresa J.Li Metrology S.A.C. es un laboratorio de metrología que brinda servicios de calibración al sector Eléctrico, Telecomunicaciones, Salud, Minero, Aeronáutico, etc.

A partir de marzo del 2018 hasta la actualidad, empecé a implementar y mantener el aseguramiento metrológico del laboratorio de electricidad, logrando la acreditación ante INACAL para multímetros digitales el 12 de diciembre del 2018, pinzas amperimétricas el 02 de febrero del 2019 y aumento del alcance de acreditación el 22 de febrero del 2022,

convirtiendo al laboratorio con el mayor alcance de servicios acreditados en la magnitud eléctrica.

## **1.2.Descripción de la Institución**

J.Li Metrology S.A.C es una empresa especializada en la metrología. Cuenta con profesionales del más alto nivel, con amplia experiencia en el rubro aeronáutico, telecomunicaciones, metrología, entre otras industrias afines. Brinda servicios de calibración, asesoría, instalación, reparación y mantenimiento de herramientas, instrumentos de medición y equipos de pruebas a más de 340 clientes a nivel nacional.

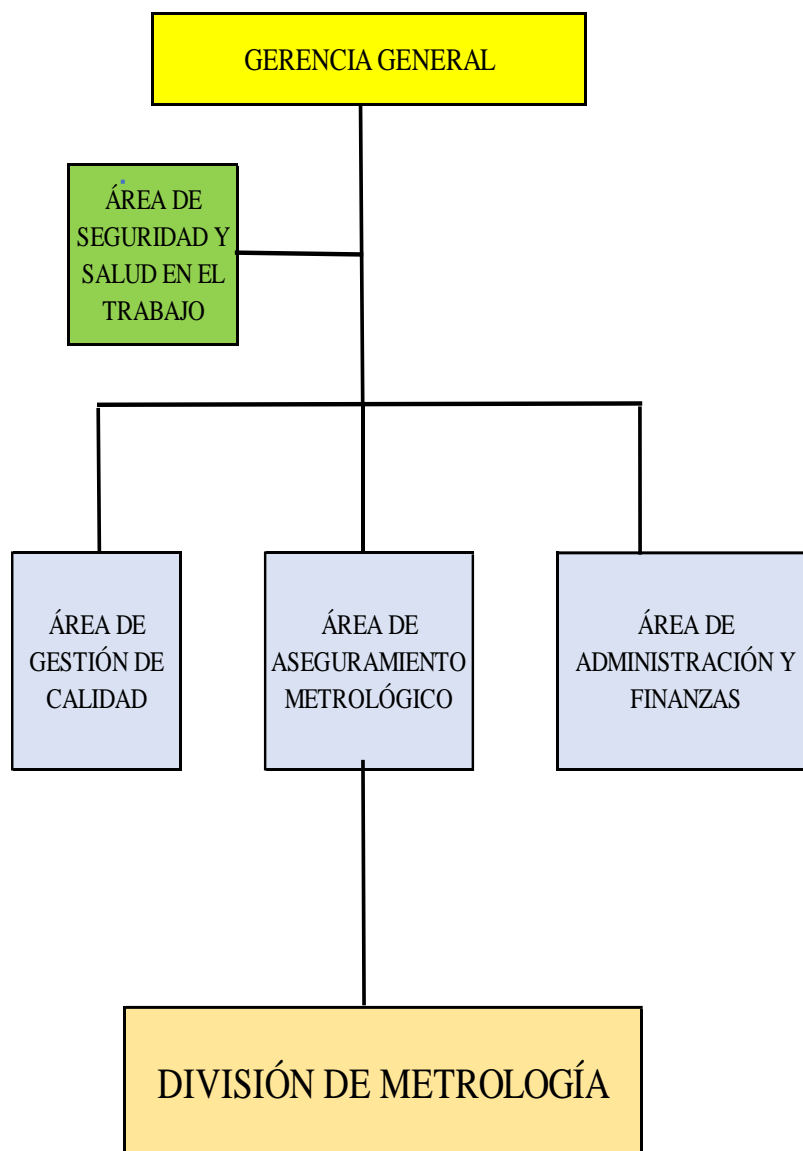
Nuestros laboratorios de calibración están acreditados por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) bajo la norma NTP ISO/IEC 17025:2017; en multímetros digitales, pinzas amperimétricas, registradores de tensión y tacómetros ópticos, con registro N° LC-028 y aprobados por el organismo supervisor de inversión en energía y minería (OSINERGMIN) para la calibración de registradores de tensión eléctrica y corriente, de todos los modelos y marcas bajo el oficio N°2 -2018 – OS-DSE.

Obtener mediciones exactas y confiables, es un requisito fundamental para toda empresa que desee estar entre las más competitivas, puesto que “lo que no se mide no se mejora”. A partir de las mediciones se asegura la calidad de los bienes o servicios que se comercializan, generando gran relevancia al momento de tomar decisiones al interior de las organizaciones, por tal motivo en J.Li Metrology S.A.C. cuenta con los mejores patrones de medición con trazabilidad a INACAL, NIST, FLUKE entre otros.

### 1.3. Organigrama de la empresa

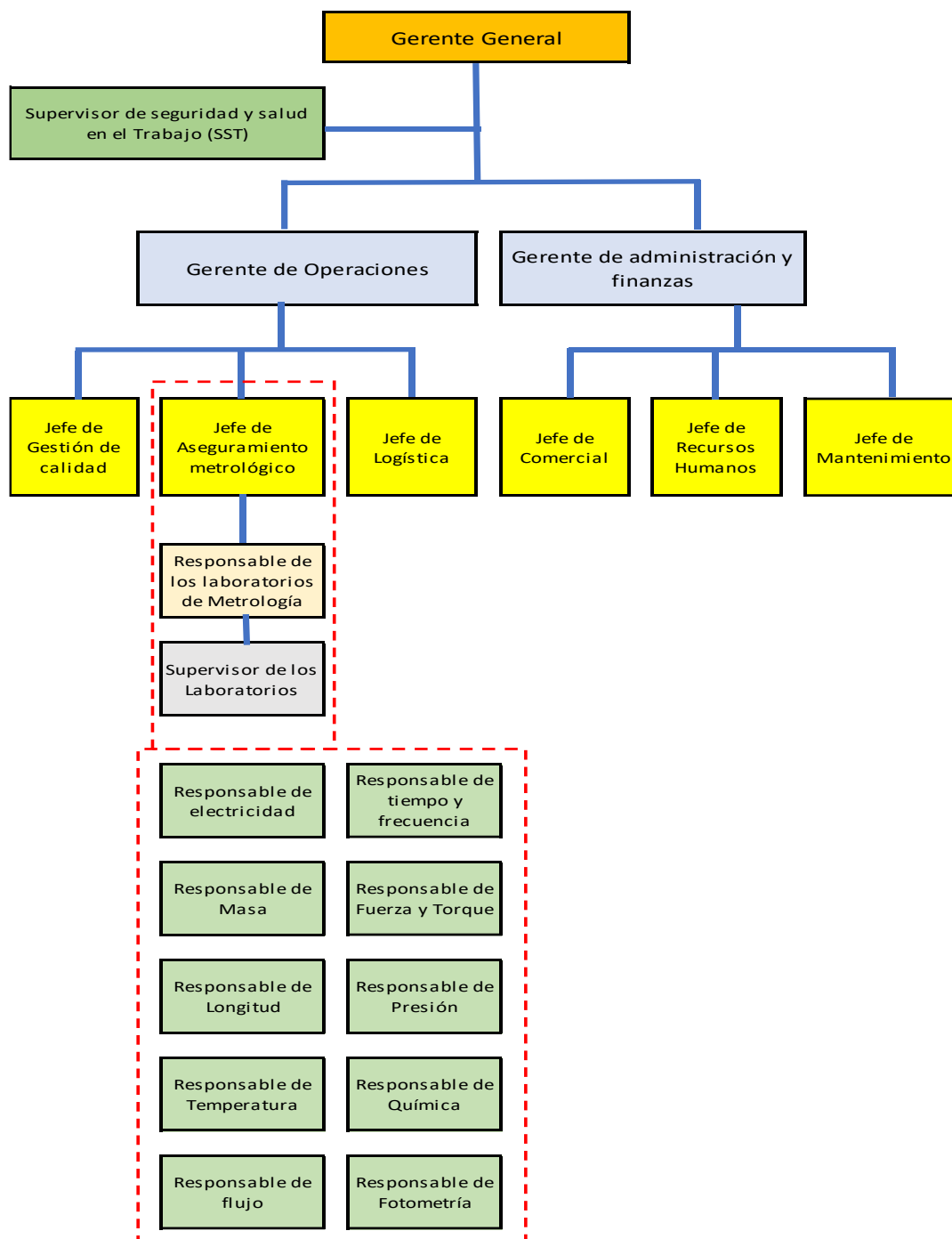
**Figura 1.**

*Estructura orgánica de la empresa J LI Metrology S.A.C*



**Figura 2.**

*Organigrama de la Empresa J.Li Metrology S.A.C. Líneas punteadas (DM).*



### Figura 3.

*Presentación de la empresa J.Li Metrology S.A.C.*



### Figura 4.

*Patrones de los laboratorios de J.Li Metrology S.A.C.*





**Figura 5.**

*Principales clientes a los cuales brindamos servicio de calibración a nivel nacional.*



## **1.4.Áreas y Funciones desempeñadas**

### **1.4.1. Área de Aseguramiento Metrológico.**

Las funciones principales desempeñadas por el jefe de aseguramiento Metrológica son las siguientes:

- ✓ Realizar la gestión metrológica de los laboratorios de metrología de la empresa J.Li Metrology S.A.C.
- ✓ Implementación y mantenimiento del aseguramiento de la validez de los resultados de las magnitudes acreditadas: Multímetros digitales, pinzas amperimétricas, registradores de tensión y tacómetros ópticos.
- ✓ Participar y supervisar los ensayos Interlaboratorios de las magnitudes acreditadas.
- ✓ Verificación o validación de los métodos internos y externos que utiliza el laboratorio para realizar las calibraciones.
- ✓ Participar en los procesos de acreditación por INACAL u otra institución.

Otras funciones:

- ✓ Velar por el cumplimiento de las políticas y objetivos de la empresa.
- ✓ Es responsable de dirigir y controlar las operaciones técnicas realizadas en el laboratorio.
- ✓ Supervisar el cumplimiento del programa anual de mantenimiento y calibración de los equipos patrones.
- ✓ Revisar los certificados de calibración emitidos a los clientes hasta por un periodo de tres meses.
- ✓ Participar en la resolución de cualquier queja presentada a su área y dar rápida respuesta de solución al área de Aseguramiento de la Calidad.

- ✓ Identificar las necesidades de capacitación dentro de su área y coordinar su programación con el área de Recursos Humanos.
- ✓ Velar y preservar la confidencialidad de la información resultante de los servicios de calibración.
- ✓ Asegurar la participación del personal en las pruebas de Interlaboratorio de calibración.
- ✓ Desarrollar el programa anual de intercomparación de laboratorio y supervisar su cumplimiento.
- ✓ Participar en la implementación, el mantenimiento y la mejora continua del Sistema de Gestión de la Calidad.
- ✓ Participar en la política y objetivos de calidad de la empresa, a través del cumplimiento de los procedimientos del sistema de gestión de la calidad relacionados a su área.
- ✓ Identificar todo trabajo o salida de equipo no conforme, según los requisitos estipulados por la empresa y remitirlo al área de Aseguramiento de la Calidad.
- ✓ Participar en el desarrollo de las Solicitudes de Acciones Correctivas (SAC) relacionadas a su área, en coordinación con el área de Aseguramiento de la Calidad.
- ✓ Identificar los riesgos asociados a su área y recibir las notificaciones de riesgos identificados del personal a su cargo, para ser remitidos al área de Aseguramiento de la Calidad.
- ✓ Identificar trabajos o salidas de equipo no conformes, según los requisitos estipulados por el sistema de gestión de la calidad de la empresa, y remitirlo al área de Aseguramiento de la Calidad.
- ✓ Informar a la gerencia acerca del desempeño del sistema de gestión y de cualquier necesidad de mejora.
- ✓ Identificar las desviaciones del sistema de gestión o de los procedimientos para realizar las actividades del laboratorio.

- ✓ Iniciar acciones para prevenir o minimizar desviaciones identificadas en el Sistema de Gestión.
- ✓ Asegurar la eficacia de las actividades del sistema de gestión.

El área de metrología se encarga del cumplimiento de los procesos de calibración en las diferentes magnitudes, mientras que el área de aseguramiento metrológico les da base técnica a dichos procesos.

Como se observa en el organigrama de estructura orgánica (Figura 1), el área de aseguramiento metrológico se encuentra fuera de la división de metrología, pero basándonos en lo que indica la norma NTP-ISO/IEC 17025:2017 hay varios puntos que se deben cumplir en el área de metrología (laboratorios de calibración), por lo tanto, el área de aseguramiento metrológico no es ajeno al área de metrología.

Utilizando los conocimientos adquiridos en la etapa de pregrado, las funciones más relevantes que se realizaron hasta la actualidad son las siguientes:

Responsable de realizar la Gestión Metrológica de los patrones de trabajo y de referencia de los diferentes laboratorios de calibración de la empresa J.Li Metrology S.A.C. La elaboración de la gestión metrológica de las necesidades del laboratorio para lograr la acreditación ante INACAL para las magnitudes de Electricidad, tiempo y frecuencia (Ver Anexo 1). En este punto se adecuó a las exigencias de la empresa para la puesta en operatividad, mantenimiento y conocimiento de las especificaciones técnicas de los medios de medición. Además, de los procesos de compras del equipamiento a utilizar cumpliendo requisitos específicos.

Responsable del Mantenimiento del aseguramiento metrológico de los laboratorios del área de metrología tomando como base la NTP-ISO/IEC 17025: 2017, ISO 10012:2003, ISO 5725-2:2019: (Exactitud, veracidad y precisión de los métodos y resultados de medición - Parte 2: Método básico para la determinación de la repetibilidad y reproducibilidad de un método de

medición estándar) e ISO/IEC 17043 (Evaluación de la conformidad -Requisitos generales para los ensayos de aptitud).

Mantener la acreditación ante INACAL en los procedimientos de calibración de multímetros digitales y pinzas amperimétricas en el 2019.

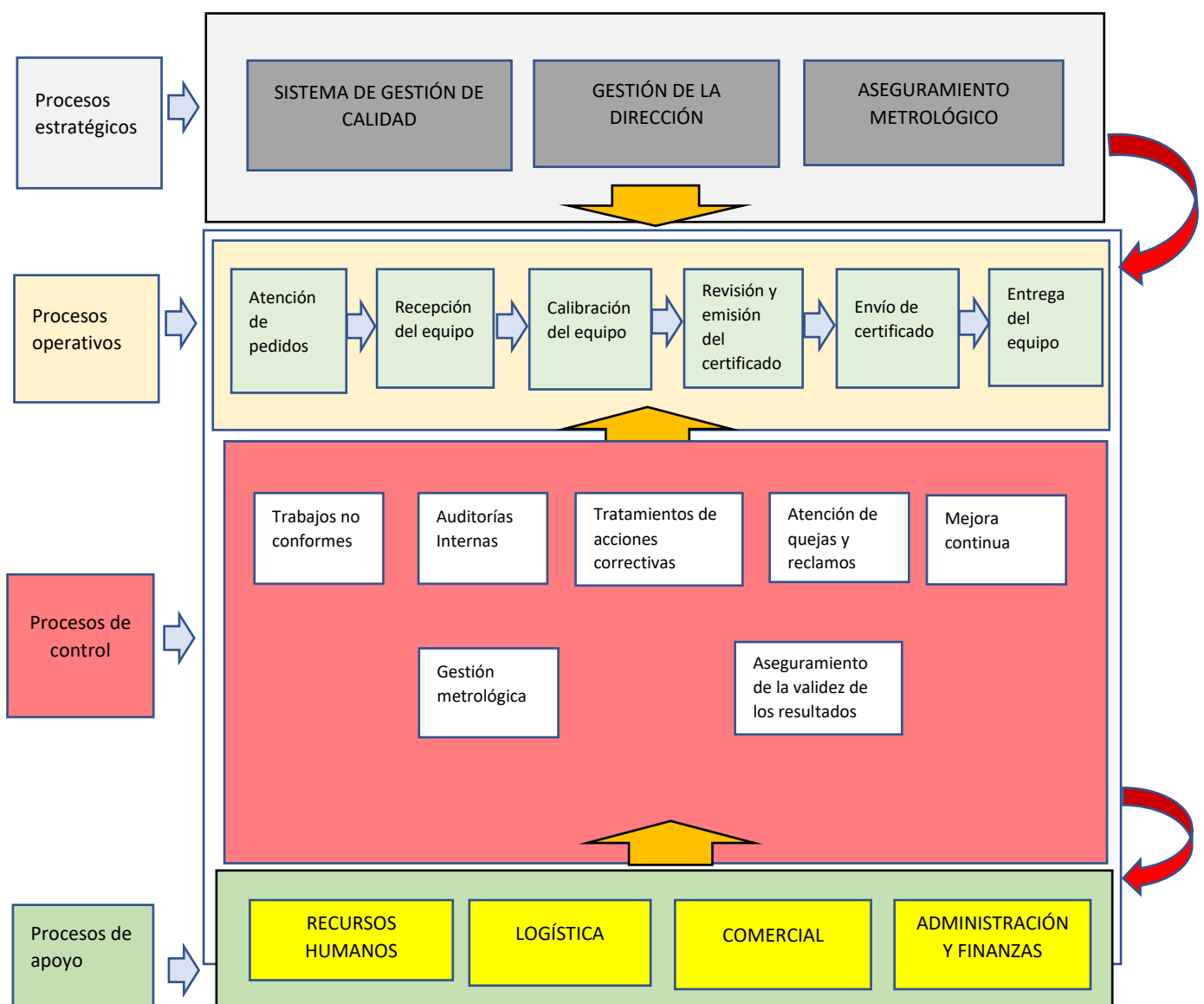
Aumentar el alcance de acreditación de la empresa J.Li Metrology S.A.C. con el fin de mejorar la lista de capacidades y así brindar mayor alcance de servicios de calibración.

## II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

A continuación, se muestra el mapa de procesos de la empresa J.Li Metrology S.A.C:

**Figura 6.**

*Mapa de procesos de la empresa J.Li Representaciones EIRL.*



## 2.1.Descripción de Procesos

**Proceso Estratégico:** Son los procesos destinados a definir y controlar las metas de la organización. Suelen ser a largo plazo.

**Proceso Operacional:** Son procesos que permiten generar el servicio de calibración que se entrega al cliente, por lo que inciden directamente en la satisfacción del cliente. Son procesos en línea.

**Proceso de Apoyo:** Son procesos que abarcan las actividades necesarias para el funcionamiento de los procesos operacionales.

Dentro del proceso estratégico se encuentra el área de aseguramiento metrológico, el cual tiene las siguientes actividades específicas.

## 2.2.Gestión Metrológica de los equipos patrones de los laboratorios de electricidad, tiempo y frecuencia.

Dentro de las labores diarias, semanales y mensuales que se realizan en el laboratorio de electricidad, tiempo y frecuencia, la mayor actividad era realizar la confirmación metrológica de los patrones de trabajo y de referencia, con el fin de garantizar que dichos equipos se encuentran dentro de sus especificaciones o tolerancias que el laboratorio haya decidido cumplir, y poder trabajar con toda la confianza de que los equipos de medición cumplen con los requisitos para su uso previsto. Entendiendo como verificación a la satisfacción de requisitos especificados que pueden ser del fabricante, normativo o por tolerancias de un proceso específico. (Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados, 2012)

La secuencia que se realiza en la confirmación metrológica de los patrones de trabajo. Patrones de referencia e instrumentos auxiliares es la siguiente:

- ✓ Calibraciones.
- ✓ Verificaciones.
- ✓ Comprobaciones.
- ✓ Confirmación

Luego se tomarán decisiones, cualquier equipo que no se encuentre conforme con las especificaciones establecidas, es necesario actuar sobre sus características por medio de algún ajuste, reparación o mantenimiento. (Proceso de confirmación metrológica dentro de una organización productiva, 2008)

### **2.2.1. Calibraciones**

Se realiza anualmente el programa de calibración de equipos del laboratorio, con el fin de asegurar la trazabilidad de las mediciones, cumpliendo así el punto 6.5 de la norma ISO/IEC 17025: 2017 y la directriz de INACAL: DA-acr-09D “Directriz de trazabilidad”.

Por otro lado, se realiza una evaluación de los proveedores que brindan el servicio de calibración, con el fin de conocer la mejor capacidad de medición y obtener una incertidumbre de medición lo más pequeña posible.

No es recomendable enviar a calibrar los patrones a centros de servicio (fabricantes), los proveedores deberán estar acreditados en el equipo específicamente y cumplir con la ISO/IEC 17025:2017 y por consiguiente tener trazabilidad al sistema internacional de unidades.

El propósito de las calibraciones periódicas es:

- ✓ Mejorar la estimación de la desviación entre el valor de referencia y el valor obtenido utilizando un instrumento de medición, y la incertidumbre de su desviación, en el momento mismo que se utilice.
- ✓ Confirmar la incertidumbre que se puede lograr con un instrumento de medición; y



- ✓ Confirmar si ha habido o no alguna alteración en el instrumento de medición que pudiera introducir alguna duda en los resultados emitidos en el periodo transcurrido.

Al iniciar cada año se actualiza el programa de mantenimiento y calibración de los equipos.

Los equipos patrones con los que contamos en el laboratorio de electricidad, tiempo y frecuencia son los siguientes:

- ✓ Calibrador multifunción FLUKE 5522A.
- ✓ Multímetro Digital FLUKE 8508A.
- ✓ Multímetro Digital FLUKE 8846A.
- ✓ Termohigrómetro Digital FLUKE 1620A.
- ✓ Receptor GPS Hewlett-Packard 58503A.
- ✓ Contador digital Tektronix MCA 3027.

### Figura 7.

*Calibrador multifunción FLUKE 5522A y Multímetro de 8 ½ dígitos FLUKE 8508A*



**Figura 8.**

*Multímetro digital de 6 ½ dígitos de precisión.*

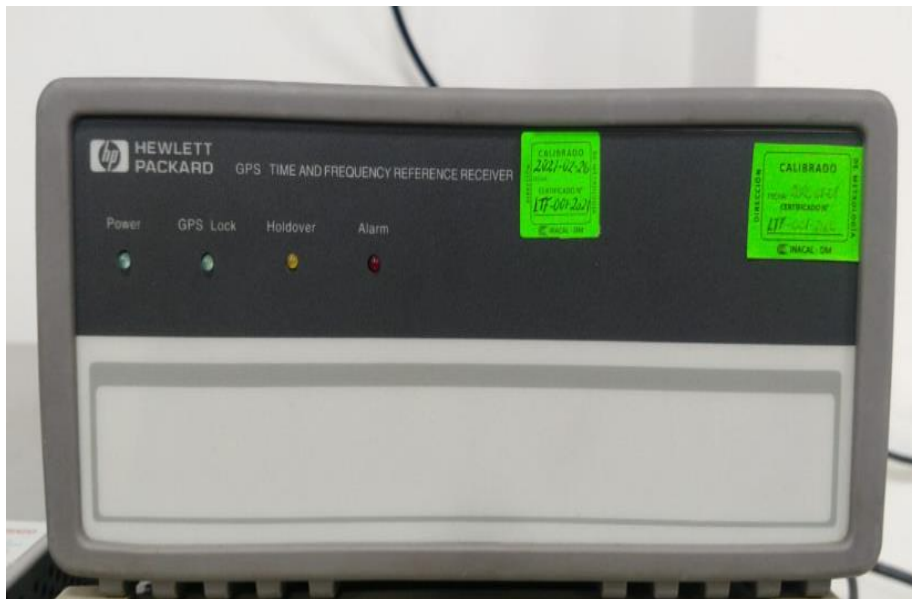
**Figura 9.**

*Contador digital Tektronix MCA 3027.*



**Figura 10.**

*Receptor GPS Hewlett-Packard 58503A.*



**Figura 11.**

*Laboratorio de Electricidad de J.Li Metrology S.A.C.*



**Figura 12.**

*Laboratorio de Tiempo y Frecuencia de J.Li Metrology S.A.C.*



### ***2.2.1.1. Intervalos de calibración***

Una de las funciones que realizo es determinar los intervalos de calibración de los equipos patrones del laboratorio de electricidad, tiempo y frecuencia.

Un aspecto importante para mantener la capacidad del laboratorio de producir resultados de medición trazables y fiables, es la determinación del plazo máximo que se debería permitir entre calibraciones sucesivas (recalibraciones) de la referencia o patrón de trabajo y de los instrumentos de medición utilizados. Diversas normas internacionales toman en cuenta este aspecto, por ejemplo:

La NTP-ISO/IEC 17025:2017 contiene el siguiente requisito:

Según el estándar 6.4.7. El laboratorio debe establecer un programa de calibración, el cual se debe revisar y ajustar según sea necesario, para mantener la confianza en el estado de la calibración.

Según el estándar 6.4.8. Todos los equipos que requieran calibración o que tengan un periodo de validez definido se deben etiquetar, codificar o identificar de otra manera para

permitir que el usuario de los equipos identifique fácilmente el estado de la calibración o el periodo de validez.

La ISO/IEC 10012 contiene el siguiente requisito:

Según el estándar 7.1.2. Los Procedimientos usados para determinar o modificar los tiempos entre las confirmaciones metrológicas deben ser evidenciados en documentos controlados. Estos intervalos deben ser revisados y ajustados, cuando se observe una desviación en las mediciones, con esto se asegura la conformidad de los requisitos metrológicos. Las entidades de acreditación como INACAL pueden establecer requerimientos específicos adicionales. (ISO 10012:2003, Sistemas de gestión de las mediciones ).

Una de las decisiones más significativas en relación a la calibración es “¿Cuándo realizarla?” y “¿Con qué frecuencia realizarla?”. Un gran número de factores influyen en el intervalo de tiempo que debería ser permitido entre calibraciones y se deberían tener en cuenta por el laboratorio. Los factores más importantes son:

- ✓ Incertidumbre de la medición requerida o declarada por el laboratorio;
- ✓ El riesgo que un equipo de medición exceda los límites máximos permitidos de error al utilizarlo;
- ✓ Costo de las medidas de corrección cuando se encuentra que un instrumento no era adecuado por un periodo largo de tiempo;
- ✓ Tipo de instrumento;
- ✓ Tendencia al desgaste y a la deriva;
- ✓ Recomendación del fabricante;
- ✓ Extensión y severidad del uso;
- ✓ Condiciones ambientales (condiciones climáticas, vibraciones, radiaciones iónicas, etc.);
- ✓ Datos de tendencias obtenidos de los registros de calibraciones previas;

- ✓ Historial de mantenimiento y servicio; frecuencia de verificación cruzada contra otros patrones de referencia o dispositivos de medición;
- ✓ Frecuencia y calidad de las verificaciones intermedia;
- ✓ Arreglos de transporte y riesgo;
- ✓ Grado de capacitación del personal de servicio.

Existen diversos métodos de evaluación de los intervalos de calibración, entre algunos tenemos:

- ✓ Ajuste automático o escalera. (Tiempo calendario).
- ✓ Gráfico de control (Tiempo – calendario).
- ✓ Tiempo en uso.
- ✓ Controles en servicio, o ensayo de “caja negra”.
- ✓ Otros enfoques estadísticos.

Para el desarrollo del análisis de deriva de los patrones de medición, se utilizó el método de gráfico de control, con el fin de hacer seguimiento en el tiempo.

Este criterio se tomó por la eficacia que tiene este método para nuestra realidad en el laboratorio.

**Tabla 1.**

*Comparación de métodos que revisan los intervalos de calibración. (Lineamientos para la determinación de intervalos de calibración de los instrumentos de medición, 2007)*

	<b>Método 1</b> "escalera"	<b>Método 2</b> Gráficos de control	<b>Método 3</b> Tiempo "en uso"	<b>Método 4</b> "caja negra"	<b>Método 5</b> <sup>1</sup> Otros enfoques estadísticos
<b>Confiabilidad</b>	medio	alto	medio	alto	medio
<b>Esfuerzo de aplicación</b>	bajo	alto	medio	bajo	alto
<b>Carga de trabajo equilibrada</b>	medio	medio	malo	medio	malo
<b>Aplicabilidad con respecto a ítems particulares</b>	medio	bajo	alto	alto	bajo
<b>Disponibilidad de los instrumentos</b>	medio	medio	medio	alto	medio

El método de utilizó el laboratorio de electricidad, tiempo y frecuencia es el de Gráfico de control "Tiempo – calendario".

A continuación, se muestra los intervalos de calibración de los patrones de trabajo.

**Tabla 2.**

*Cálculo de la deriva en tensión continua para el calibrador multifunción FLUKE 5522A.*

Rango (Voltaje, V)	Salida (Voltaje, V)	Año	Deriva (Voltaje, V/Año)	Periodo de calibración (Años)	de Periodo de Vigencia (Años)
0,33	0,32900	2021	1,3333E-06	1,7	1,2
	-0,3290	2021	0,002	1,2	0,7
	0,00000	2021	6,66667E-07	1,1	0,8
3,3	1,00000	2021	6,66667E-07	4,5	4,5
	-1,0000	2021	2,66667E-07	11,3	8,6
	3,29000	2021	2E-06	5,3	5,0
	-3,2900	2021	4E-06	2,6	2,5
	0,00000	2021	3,33333E-06	1,5	0,8
	10,0000	2021	3,33333E-05	1,2	0,8
33	-10,0000	2021	1,66667E-05	2,7	2,0
	32,9000	2021	1,33333E-05	5,1	5,1
	-32,9000	2021	2E-05	4,1	3,1
	50,0000	2021	0,0002	1,6	1,4
330	329,0000	2021	0,0018	1,2	0,4
	-50,0000	2021	6,66667E-06	48,8	48,0
	-329,0000	2021	0,00106	1,6	1,3
	334,000	2021	0,000666667	3,4	2,6
	900,000	2021	0,004666667	1,0	0,5
1000	950,000	2021	0,004666667	1,1	0,4
	-334,000	2021	0,0006	3,8	3,0
	-900,000	2021	0,002	2,7	2,2
	-950,000	2021	0,002	2,7	1,9



## Tensión Alterna

**Tabla 3.**

*Cálculo de deriva en tensión alterna para el calibrador multifunción FLUKE 5522A*

Rango (Voltaje, V)	Salida (Voltaje, V)		Año	Deriva (Voltaje, V/Año)	Periodo de calibración (Años)	Periodo de Vigencia (Años)
0,033	0,00300	45 Hz	2021	3,3333E-06	1,0	0,7
	0,00300	1 kHz	2021	1,1333E-06	1,3	0,6
	0,03000	45 Hz	2021	0,00006	1,8	1,8
	0,03000	1 kHz	2021	5,9333E-06	1,1	0,7
0,33	0,03300	45 Hz	2021	1,3333E-06	3,3	2,6
	0,03300	1 kHz	2021	0,00002	1,2	0,4
	0,30000	60 Hz	2021	3,3333E-05	1,1	0,7
	0,30000	330 Hz	2021	0,0001	2,3	2,0
3,3	0,330000	60 Hz	2021	1E-05	5,0	4,5
	0,330000	1 kHz	2021	3E-05	1,0	0,8
	3,000000	60 Hz	2021	7,33333E-05	3,5	3,3
	3,000000	1 kHz	2021	0,000133333	1,7	1,6
33	3,30000	60 Hz	2021	0,00036	1,6	1,0
	3,30000	1 kHz	2021	9,33333E-05	3,2	1,9
	30,00000	60 Hz	2021	0,001266667	1,2	0,6
	30,00000	1 kHz	2021	0,001866667	1,2	0,9
330	33,000	60 Hz	2021	0,002866667	1,4	0,9
	33,000	1 kHz	2021	0,005066667	2,1	2,1
	300,00	60 Hz	2021	0,011333333	3,7	3,3
1020	330,00	60 Hz	2021	0,012666667	1,6	0,9
	330,0	1 kHz	2021	0,006666667	4,3	3,6
	950,0	1 kHz	2021	0,001333333	60,9	60,2

## Corriente Continua

**Tabla 4.**

*Cálculo de deriva en corriente continua para el calibrador multifunción FLUKE 5522A.*

Rango (Corriente, A)	Salida (Corriente, A)	Año	Deriva (Corriente, A/Año)	Periodo de calibración (Años)	Periodo de Vigencia (Años)
0,00033	0,000000	2021	1,33333E-09	7,1	6,4
	0,000190	2021	2E-10	118,7	117,0
	-0,000190	2021	7,3333E-10	24,9	24,8
	0,0003290	2021	-1,8E-09	14,5	14,3
	-0,000329	2021	1,7333E-09	14,5	14,4
0,033	0,000000	2021	1,33333E-09	18,8	18,0
	0,001900	2021	-2,93333E-08	2,2	2,1
	-0,00190	2021	1,4E-08	3,9	2,9
	0,003290	2021	3,86667E-08	2,8	2,5
	-0,003290	2021	3,2E-08	2,8	2,3
0,033	0,000000	2021	1,33333E-08	5,6	4,9
	0,01900	2021	1,7333E-09	2,8	1,7
	-0,01900	2021	4,9333E-07	1,3	0,9
	0,03290	2021	4,2667E-07	1,5	0,9
	-0,03290	2021	0,00000078	1,6	1,2
0,33	0,000000	2021	7,33333E-08	10,2	9,5
	0,19000	2021	0,0000018	5,5	4,1
	-0,19000	2021	0,0000019	5,2	3,8
	0,32900	2021	3,13333E-06	7,2	5,6
	-0,3290	2021	0,0000122	1,3	0,9
3,0000	0,000000	2021	1,26667E-05	1,2	0,8
	0,90000	2021	0,000117333	1,2	0,8
	-0,90000	2021	6,66667E-05	2,1	0,9

20,000	1,99000	2021	0,00001	39,3	26,1
	-1,99000	2021	0,00001	39,3	23,2
	0,0000	2021	5,46667E-05	3,7	0,9
	10,0000	2021	0,0001	27,0	25,2
	-10,0000	2021	0,0001	27,0	21,5
	18,0000	2021	0,000713333	6,5	5,1
	-18,0000	2021	0,000946667	4,9	2,7

### Corriente Alterna

**Tabla 5.**

*Cálculo de deriva en corriente alterna para el calibrador multifunción FLUKE 5522A*

Rango (Corriente, A)	Salida (Corriente, A)	Frecuencia (Hz)	Año	Deriva (Corriente, A/Año)	Periodo de calibración (Años)	Periodo de Vigencia (Años)
0,00033	0,000033	1000	2021	7,3333E-10	34,1	28,0
	0,0002	60	2021	1,9867E-08	11,1	6,3
	0,0002	1000	2021	3,2E-09	50,0	25,7
	0,000329	45	2021	2,0667E-08	1,9	1,9
	0,000329	1000	2021	3,8667E-08	1,0	1,0
0,0033	0,001	60	2021	7,2E-08	4,9	3,4
	0,001	1000	2021	1,386E-07	2,3	1,6
	0,00329	45	2021	8,0667E-07	2,5	1,9
	0,00329	1000	2021	0,0000004	1,1	0,4

0,033	0,0033	1000	2021	0,00000072	1,8	1,8
	0,01	1000	2021	4,0337E-07	7,9	4,8
	0,0329	45	2021	0,0000096	1,5	1,5
	0,033	1000	2021	4,8667E-06	2,8	2,5
	0,19	1000	2021	2,7867E-05	1,5	0,8
0,329999	0,329	45	2021	0,000042	3,5	3,3
	0,329	1000	2021	4,4667E-05	1,5	1,3
	0,33000	1000	2021	2,46667E-05	4,4	4,3
	0,90000	60	2021	6,13333E-05	3,7	2,3
2,99999	0,90000	1000	2021	7,33333E-05	2,1	1,3
	2,99000	45	2021	0,000466667	1,8	1,4
	2,99000	1000	2021	0,000966667	1,2	0,8
	3,1000	1000	2021	0,000133333	12,6	8,6
	10,0000	45	2021	0,0024	1,0	0,2
20,5	10,0000	1000	2021	0,002066667	3,6	1,6
	18,0000	45	2021	0,007806667	1,2	0,6
	18,0000	1000	2021	0,0054	2,5	2,2

**Resistencia****Tabla 6.***Cálculo de deriva en resistencia para el calibrador multifunción FLUKE 5522A*

Rango	Salida	Año	Deriva	Periodo de calibración	Periodo de Vigencia
(Resistencia, $\Omega$ )	(Resistencia, $\Omega$ )		(Resistencia, $\Omega$ /Año)	(Años)	(Años)
	1,0000	2021	0,000133333	3,2	2,0
	2,0000	2021	0,000133333	3,3	2,6
	10,900	2021	0,0002	1,8	1,1
	11,9000	2021	0,000333333	1,7	1,1
	19,000	2021	0,000333333	3,2	1,0
330,000	30,00	2021	0,0005	1,2	0,8
	33,00	2021	0,000606667	1,0	0,6
	109,00	2021	0,003	1,3	0,3
	119,00	2021	0,004266667	1,1	0,4
	190,00	2021	0,003793333	1,1	0,4
	300,00	2021	0,005666667	1,1	0,4
3300,0	330,00	2021	0,004533333	1,0	0,3
	1090,00	2021	1,73333E-02	1,4	0,6
	1090,00	2021	2,73333E-02	1,1	0,8
	3000,0	2021	0,014	2,2	0,3
	3000,0	2021	6E-02	1,2	0,4
32900,0	10900,0	2021	0,166667	1,4	0,6
	11900,0	2021	0,26	1,0	0,6
	19000,0	2021	0,406667	1,3	0,5
	30000,0	2021	0,466667	1,1	0,7
	33000,0	2021	0,426667	1,0	0,8
330000,0	109000	2021	0,133333	4,1	1,9
	119000	2021	1,000	1,2	0,6
	190000	2021	2,4	1,0	0,3
	300000	2021	2,2	1,3	0,7
	333000	2021	1,33333E-01	24,6	24,2
3300000	1090000	2021	29,3333	1,1	0,5
	1190000	2021	2,66667	11,4	7,4
	3000000	2021	126,667	1,0	0,6

**Tabla 7.**

*Intervalo de calibración para cada magnitud.*

Magnitud	Mín. Intervalo de calibración (Años)	Mínimo Periodo de vigencia (Años)
Tensión DC	1,0	0,4
Tensión AC	1,0	0,4
Corriente DC	1,2	0,8
Corriente AC	1,0	0,2
Resistencia	1,0	0,3

**Tabla 8.**

*El intervalo de calibración indica cada cuanto tiempo se calibrará el equipo, mientras el periodo de vigencia el tiempo de comprobación intermedia.*

Intervalo de calibración	1,0	años
Periodo de Vigencia	0,2	años

### 2.2.2. Verificaciones

Luego de realizar las calibraciones respectivas realizamos las verificaciones de los equipos patrones, utilizando como criterio de evaluación las especificaciones del fabricante. A continuación, se muestra en análisis de verificación:

## Tensión Continua

**Tabla 9.**

*Verificación del calibrador multifunción con respecto a sus especificaciones en tensión continua.*

Rango (Voltaje, V)	Salida (Voltaje, V)	Valor Medido (Voltaje, V)	Error (Voltaje, V)	EMP (Voltaje, V)	Incertidumbre (Voltaje, V)	Resultado
0,329999	0,000000	-0,00000098	0,0000010	0,00001	0,0000007	<b>Confiable</b>
	0,329000	0,32899705	0,0000029	0,0000076	0,0000031	<b>Confiable</b>
	-0,329000	-0,3289979	-0,0000020	0,0000076	0,0000027	<b>Confiable</b>
	0,000000	-0,0000015	0,0000015	0,000020	0,000001	<b>Confiable</b>
3,299999	1,000000	1,0000000	0,000000	0,000013	0,000007	<b>Confiable</b>
	-1,000000	-1,0000014	0,000001	0,000013	0,000007	<b>Confiable</b>
	3,290000	3,2900013	-0,000001	0,000038	0,000017	<b>Confiable</b>
	-3,290000	-3,2900010	0,000001	0,000038	0,000017	<b>Confiable</b>
32,99999	0,000000	-0,000005	0,00001	0,00002	0,00001	<b>Confiable</b>
	10,00000	10,000035	-0,00004	0,00014	0,00006	<b>Confiable</b>
	-10,00000	-10,000025	0,00003	0,00014	0,00005	<b>Confiable</b>
	32,90000	32,900001	0,00000	0,00041	0,00028	<b>Confiable</b>
329,9999	-32,90000	-32,900037	0,00004	0,00041	0,00025	<b>Confiable</b>
	50,0000	50,00013	-0,00013	0,0011	0,0004	<b>Confiable</b>
	-50,0000	-49,99999	-0,00001	0,0011	0,0004	<b>Confiable</b>
	329,0000	328,99820	0,00180	0,00607	0,0030	<b>Confiable</b>
1020,000	-329,0000	-328,9994	-0,0006	0,0061	0,0027	<b>Confiable</b>
	334,000	333,9990	0,001	0,008	0,003	<b>Confiable</b>
	-334,000	-334,0009	0,001	0,008	0,003	<b>Confiable</b>
	900,000	899,9950	0,005	0,018	0,008	<b>Confiable</b>
1020,000	-900,000	-899,9975	-0,003	0,018	0,007	<b>Confiable</b>
	950,000	949,9935	0,006	0,019	0,008	<b>Confiable</b>

-950,000	-949,9965	-0,004	0,019	0,008	<b>Confiable</b>
----------	-----------	--------	-------	-------	------------------

**Tabla 10.**

*Verificación del calibrador multifunción con respecto a sus especificaciones en tensión alterna*

Rango (Voltaje, V)	Salida (Voltaje, V)	Frecuencia (Hz)	Valor Medido (Voltaje, V)	Error (Voltaje, V)	EMP (Voltaje, V)	Incertidumbre (Voltaje, V)	Resultado
0,032999	0,0030	60	0,002994	0,000006	0,000011	0,000005	<b>Confiable</b>
	0,0030	1000	0,003003	-0,000003	0,0000105	0,000005	<b>Confiable</b>
	0,0300	60	0,029991	0,000009	0,0000510	0,000008	<b>Confiable</b>
	0,0300	1000	0,029990	0,000010	0,0000510	0,000008	<b>Confiable</b>
0,329999	0,0330	60	0,032996	0,000004	0,00004865	0,000009	<b>Confiable</b>
	0,0330	1000	0,032994	0,000006	0,00004865	0,000008	<b>Confiable</b>
	0,3000	60	0,299955	0,000045	0,00012350	0,000047	<b>Confiable</b>
	0,3000	1000	0,299999	0,000010	0,00012350	0,000047	<b>Confiable</b>
3,29999	0,33000	60	0,330025	-0,00002	0,00056	0,00005	<b>Confiable</b>
	0,33000	1000	0,330055	-0,00005	0,00056	0,00005	<b>Confiable</b>
	3,00000	60	2,99991	0,00009	0,00456	0,00044	<b>Confiable</b>
	3,00000	1000	2,99982	0,00018	0,00456	0,00043	<b>Confiable</b>
32,9999	3,300	60	3,3004	-0,0004	0,0056	0,0005	<b>Confiable</b>
	3,300	1000	3,3002	-0,0002	0,0056	0,0005	<b>Confiable</b>
	30,000	60	29,9981	0,0019	0,0456	0,0081	<b>Confiable</b>
	30,000	1000	29,9989	0,0011	0,0456	0,0082	<b>Confiable</b>
329,999	33,000	60	33,007	-0,007	0,0647	0,009	<b>Confiable</b>



	33,000	1000	33,008	-0,008	0,0647	0,009	<b>Confiable</b>
	300,000	60	300,009	-0,009	0,5720	0,142	<b>Confiable</b>
	300,000	1000	299,970	0,030	0,5720	0,141	<b>Confiable</b>
1020,000	330,00	60	330,019	-0,02	1,000	0,15	<b>Confiable</b>
	330,00	1000	329,989	0,01	1,000	0,15	<b>Confiable</b>
	950,00	60	950,026	-0,03	2,860	0,41	<b>Confiable</b>
	950,00	1000	950,002	0,00	2,860	0,41	<b>Confiable</b>

### Corriente Continua

**Tabla 2.**

*Verificación del calibrador multifunción con respecto a sus especificaciones en corriente continua.*

Rango (Corriente, A)	Salida (Corriente, A)	Valor Medido (Corriente, A)	Error (Corriente, A)	EMP (Corriente, A)	Incertidumbre (Corriente, A)	Resultado
0,00033	0,0000	2E-09	-2E-09	2E-08	1,0E-09	<b>Confiable</b>
	0,00019	0,00019	-1E-09	4,9E-08	1,1E-08	<b>Confiable</b>
	-0,00019	-0,00019	0,000	4,9E-08	1,2E-08	<b>Confiable</b>
	0,000329	0,0000329	1E-09	6,9E-08	1,7E-08	<b>Confiable</b>
	-0,000329	-0,000329	-0,000	6,9E-08	1,9E-08	<b>Confiable</b>
0,00329999	0,00000	2E-09	0,00000	5,0E-08	1,0E-08	<b>Confiable</b>
	0,0019	0,0019000	0,0000	2,4E-07	1,1E-07	<b>Confiable</b>
	-0,0019	-0,001900	0,0000	2,4E-07	1,3E-07	<b>Confiable</b>
	0,00329	0,0032900	-0,0000	3,8E-07	1,6E-07	<b>Confiable</b>

	-0,00329	-0,0032900	0,00000	3,8E-07	2,0E-07	<b>Confiable</b>
0,032999	0,00000	-0,00000	0,0000	0,0000003	1,0E-07	<b>Confiable</b>
	0,01900	0,01900	0,0000	0,0000044	1,4E-06	<b>Confiable</b>
	-0,0190	-0,0190	0,0000	0,0000044	1,5E-06	<b>Confiable</b>
	0,03290	0,03290	-0,0000	0,0000058	2,3E-06	<b>Confiable</b>
	-0,03290	-0,03290	0,0000	0,0000058	2,3E-06	<b>Confiable</b>
0,329999	0,00000	-0,00000	0,0000	0,000003	1,0E-06	<b>Confiable</b>
	0,10000	0,1000017	-0,000002	0,000013	7,0E-06	<b>Confiable</b>
	-0,1000	-0,100002	0,000002	0,000013	5,0E-06	<b>Confiable</b>
	0,32900	0,3289701	0,000030	0,000035	5,0E-06	<b>Confiable</b>
	-0,32900	-0,3290283	0,000028	0,000035	2,0E-06	<b>Confiable</b>
2,99999	0,00000	-0,000001	0,00000	0,00044	0,00015	<b>Confiable</b>
	0,90000	0,900088	-0,00009	0,00038	0,00010	<b>Confiable</b>
	-0,90000	-0,900164	0,00016	0,00038	0,00010	<b>Confiable</b>
	1,99000	1,990265	-0,00026	0,00080	0,000010	<b>Confiable</b>
	-1,99000	-1,990322	0,00032	0,00080	0,000010	<b>Confiable</b>
20,5000	0,0000	-0,00032	0,0003	0,0015	0,00010	<b>Confiable</b>
	3,0000	2,99984	0,0002	0,0045	0,00010	<b>Confiable</b>
	10,0000	9,99963	0,0004	-0,0085	0,00010	<b>Confiable</b>
	-10,0000	-10,00110	0,0011	-0,0093	0,00010	<b>Confiable</b>
	18,0000	18,00190	-0,0019	-0,0173	0,00020	<b>Confiable</b>
	-18,0000	-18,00412	0,0041	0,0188	0,00020	<b>Confiable</b>

## Corriente alterna

**Tabla 3.**

*Verificación del calibrador multifunción con respecto a sus especificaciones en corriente alterna*

Rango (Corriente, A)	Salida (Corriente, A)	Frecuencia (Hz)	Valor Medido (Corriente, A)	Error (Corriente, A)	EMP (Corriente, A)	Incertidumbre (Corriente, A)	Resultado
0,00032999	0,000033	1000	0,000032991	0,00000001	1,413E-07	0,00000005	Confiable
	0,0002	60	0,00019997	0,00000003	0,00000035	0,00000032	Confiable
	0,0002	1000	0,0002	0.00	0,00000035	0,00000026	Confiable
	0,000329	60	0,00032897	0,00000003	5,113E-07	0,00000004	Confiable
	0,000329	1000	0,000329	0,00	5,113E-07	0,00000003	Confiable
0,00329999	0,001	1000	0,00100011	-0,00000011	0,00000115	0,00000008	Confiable
	0,001	1000	0,00100021	-0,00000021	0,00000115	0,00000005	Confiable
	0,00329	60	0,00328889	0,00000111	0,00001829	0,00000397	Confiable
	0,00329	1000	0,0032895	0,00000005	0,00001829	0,00000299	Confiable
0,0329999	0,0033	1000	0,00329892	0,0000011	0,0000152	0,0000003	Confiable
	0,01	1000	0,01000245	-0,0000024	0,000042	0,0000061	Confiable
	0,0329	60	0,032887	0,0000134	0,0001336	0,0000434	Confiable
	0,0329	1000	0,032896	0,0000044	0,0001336	0,0000335	Confiable
0,329999	0,033	1000	0,0329973	0,0000003	0,000152	0,000034	Confiable
	0,19	1000	0,19	-0,000002	0,00078	0,000403	Confiable
	0,329	60	0,32898	0,000017	0,001336	0,000499	Confiable
	0,329	1000	0,32899	0,000013	0,001336	0,000558	Confiable
2,99999	0,33000	1000	0,33000	0,000000	0,00175	0,00000053	Confiable
	0,90000	60	0,900189	-0,00019	0,00460	0,00000092	Confiable
	0,90000	1000	0,90012	-0,00012	0,00460	0,0000011	Confiable
	2,99000	60	2,99031	-0,00031	0,00189	0,00023	Confiable
	2,99000	1000	2,99139	-0,00139	0,00189	0,00023	Confiable
20,5000	3,1000	1000	3,1011	-0,0010	0,005	0,0002	Confiable
	10,0000	60	10,002	-0,0015	0,013	0,0036	Confiable
	10,0000	1000	9,992	0,0081	0,020	0,0031	Confiable

18,0000	60	18,009	-0,0090	0,027	0,0077	Confiable
18,0000	1000	18,004	-0,0036	0,032	0,0047	Confiable

## Resistencia

**Tabla 4.**

*Verificación del calibrador multifunción con respecto a sus especificaciones en resistencia.*

Rango (Resistencia, $\Omega$ )	Salida (Resistencia, $\Omega$ )	Valor Medido (Resistencia, $\Omega$ )	Error (Resistencia, $\Omega$ )	EMP (Resistencia, $\Omega$ )	Incertidumbre (Resistencia, $\Omega$ )	Resultado
329,9999	1,0000	0,99973	0,0003	0,0010	0,0002	<b>Confiable</b>
	2,0000	1,99976	0,0002	0,0011	0,0002	<b>Confiable</b>
	10,9000	10,89965	0,0004	0,0014	0,0007	<b>Confiable</b>
	11,9000	11,8996	0,0004	0,0019	0,0007	<b>Confiable</b>
	19,0000	18,9960	0,0040	0,0072	0,0010	<b>Confiable</b>
	30,0000	29,9955	0,0045	0,0105	0,0012	<b>Confiable</b>
	33,0000	32,9949	0,0051	0,0106	0,0011	<b>Confiable</b>
	109,0000	108,9944	0,0056	0,0319	0,0022	<b>Confiable</b>
	119,0000	118,9917	0,0083	0,0353	0,0022	<b>Confiable</b>
	190,0000	189,9929	0,0071	0,0552	0,0031	<b>Confiable</b>
3299,999	300,0000	299,9935	0,0065	0,0860	0,0044	<b>Confiable</b>
	330	329,9935	0,007	0,011	0,003	<b>Confiable</b>
	1090	1089,977	0,023	0,033	0,009	<b>Confiable</b>
	1190	1189,9516	0,048	0,353	0,016	<b>Confiable</b>
	1900	1899,9458	0,054	0,552	0,021	<b>Confiable</b>
	3000	2999,93	0,07	0,104	0,03	<b>Confiable</b>

32999,99	3300	3299,939	0,06	0,11	0,03	<b>Confiable</b>
	10900	10899,759	0,24	3,07	0,1	<b>Confiable</b>
	11900	11899,683	0,32	0,53	0,15	<b>Confiable</b>
	19000	18999,552	0,45	0,73	0,2	<b>Confiable</b>
	30000	29999,423	0,58	1,04	0,29	<b>Confiable</b>
329999,9	33000	32999,47	0,5	1,1	0,3	<b>Confiable</b>
	109000	108999,5	0,5	3,3	2,7	<b>Confiable</b>
	119000	118998	2	40,1	4,1	<b>Confiable</b>
	190000	189997,4	2,6	8,1	4,8	<b>Confiable</b>
	300000	299997,5	2,5	11,6	5,8	<b>Confiable</b>
3299999	330000	330000,1	0,0	13	6	<b>Confiable</b>
	1090000	1090044	-44	656	69	<b>Confiable</b>
	1190000	1190021	-21	371	162	<b>Confiable</b>
	1900000	1899999	1	414	198	<b>Confiable</b>
	3000000	2999849	151	480	252	<b>Confiable</b>
32999990	3300000	3300007	-10	480	270	<b>Confiable</b>
	10900000	10901650	-1650	14220	5670	<b>Confiable</b>
	11900000	11901270	-1270	32250	7050	<b>Confiable</b>
	19000000	19001180	-1180	50000	10570	<b>Confiable</b>
	30000000	30002230	-2230	77500	16050	<b>Confiable</b>
109999900	33000000	32998200	1800	19500	17500	<b>Confiable</b>
	109000000	108973000	27300	548000	57900	<b>Confiable</b>
329999000	119000000	118886000	114000	3670000	605000	<b>Confiable</b>
	300000000	299833000	167000	9100000	1510000	<b>Confiable</b>
1100000000	400000000	399910000	90000	6500000	2010000	<b>Confiable</b>
	640000000	640500000	-500000	10100000	3220000	<b>Confiable</b>
	1000000000	1001500000	-1500000	15050000	5010000	<b>Confiable</b>

### 2.2.3. Comprobaciones

Las comprobaciones intermedias de los equipos patrones se realizan entre calibraciones, con el fin de establecer evidencia objetiva de que los equipos cumplen con los requisitos especificados.

Las comprobaciones intermedias se analizan en conjunto con la deriva instrumental del equipo, esto es debido a que el equipo por el mismo uso constante puede derivar con mayor rapidez y salir de sus especificaciones.

A continuación, se muestran las comprobaciones intermedias de los patrones del laboratorio de electricidad y tiempo y frecuencia:

#### Figura 13.

*Criterio de aceptación para las comprobaciones intermedias.*

Criterio de Aceptación	$ E_{Comp.Inter}  + u_{cert} <  EMP $	Confiable	Jose Bellón
	Otros casos	No confiable	

## Tensión continua

**Tabla 5.**

*Comprobaciones intermedias para tensión continua*

Rango (Voltaje, V)	Salida Corregida (Voltaje, V)	Valor Medido Corregido (Voltaje, V)	Error (Voltaje, V)	EMP (Voltaje, V)	Incertidumbre (Voltaje, V)	Resultados
0 a 0,3299999	-0,000001	-0,0000002	-0,0000008	0,000002	0,0000007	Confiable
	0,3289971	0,3289927	0,0000044	0,0000076	0,0000031	Confiable
	-0,328998	-0,3289972	-0,0000008	0,0000076	0,0000027	Confiable
0 a 3,299999	1	1,000003	-0,000003	0,0000130	0,000007	Confiable
	-1,000001	-1,000004	0,000003	0,0000130	0,000007	Confiable
	3,290001	3,290006	-0,000005	0,0000382	0,000017	Confiable
0 a 32,99999	10,00003	9,99998	0,00005	0,000140	0,00006	Confiable
	-10,00003	-10,00003	0,00000	0,000140	0,00005	Confiable
	32,90000	32,89987	0,00013	0,000415	0,00028	Confiable
30 a 329,9999	50,0001	49,9995	0,0006	0,0011	0,0004	Confiable
	-50	-50,0006	0,0006	0,0011	0,0004	Confiable
	328,9982	328,9986	-0,0004	0,0061	0,003	Confiable
100 a 1020,000	333,999	333,997	0,0018	0,008	0,003	Confiable
	899,995	899,986	0,0087	0,018	0,008	Confiable
	-899,998	-899,988	-0,0103	0,018	0,007	Confiable

## Tensión Alterna

**Tabla 6.**

*Comprobaciones intermedias para tensión alterna.*

Rango (Voltaje, V)	Salida Corregida (Voltaje, V)	Frecuencia (Hz)	Valor Medido Corregido (Voltaje, V)	Error (Voltaje, V)	EMP (Voltaje, V)	Incertidumbre (Voltaje, V)	Resultado
0,001 a 0,032999	0,002994	60	0,0029993	-5,28998E-06	0,0000105	0,000005	Confiable
	0,029991	60	0,0299917	-0,0000007	0,000051	0,000008	Confiable
	0,02999	1000	0,0299888	1,18306E-06	0,000051	0,000008	Confiable
0,033 a 0,329999	0,032996	60	0,032988	0,0000084	0,00004865	0,000009	Confiable
	0,299955	60	0,299931	0,000024	0,0001235	0,000047	Confiable
	0,2999	1000	0,299949	-0,0000487	0,0001235	0,000047	Confiable
0,33 a 3,29999	0,33003	60	0,329915	0,000115	0,000555	0,00005	Confiable
	2,99991	60	2,999592	0,000318	0,004560	0,00044	Confiable
	2,99982	1000	2,999699	0,000121	0,004560	0,00043	Confiable
3,3 a 32,9999	3,3004	60	3,29910	0,001303	0,00555	0,0005	Confiable
	29,9981	60	29,99573	0,002366	0,0456	0,0051	Confiable
	29,9989	1000	29,99524	0,003656	0,0456	0,0082	Confiable
33 a 329,999	33,007	60	32,9948	0,01216	0,0647	0,009	Confiable
	300,009	60	299,9628	0,04616	0,572	0,142	Confiable
	299,97	1000	299,9648	0,00525	0,606	0,141	Confiable
330 a 1020	330,02	60	329,956	0,0643	1	0,15	Confiable
	950,00	60	949,890	0,110	2,86	0,41	Confiable
	950,00	1000	950,016	-0,016	2,385	0,41	Confiable



**Corriente continua**

**Tabla 7.**

*Comprobaciones intermedias para corriente continua*

Rango (Corriente, A)	Salida corregida (Corriente, A)	Valor medido corregido (Corriente, A)	Error (Corriente, A)	EMP (Corriente, A)	Incertidumbre (Corriente, A)	Resultado
0 a 0,000329999	0,000190001	0,000189983	0,000000018	4,85E-08	0,000000011	Confiable
	-0,00019	-0,000190006	6,1E-09	4,85E-08	0,000000012	Confiable
	0,00032899	0,000328975	0,000000015	6,935E-08	0,000000017	Confiable
0 a 0,00329999	0,00190001	0,001900125	-0,000000115	0,00000024	0,00000011	Confiable
	-0,00190003	-0,001900112	0,000000082	0,00000024	0,00000013	Confiable
	0,00329002	0,003290151	-0,000000131	0,000000379	0,00000016	Confiable
0 a 0,0329999	0,0190003	0,01900197	-0,00000167	0,0000044	0,0000014	Confiable
	-0,0190009	-0,01900086	-0,00000004	0,0000044	0,0000015	Confiable
	0,0329008	0,03290192	-0,00000112	0,00000579	0,0000023	Confiable
0 a 0,329999	0,100002	0,1000067	-0,0000047	0,0000125	0,000007	Confiable
	-0,100009	-0,1000087	-0,0000003	0,0000125	0,000007	Confiable
	0,328985	0,3290078	-0,0000228	0,0000354	0,000054	Confiable
0 a 1,09999	-0,00003	-0,000038	0,000008	0,00004	0,00001	Confiable
	0,90009	0,900315	-0,000225	0,000382	0,0001	Confiable
	-0,90016	-0,899976	-0,000184	0,000382	0,0001	Confiable
1,09999 a 2,99999	1,99027	1,990190	0,000080	0,00080	0,00001	Confiable
	-1,99032	-1,989953	-0,000367	0,00080	0,00001	Confiable

## Corriente Alterna

**Tabla 8.**

*Comprobaciones intermedias para corriente alterna*

Rango (Corriente, A)	Salida Corregida (Corriente, A)	Frecuencia (Hz)	Valor Medido Corregido (Corriente, A)	Error (Corriente, A)	EMP (Corriente, A)	Incertidumbre (Corriente, A)	Resultado
0,000029 a 0,000329999	0,00003299	60	3,29703E-05	1,968E-08	1,413E-07	0,00000005	Confiable
	0,00032897	60	0,000328994	-2,358E-08	5,113E-07	0,0000004	Confiable
	0,000329	1000	0,000329017	-1,6541E-08	5,113E-07	0,0000003	Confiable
0,00033 a 0,00329999	0,00190021	60	0,00189929	0,000000922	0,0000021	0,0000008	Confiable
	0,00328889	60	0,00328978	-0,000000893	0,0000034	0,00000397	Confiable
	0,0032895	1000	0,00328909	0,000000415	0,0000034	0,00000299	Confiable
0,0033 a 0,0329999	0,0032989	60	0,00329957	-0,000000665	0,0000033	0,000003	Confiable
	0,0328866	60	0,03289988	-0,000013277	0,0000152	0,0000434	Confiable
	0,0328956	1000	0,0328825	0,000013103	0,0000152	0,0000335	Confiable
0,033 a 0,329999	0,032997	60	0,03297676	0,000020243	0,0000332	0,000034	Confiable
	0,328983	60	0,32909633	-0,000113333	0,0001516	0,000499	No Confiable
	328,987	1000	0,32914139	-0,00015439	0,0001516	0,000558	No Confiable
0,33 a 1,09999	0,33	60	0,33010	-0,000103	0,0003	0,00053	No Confiable
	0,90017	60	0,90028	-0,000105	0,0006	0,00092	No Confiable
	0,90012	1000	0,90028	-0,000159	0,0006	0,0011	No Confiable
1,1000 a 2,99999	2,99031	60	2,98973	0,000579	0,0019	0,00023	Confiable
	2,99139	1000	2,99021	0,001185	0,0019	0,00023	Confiable

## Resistencia

**Tabla 9.**

*Comprobaciones intermedias para resistencia.*

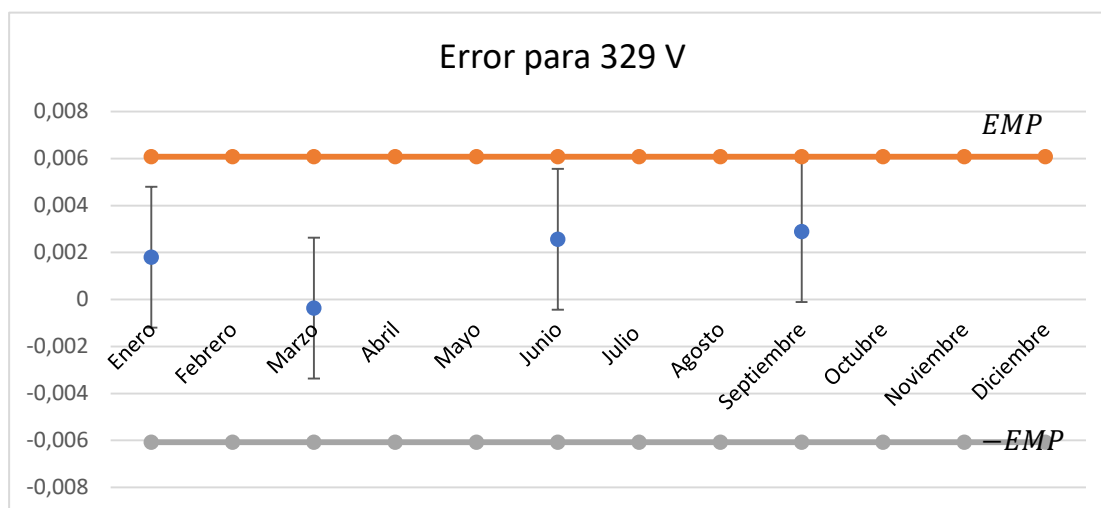
Rango (Resistencia, $\Omega$ )	Salida Corregida (Resistencia, $\Omega$ )	Valor Medido Corregido (Resistencia, $\Omega$ )	Error (Resistencia, $\Omega$ )	EMP (Resistencia, $\Omega$ )	Incertidumbre (Resistencia, $\Omega$ )	Resultado
10,9999	0,9997	0,99945	0,00025	0,00104	0,0002	Confiable
	1,9998	1,99945	0,00035	0,00108	0,0002	Confiable
	10,8997	10,90035	-0,00065	0,001436	0,0007	Confiable
32,9999	11,8996	11,89873	0,00087	0,002357	0,0007	Confiable
	18,996	18,99823	-0,00223	0,0077	0,001	Confiable
	29,9955	30,00035	-0,00485	0,011	0,0012	Confiable
109,9999	32,9949	32,99969	-0,0048	0,01024	0,0011	Confiable
	108,9944	108,99977	-0,0054	0,03152	0,0022	Confiable
329,9999	118,9917	118,9941	-0,0024	0,03532	0,0022	Confiable
	189,9929	190,0010	-0,0081	0,0552	0,0031	Confiable
	299,9935	299,9999	-0,0064	0,086	0,0044	Confiable
1099,999	329,994	0329,988	0,006	0,01124	0,003	Confiable
	1089,977	1089,968	0,009	0,03252	0,009	Confiable
3299,999	1189,952	1189,949	0,003	0,3532	0,016	Confiable
	1899,946	1900,003	-0,057	0,552	0,021	Confiable
	2999,93	2999,994	-0,064	0,104	0,03	Confiable
10999,99	3299,94	3299,98	-0,044	0,1124	0,03	Confiable
	10899,76	10900,10	-0,339	3,072	0,1	Confiable
32999,99	11899,68	11900,00	-0,32	0,5332	0,15	Confiable
	18999,55	18999,68	-0,13	0,732	0,2	Confiable
	29999,42	29999,77	-0,35	1,04	0,29	Confiable
109999,9	32999,5	32999,6	-0,11	1,124	0,3	Confiable

	108999,5	108999,5	0,04	3,252	2,7	Confiable
329999,99	118998	118995,4	2,62	40,08	4,1	Confiable
	189997,4	189999,8	-2,43	8,08	4,8	Confiable
	299997,5	299992,3	5,19	11,6	5,8	Confiable
1099999	330000	329995	5	12,56	6	Confiable
	1090044	1089991	53	67,4	69	No Confiable
3299999	1190021	1190035	-14	371,4	162	Confiable
	1899999	1899974	25	414	198	Confiable
	2999849	2999877	-28	480	252	Confiable
10999990	3300010	3299820	190	479	270	Confiable
	10901650	10898590	3060	1467	5670	No Confiable
32999990	11901270	11901570	-300	5475	7050	No Confiable
	19001180	18996690	4490	7250	10600	No Confiable

En algunos puntos de comprobaciones intermedias se visualiza resultados no confiables, esto se debe a la incertidumbre.

**Tabla 10.***Deriva instrumental en Tensión continua.*

329 V				
Fecha	Error	+EMP	-EMP	Incertidumbre
Enero	0,0018	0,006072	-0,006072	0,003
Febrero		0,006072	-0,006072	0,003
Marzo	-0,000370	0,006072	-0,006072	0,003
Abril		0,006072	-0,006072	0,003
Mayo		0,006072	-0,006072	0,003
Junio	0,002563	0,006072	-0,006072	0,003
Julio		0,006072	-0,006072	0,003
Agosto		0,006072	-0,006072	0,003
Septiembre	0,002897	0,006072	-0,006072	0,003
Octubre		0,006072	-0,006072	0,003
Noviembre		0,006072	-0,006072	0,003
Diciembre		0,006072	-0,006072	0,003

**Figura 14.***Tendencia de deriva del error del patrón de medición.*

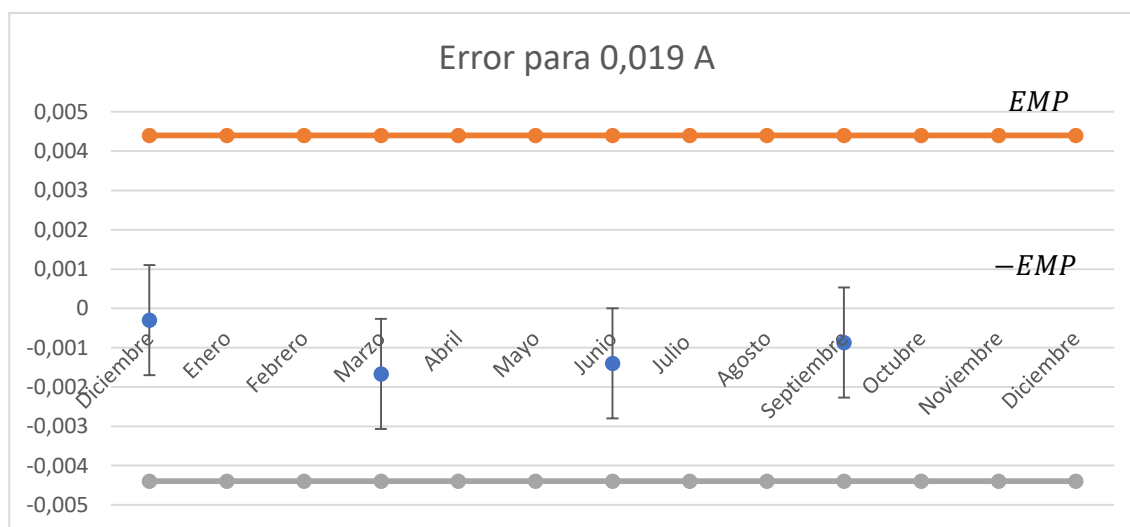
**Tabla 11.**

*Deriva instrumental en corriente continua.*

19 mA				
Fecha	Error	+EMP	-EMP	Incertidumbre
Diciembre	-0,0003	0,0044	-0,0044	0,0014
Enero		0,0044	-0,0044	0,0014
Febrero		0,0044	-0,0044	0,0014
Marzo	-0,00167	0,0044	-0,0044	0,0014
Abril		0,0044	-0,0044	0,0014
Mayo		0,0044	-0,0044	0,0014
Junio	-0,00140	0,0044	-0,0044	0,0014
Julio		0,0044	-0,0044	0,0014
Agosto		0,0044	-0,0044	0,0014
Septiembre	-0,00087	0,0044	-0,0044	0,0014
Octubre		0,0044	-0,0044	0,0014
Noviembre		0,0044	-0,0044	0,0014
Diciembre		0,0044	-0,0044	0,0014

**Figura 15.**

*Tendencia de deriva del error del patrón FLUKE 5522A.*



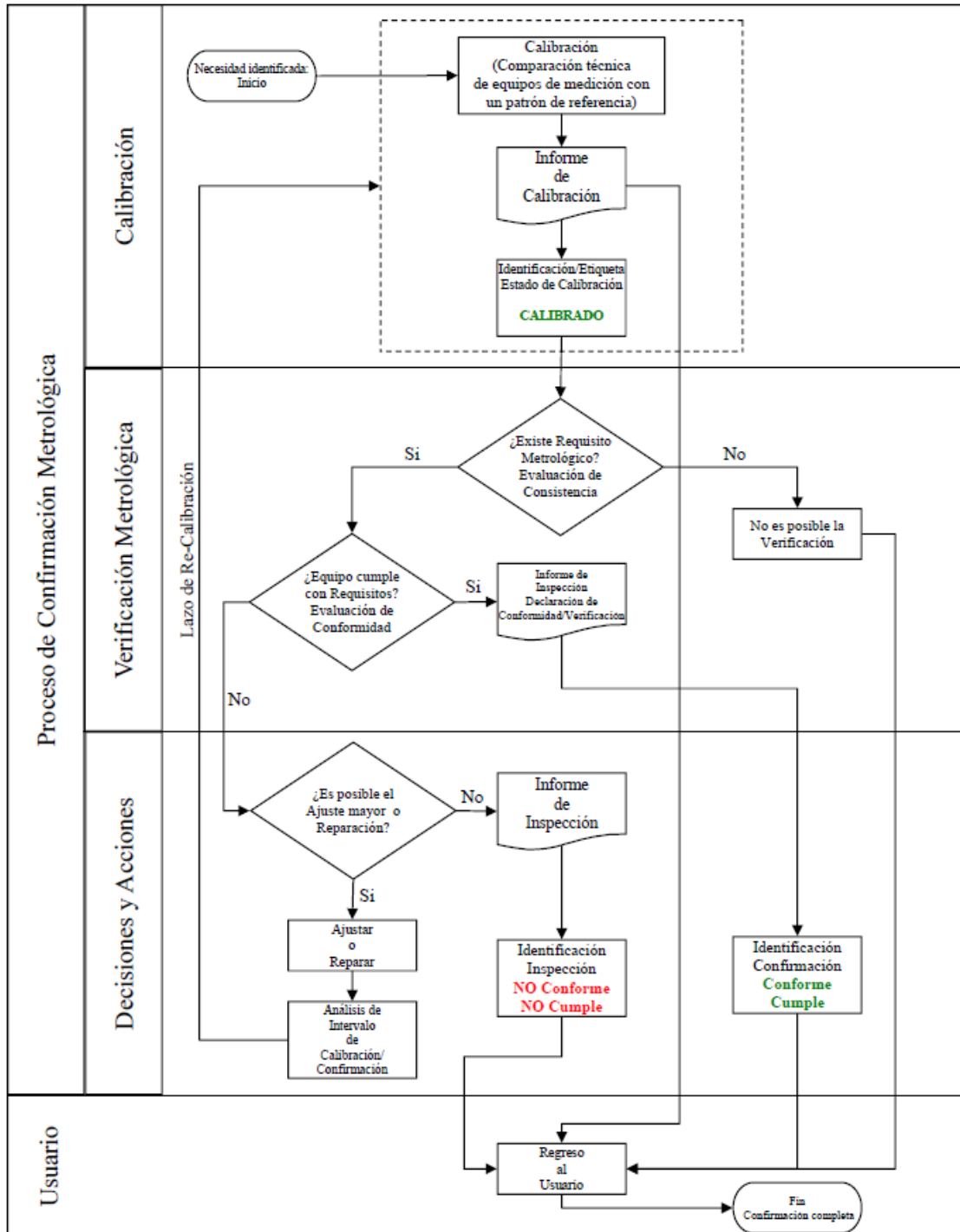
En la imagen 15 se observa como el calibrador muestra una tendencia a salirse de las especificaciones del equipo, en este caso se tiene que realizar una confirmación metrológica.

#### **2.2.4. Confirmación Metrológica**

El proceso de confirmación metrológica se desarrolla de acuerdo con la ISO 10012 en tres etapas: etapa 1, que es la calibración, que inicia con identificar las necesidades de confirmación metrológica, la cual lo realiza el jefe de aseguramiento metrológico en conjunto con el responsable del laboratorio de electricidad, tiempo y frecuencia; con el fin de cumplir con las exigencias del cliente. Los patrones se sujetan al proceso de confirmación metrológica, continuar con el proceso de calibración y evaluación de la trazabilidad, y se documenta las características metrológicas del patrón. La etapa 2 se refiere a la verificación de los patrones de trabajo y de referencia, los cuales deben cumplir con las especificaciones de los patrones y con las exigencias de los métodos de calibración. En la etapa 3, se tomará decisiones y acciones, que son necesarias tomar cuando un equipo patrón no cumple con los requisitos del fabricante o del método, en este caso se actúa sobre las características metrológicas aplicando algún ajuste, mantenimiento o reparación o bien se actúa sobre el proceso de medición.

**Figura 16.**

*Diagrama de procesos de confirmación metrológica. (Proceso de confirmación metrológica dentro de una organización productiva, 2008,)*





### **2.3. Aseguramiento de la validez de los resultados**

Una de las actividades más importantes que realizo en el laboratorio de calibración es el aseguramiento de la validez de los resultados, que tiene como objetivo principal asegurar la validez de los resultados de calibración a través de la aplicación de herramientas estadísticas.

Estos datos se registran en formatos para observar las tendencias y luego se aplican técnicas estadísticas para la verificación de los resultados. Este seguimiento se planifica, revisa e incluye cuando sea necesario los siguientes puntos:

- a) uso de materiales de referencia o materiales de control de calidad;
- b) uso de instrumentos alternativos que han sido calibrados para obtener resultados trazables;
- c) comprobaciones funcionales del equipamiento de ensayo y de medición;
- d) uso de patrones de verificación o patrones de trabajo con gráficos de control, cuando sea aplicable;
- e) comprobaciones intermedias en los equipos de medición;
- f) repetición del ensayo o calibración utilizando los mismos métodos o métodos diferentes;
- g) reensayo o recalibración de los ítems retenidos;
- h) correlación de resultados para diferentes características de un ítem;
- i) revisión de los resultados informados;
- j) comparaciones Interlaboratorio;
- k) ensayos de muestras ciegas.

A continuación, se muestra el cumplimiento del aseguramiento de la validez de los resultados para tacómetros ópticos:

**Tabla 12.**

*Especificaciones del patrón de trabajo y patrón de referencia en la magnitud de tiempo y frecuencia.*

Equipo/Instrumento		Equipo/Instrumento Referencia	
Marca	HP	Marca	HP
Modelo	58503A	Modelo	58503A
Serie	KR93700108	Serie	3710A03120
Código	TF25	Código	TF57
Fecha de cal	2021-02-26	Fecha de cal	2021-07-30

**Figura 17.**

*Criterio de aceptación designado por el laboratorio de tiempo y frecuencia para el patrón de trabajo (Receptor GPS).*

Criterio de Aceptación	$ \frac{\Delta f}{f_0}  + \sigma <  EMP $	CONFORME	Jose Bellón
	Otros casos	NO CONFORME	

**Tabla 13.**

*Comprobación intermedia del receptor HP 58503A, analizado la base tiempo de 10 MHz*

Fecha	Salida	Lectura		Desviación Fraccional de la Frecuencia		Incertidumbre		Máximo		Mínimo		Aceptación de Comprobación intermedia	
		$f_o$		$f$		$\sigma$		+ EMP	- EMP				
2021-02-26	10000000	Hz	9999999,999997	Hz	-0,0003	nHz/Hz	0,0066	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	
2021-03-01	10000000	Hz	10000000,032075	Hz	3,21	nHz/Hz	0,019	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	
2021-03-26	10000000	Hz	10000000,014326	Hz	1,43	nHz/Hz	0,017	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	
2021-04-28	10000000	Hz	10000000,011261	Hz	1,13	nHz/Hz	0,01	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	CONFORME
2021-05-28	10000000	Hz	10000000,019105	Hz	1,91	nHz/Hz	0,06	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	
2021-06-28	10000000	Hz	10000000,017606	Hz	1,76	nHz/Hz	0,073	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	
2021-07-27	10000000	Hz	10000000,017139	Hz	1,71	nHz/Hz	0,074	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	
2021-08-30	10000000	Hz	10000000,019033	Hz	1,90	nHz/Hz	0,28	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	CONFORME
2021-09-28	10000000	Hz	10000000,013419	Hz	1,3	nHz/Hz	0,05	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	
2021-10-29	10000000	Hz	10000000,015248	Hz	1,5	nHz/Hz	0,069	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	

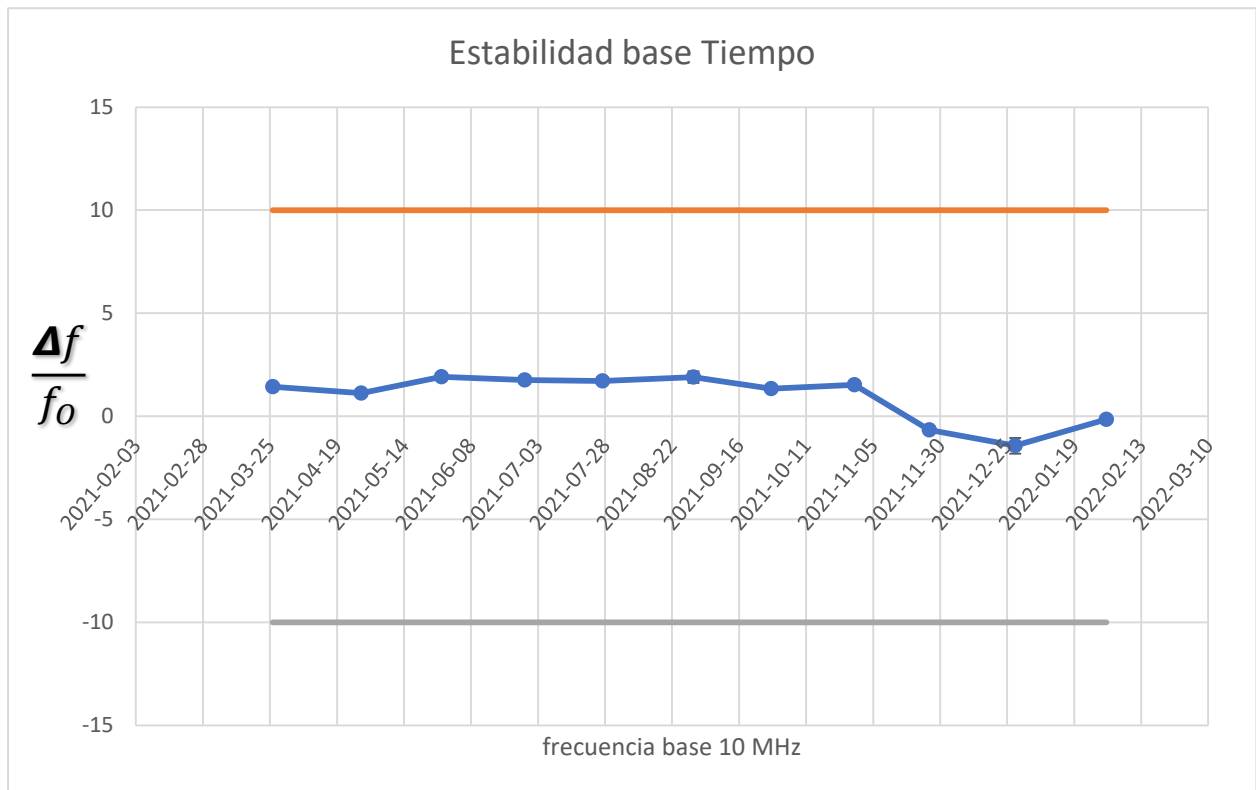
---

2021-11-26	10000000	Hz	9999999,993452	Hz	-0,7	nHz/Hz	0,04	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	
2021-12-28	10000000	Hz	9999999,985703	Hz	-1,4	nHz/Hz	0,38	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	CONFORME
2022-01-31	10000000	Hz	9999999,998538	Hz	-0,15	nHz/Hz	0,04	nHz/Hz	10	nHz/Hz	-10	nHz/Hz	

---

**Figura 18.**

Gráfica de control de la estabilidad base tiempo utilizando la Varianza de Allan.

**Figura 19.**

Criterio de aceptación para comprobaciones intermedias para el receptor GPS HP 58503A.

Criterio de Aceptación	$\frac{ E_{\text{último}} - E_{\text{penúl}} }{T_{\text{último}} - T_{\text{penúl}}} \leq  Deriva_{\text{máxima}} $	CONFORME
	Otros casos	NO CONFORME

**Tabla 14.**

*Criterio de aceptación de comprobación intermedia con respecto a la deriva instrumental de receptor HP 58503A.*

Desviación (nHz/Hz)	Tiempo años	Deriva (nHz/Hz) /años	Deriva máxima (nHz/Hz) /años	Tolerancia (nHz/Hz)	Criterio de Aceptación de Deriva
1,7774	0,06849	26,0	26,0	9,981	
0,3065	0,09041	3,4	26,0	9,981	Conforme
0,7844	0,08219	9,5	26,0	9,940	Conforme
0,1499	0,08493	1,8	26,0	9,927	Conforme
0,0467	0,07945	0,6	26,0	9,926	Conforme
0,1894	0,09315	2,0	26,0	9,720	Conforme
0,5614	0,07945	7,1	26,0	9,720	Conforme
0,1829	0,08493	2,2	26,0	9,720	Conforme
2,1837	0,07671	4,0	26,0	9,720	Conforme
0,7708	0,08767	4,8	26,0	9,620	Conforme
1,2835	0,09315	5,8	26,0	9,620	Conforme

## 2.4. Ensayo Intralaboratorio

### 2.4.1. Objetivo:

Demostrar la competencia técnica del personal encargado de la calibración.

Se realizó una Prueba Intralaboratorio para la demostrar de la competencia técnica del personal del laboratorio para el procedimiento PC-025 " Procedimiento para la calibración de pinzas amperimétricas" 1 Edición. Ver. 01

La evaluación se efectuó sobre el mismo instrumento bajo calibración por los metrologos. Por punto de calibración se realizó 10 repeticiones por cada metrologo usando el mismo equipo patrón.

Para demostrar la exactitud de los metrologos, se analizó: Precisión y Veracidad.

**Tabla 15.**

*Mediciones de los metrologos para analizar su varianza*

<b>Metrólogo 1</b>			
<b>Metrólogo 2</b>			
<b>Metrólogo 3</b>			
Valor de referencia:		100	
Unidad de medida:		A	
<b>N°</b>	<b>Metrólogo 1</b>	<b>Metrólogo 2</b>	<b>Metrólogo 3</b>
1	100,0	100,0	100,0
2	99,9	99,9	99,9
3	100,0	100	99,9
4	100,0	100	100
5	100,0	99,9	100
6	99,8	100,0	100,0
7	100,0	99,9	100,0
8	99,9	100	99,9
9	99,9	100	99,9
10	99,9	99,9	100,0

### **Caracterizar la variable (Distribución normal de los datos)**

La prueba estadística de normalidad que se utilizará es la prueba de Anderson Darling.

(Cabrera et al., 2017)

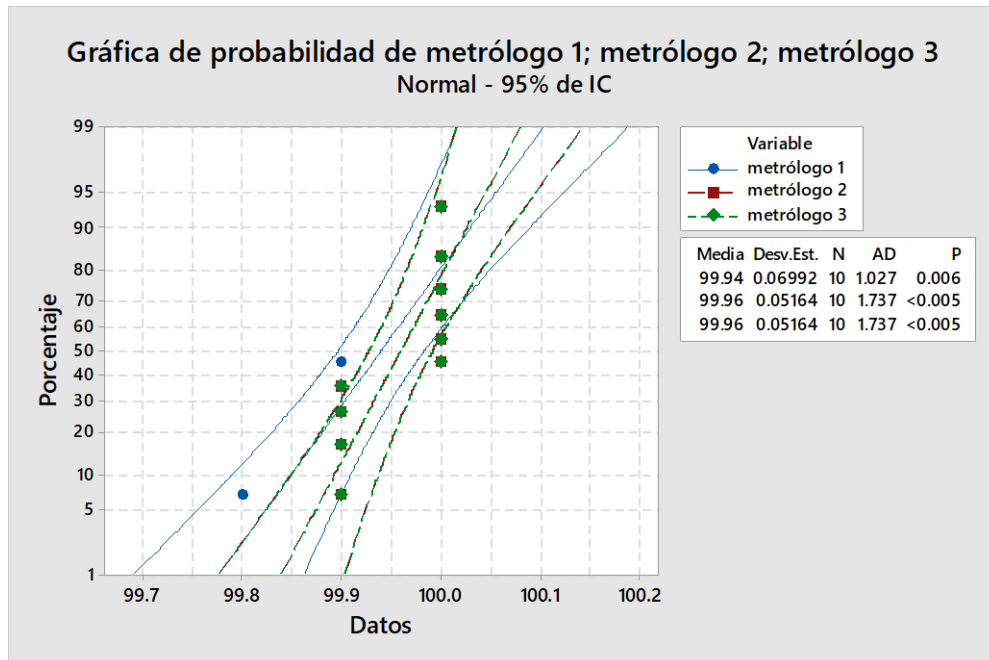
#### **2.4.2. Prueba Anderson Darling (Por analista y en grupo)**

$H_0$ : Los datos del metrologo 1; 2; y 3 Presentan distribución normal

$H_1$ : Los datos del metrologo 1, ; 2 y 3 no Presentan distribución normal

**Figura 20.**

*Análisis de Prueba de normalidad de los 3 Metrólogos.*



Como  $p < 0,05$ , para cada metrólogo, podemos aceptar la hipótesis alterna. Cada Analista Presenta Distribución no Normal (Distribución No Paramétrica).

### 2.4.3. Evaluación de precisión (Igualdad de Varianzas): Prueba de Levene

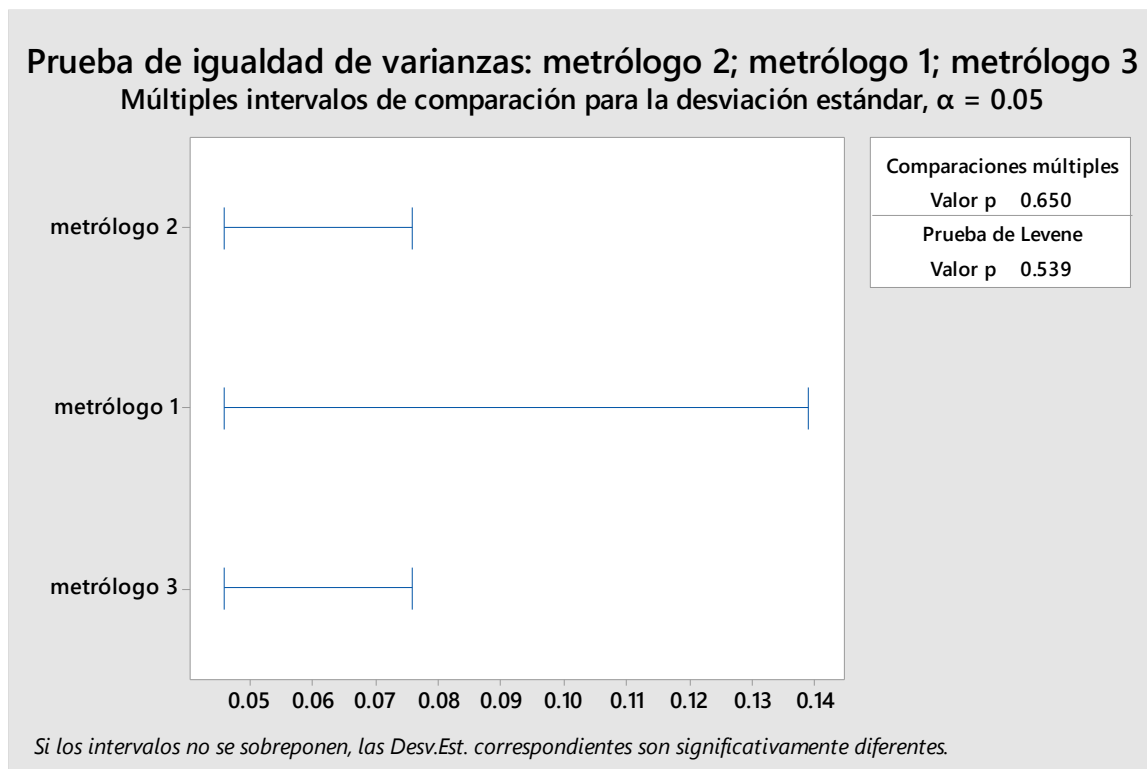
$$H_0: \sigma_{\text{Metrólogo 1}}^2 = \sigma_{\text{Metrólogo 2}}^2 = \sigma_{\text{Metrólogo 3}}^2$$

$$H_1: \sigma_{\text{Metrólogo 1}}^2 \neq \sigma_{\text{Metrólogo 2}}^2 \neq \sigma_{\text{Metrólogo 3}}^2$$



**Figura 21.**

*Análisis de prueba de varianza de los 3 metrologos.*



Como  $p(0,539) > 0,05$ , se acepta la hipótesis nula. Se demuestra que las varianzas entre analistas son iguales. Por lo tanto, se demuestra la precisión entre analistas. Esta evaluación se realizó aproximadamente al 95%.

#### **2.4.4. Prueba de Igualdad de resultados: Prueba de Kruskal – Wallis**

$H_0$ : Todas las medianas son iguales.

$H_1$ : Al menos una mediana es diferente..

**Tabla 16.**

*Valor de las medianas de los 3 metrólogos.*

### Estadísticas descriptivas

Metrólogo	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
1	10	99.95	14.1	-0.62
2	10	100.00	16.2	0.31
3	10	100.00	16.2	0.31
General	30		15.5	

**Tabla 17.**

*Análisis de variación de medianas, mediante el criterio del p-valor.*

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	2	0.38	0.827
Ajustado para empates	2	0.50	0.778

Como todas las medianas son estadísticamente iguales, se acepta la hipótesis nula. Los resultados de los metrólogos 1, metrólogo 2 y metrólogo 3 son compatibles aproximadamente al 95% de confianza. Además,  $P(0,778) > 0,05$  confirmando así la hipótesis nula.

#### **2.4.5. Evaluación de la Veracidad por Metrólogo: Prueba de Wilcoxon de 1 muestra.**

$H_0$ : Resultado de Medianas = 100 A.

$H_1$ : Resultado de Medianas  $\neq$  100 A.

**Valor de referencia = 100 A**

**Tabla 18.**

*Valor de las medianas de los metrólogos del laboratorio de electricidad - pinzas amperimétricas*

## Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
metrólogo 1	10	99.95
metrólogo 2	10	99.95
metrólogo 3	10	99.95

**Tabla 19.**

*Análisis de la mediana con respecto al valor de referencia, mediante el criterio del p-valor.*

## Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \eta = 100$

Hipótesis alterna  $H_1: \eta \neq 100$

Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor p
metrólogo 1	5	0.00	0.059
metrólogo 2	4	0.00	0.100
metrólogo 3	4	0.00	0.100

Como el P valor es: metrólogo 1 (0,059); metrólogo 2 (0,100) y metrólogo 3 (0,100), son mayores que 0,05, se acepta la hipótesis nula, los resultados de los metrólogos son comparables con el valor de referencia de 100 A, aproximadamente al 95% de confianza, demostrando así que sus resultados son veraces.

#### 2.4.6. Conclusión del intralaboratorio:

Los metrólogos 1, metrólogo 2 y metrólogo 3 muestran resultados precisos y veraces. Por lo tanto, se concluye que los 3 metrólogos tienen resultados exactos y están aptos para poder realizar el proceso de calibración de pinzas amperimétricas.

#### 2.5. Ensayo Interlaboratorio

El laboratorio de tiempo y frecuencia, realizó un ensayo interlaboratorio en tacómetros ópticos con HN proficiency Testing, Inc. de estados unidos. Este ensayo fue liderado por el jefe de metrología. Los resultados se muestran en la Figura 22.

#### Figura 22.

Resultado de interlaboratorio entre J.Li Metrology S.A.C y HN proficiency Inc.



**Proficiency  
Testing, Inc.**

8520 Allison Pointe Boulevard, Suite 220, Indianapolis, IN 46250

JLI REPRESENTACIONES E.I.R.L.  
JOSÉ RICARDO BELLÓN ARRIOLA

General Varela 1891  
Brena, Lima 15083

Reporte Preliminar no: **9783**

Teléfono: (57) 300 800 6025  
E-mail: gerencia@cocr.co



Nombre del Participante: JOSÉ RICARDO BELLÓN ARRIOLA  
Código del Participante: 18211  
Artefacto: Tacómetro  
Ensayo de Aptitud: TM2-a  
Semana del ensayo: 16/11/2020

Coordinador: Henrik S. Nielsen

Resultados ingresados por su laboratorio:

#### Reporte Preliminar

Item de ensayo	Valor Nominal	Valor de Referencia	Incertidumbre de Referencia	Sus Valores Medidos	Sus Incertidumbres Estimadas	Error	Valor En
30 RPM Optical	30 RPM	30	0.2	30	0.1	0	0.00
600 RPM Optical	600 RPM	599.9	0.2	599.9	0.1	0	0.00
1800 RPM Optical	1800 RPM	1799	1	1799	1	0	0.00
9000 RPM Optical	9000 RPM	8999	1	8999	1	0	0.00
36000 RPM Optical	36000 RPM	35998	1	35998	1	0	0.00
60000 RPM Optical	60000 RPM	59998	2	59998	1	0	0.00
95000 RPM Optical	95000 RPM	94997	3	94997	1	0	0.00
100 RPM Mech.	100 RPM	100	0.2				
1000 RPM Mech.	1000 RPM	1000	1				
3600 RPM Mech.	3600 RPM	3600	1				
7500 RPM Mech.	7500 RPM	7499	2				

El análisis de los resultados se realiza bajo el criterio de error normalizado, donde:

$$E_n = \frac{X_{LAB} - X_{Ref}}{\sqrt{U_{LAB}^2 + U_{Ref}^2}} \leq 1,0$$

$$|E_n| \leq 1,0 \quad ; \text{ Conforme}$$

$$|E_n| > 1,0 \quad ; \text{ No conforme}$$

$X_{LAB}$ : Valor medido del laboratorio

$X_{Ref}$ : Valor medido del laboratorio de referencia

$U_{LAB}$ : Incertidumbre del laboratorio

$U_{Ref}$  : Incertidumbre del laboratorio de referencia.

Los resultados del ensayo fueron entregados el 28 de julio del 2021 (Anexo 3). Los resultados fueron satisfactorios, el criterio de aceptación utilizado fue el error normalizado.

## **2.6. Seguimiento de las acreditaciones de la empresa bajo la norma ISO/IEC 17025**

Para poder mantener las acreditaciones otorgadas por INACAL para la calibración de Multímetros Digitales, Pinzas Amperimétricas, Registradores de Tensión y Tacómetros ópticos; el área de Aseguramiento Metrológico se encarga de cumplir con los requisitos del sistema de gestión de medición del laboratorio, el cual consta de los siguientes puntos:

### **2.6.1. Programas de mantenimiento, calibración y verificación de equipos**

Los laboratorios de Electricidad, Tiempo y Frecuencia cuentan con un programa de mantenimiento, calibración y verificación de los patrones de trabajo, patrones de referencia y equipos auxiliares.

El cumplimiento de este programa tiene como fin asegurar el control de los equipos

requeridos para el servicio de calibración, estos patrones deben ser revisados constantemente, debido a que las calibraciones se realizan tanto a nivel nacional como internacional y debe cumplirse procedimientos de logística.

## 2.7. Capacitación al personal técnico del laboratorio

La norma NTP ISO/IEC 17025:2017 indica en el punto 6.2.3 El laboratorio debe asegurarse de que el personal tiene la competencia para realizar las actividades del laboratorio de las cuales es responsable. (Norma Técnica Peruana 2017. NTP-ISO/IEC 17025, 2017) Por tal motivo, el jefe de aseguramiento metrológico le da capacitaciones constantemente.

## 2.8. Análisis de incertidumbre

La metrología es costosa, por lo tanto, se debe tener en cuenta la calidad de las mediciones que el laboratorio entrega. El tema de calidad de las mediciones parte de los propósitos y de los requisitos establecidos que debe cumplir el laboratorio y de las necesidades de las personas que prestamos servicio. Por tal motivo, el área de Aseguramiento Metrológico analiza temas de incertidumbre, que están relacionados al lugar donde se envían los patrones a calibrar por el nivel de incertidumbre de calibración que entregan. Esto se tiene en cuenta porque dependiendo de la magnitud, la incertidumbre por certificado es la que tiene mayor porcentaje de influencia en la incertidumbre combinada. A continuación, se presenta el presupuesto de incertidumbre para la calibración de registradores de tensión, donde la incertidumbre por certificado tiene una influencia del 99,44%.

$$e_M = (I_M + \delta I_M + \delta I_{MT}) - (I_P + \delta I_{PC} + \delta I_{PME})$$

Donde:

$I_M$  : Indicación del registrador cuando se aplica la señal con el calibrador.

$\delta I_M$ : Corrección debida a la resolución del registrador cuando se aplica la señal

con el calibrador ( $\overline{\delta I_M} = 0$ )

$\delta I_{MT}$  : Corrección debida a la temperatura de funcionamiento del registrador.

( $\overline{\delta I_{MT}} = 0$ )

$I_P$  : Valor de la señal aplicada con el calibrador. (tensión alterna a 60 Hz).

$\delta I_{PC}$  : Corrección de la señal aplicada del calibrador debido a su calibración.

$\delta I_{PME}$  : Corrección de la señal aplicada del calibrador debida a múltiples efectos.

Ecuación de propagación de incertidumbre para la función  $u(y)$  es la siguiente:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 x u^2(x_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 x u^2(x_i)}$$

coeficiente de sensibilidad

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$$

$$u^2(e_M) = c_1^2 x u^2(I_M) + c_2^2 x u^2(\delta I_M) + c_3^2 x u^2(\delta I_{MT}) + c_4^2 x u^2(\delta I_{PC}) + c_5^2 x u^2(\delta I_{PME})$$

Incertidumbre debida a la variación de las lecturas del registrador a calibrar.

$$u(I_M) = \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{n-1} x \sum_{i=1}^n (I_{Mi} - \overline{I_M})^2\right)}}{\sqrt{n}}$$

Incertidumbre debida a resolución del registrador a calibrar

$$u(\delta I_{MT}) = \frac{\text{resolución}}{2\sqrt{3}}$$

Incertidumbre debida a la temperatura de funcionamiento del registrador a calibrar.

$$u(\delta I_{MT}) = \frac{C_{M0} \times \Delta T}{\sqrt{3}}$$

Incertidumbre de la señal aplicada del calibrador debida a múltiples efectos

$$u(\delta I_{PME}) = \frac{\text{Especificaciones}}{\sqrt{3}}$$

Incertidumbre debido al certificado del patrón

$$u(\delta I_{PC}) = \frac{U_P}{K}$$

La incertidumbre estándar, asociada con la salida estimada viene dada por

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)}$$

donde

$$u_i^2(y) = u^2(x_i)$$

Luego hallamos el grado efectivo de libertad de la siguiente manera (*Evaluación de datos de medición Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida, 2008*):

$$\frac{u_c^4(y)}{v_{eff}} = \sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{v_i}$$






Finalmente calculamos la incertidumbre expandida U como:  $U = k \times u(y)$ , que es la incertidumbre de calibración del instrumento para un nivel de confianza aproximado del 95% y un factor de cobertura k.

$$U_{Exp} = k \times u_c$$



**Figura 23.**

*Presupuesto de incertidumbre para registradores de tensión para el punto de 60 V.*

Valor	60,000	V				
Magnitud	Valor estimado	Función de densidad de probabilidad	Incertidumbre estándar	Coefficiente de sensibilidad	Contribución a la incertidumbre	Aporte a la incertidumbre
	V		V		rpm	%
$I_M$	60,0		0,000	1	3,55271E-15	0,00
$u(\delta I_M)$	0		0,0028868	1	0,002886751	0,16
$u(\delta I_{MT})$	0		0	1	0	0,00
$u(\delta I_{PME})$	0,00		0,00446	-1	-0,00446	0,39
$u(\delta I_{PC})$	-0,0075		0,071	-1	-0,071	99,44
$E$	-0,0025	$u_C$	0,07119849			100
		$U_{EXP}$	0,14			

## 2.9.Verificación de métodos normalizados.

La Norma NTP-ISO/IEC 17025:2017 indica en el punto 7.2.1.5 El laboratorio debe verificar que puede llevar a cabo apropiadamente los métodos antes de utilizarlos, asegurando que se puede lograr el desempeño requerido. Para poder cumplir periódicamente este punto, los procedimientos de pinzas amperimétricas y multímetros digitales son verificados; analizando algunos puntos como: características metrológicas, repetibilidad y reproducibilidad del método, Exactitud, veracidad, robustez del método. Etc. En la tabla x se muestra las características metrológicas necesarias para cumplir con el PC-021 “Procedimiento para la calibración de multímetros digitales”.

**Tabla 20.**

*Verificación de características metrológicas del procedimiento para la calibración de multímetros digitales. (INACAL, 2016)*

Características Metrológicas		Requisitos Metrológicos del procedimiento	Verificación
Resolución	0,1 $\mu\text{V}$ DC/AC; 1 nA DC; 0,01 $\mu\text{A}$ AC; 0,0001 $\Omega$	5 1/2 dígitos	Cumple
Exactitud	$\pm (20 \text{ ppm} + 1\mu\text{V})$	0,01%	Cumple
Incertidumbre	$U_{CAL} < 3 EMP_{IBC}$	$U_{CAL} < 3 EMP_{IBC}$	Cumple
Rango	0 a $\pm 1020 \text{ V DC}$ ; 1mV a 1020 V AC (10 Hz a 500 kHz); 0 a $\pm 20,5 \text{ A DC}$ ; 29 $\mu\text{A}$ a 20,5 A AC; 0 a 1100 $\text{M}\Omega$	VDC (10 mV a 1000 V); VAC (10 mV a 1000 V); CC (1 mA a 20 A); CA (1 mA a 20 A); R (1 $\Omega$ a 100 $\text{M}\Omega$ )	Cumple
Tensión de Funcionamiento	220 V $\pm$ 10%	220 V $\pm$ 10%	Cumple

### III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN

#### 3.1. Implementar la ISO 10012 en los laboratorios de electricidad, tiempo y frecuencia

De acuerdo con la descripción de actividades desarrolladas en la experiencia profesional, uno de los mayores aportes en el área de aseguramiento metrológico es implementar la ISO 10012, con el fin de permitir una mejor gestión de los procesos de medición y la confirmación de los equipos de medición.

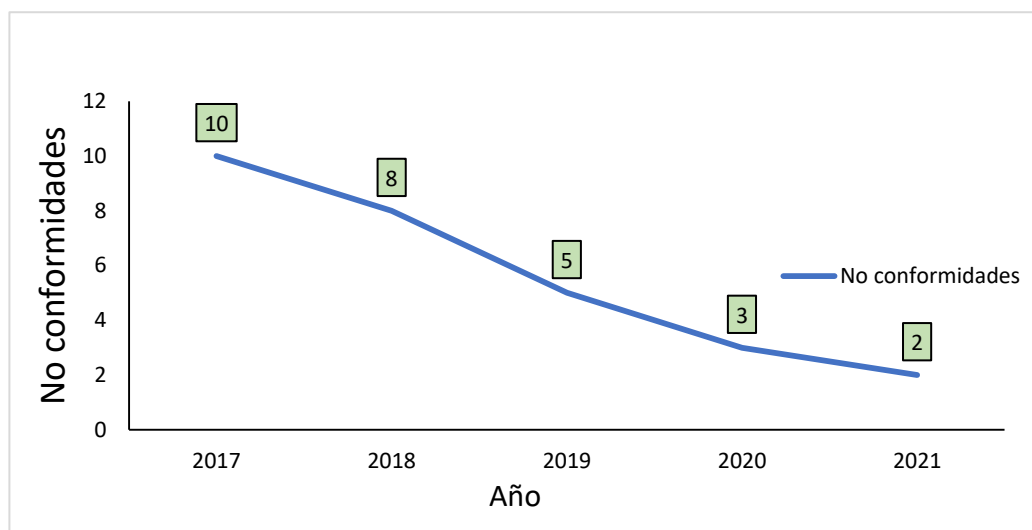
La implementación de la ISO 10012 permite:

- ✓ Garantizar un nivel de precisión en la medición, ayudando a reducir pérdidas económicas.
- ✓ Complementar los puntos de la norma NTP-ISO/IEC 17025: 2017 concernientes a personal, instalaciones, condiciones ambientales, equipamiento, trazabilidad metrológica, manipulación del ítem de ensayo y calibración, aseguramiento de la validez de los resultados.
- ✓ Mejorar la gestión y operación de las actividades metrológicas de la empresa J.Li representaciones S.A.C., incrementado de ese modo la fiabilidad de las mediciones.
- ✓ Gestionar el funcionamiento correcto del equipamiento del laboratorio, con el fin de dar confianza a las mediciones obtenidas en los resultados de calibración.

La implementación de la NTP-ISO 10012: 2003 por otro lado, ayudo a minimizar cada año la cantidad de no conformidades en las magnitudes de electricidad, tiempo y frecuencia; solo en la evaluación técnica. En la Figura 24

**Figura 24.**

*Tendencia de No conformidades concernientes al área técnica en procesos de auditorias*



### **3.2. Lograr la acreditación en el 2018 ante INACAL, bajo la norma NTP-ISO/IEC**

#### **17025:2017**

El 12 de diciembre del 2018 se logró la acreditación ante INACAL para la calibración de multímetros digitales con número de registro LC-028. (ANEXO 1)

El que INACAL reconozca formalmente nuestra competencia técnica mediante un proceso de auditoria riguroso, ayudo a aumentar la cartera de clientes, lo que beneficio a la empresa J.Li representaciones E.I.R.L.

Las ventajas de lograr la acreditación fueron las siguientes:

- ✓ Asegura los resultados de las pruebas realizadas por el laboratorio son correctas y rigurosas. Ya que permite determinar que se está efectuando el trabajo correctamente y de acuerdo a las normas apropiadas.
- ✓ Reconocimiento a nivel Nacional e Internacional en servicios de calibración de equipos eléctricos.

- ✓ Mayor cartera de clientes y satisfacción de los mismos, ya que existe mayor confiabilidad del proceso de calibración de sus equipos.
- ✓ La acreditación del laboratorio por INACAL, tiene validez a nivel nacional e internacional, por ende, también sus resultados, creando así un marco para apoyar el comercio internacional mediante la eliminación de barreras técnicas, marco que es administrado por el IAF (Fondo Internacional de Acreditación).
- ✓ El alcance de acreditación obtenida por el laboratorio J.Li Metrology S.A.C. fue solo para la calibración de Multímetros Digitales en el 2018.

### **3.3.Aumentar el alcance de la empresa J.Li Metrology S.A.C.**

En el 2021 se decidió aumentar el alcance de acreditación del laboratorio. Para lograr esta meta se tuvo que implementar un protocolo de validación de métodos, ya que no había procedimientos normalizados el cual utilizar como, por ejemplo: procedimientos de INACAL, CEM, CENAM, entre otros.

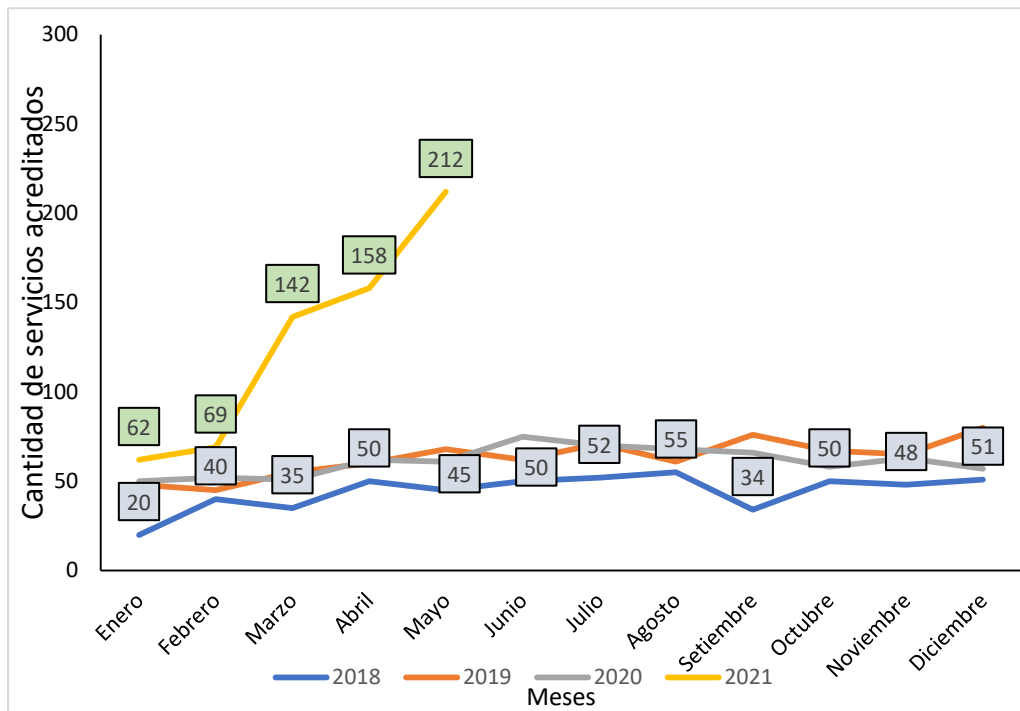
Se implementó además procedimientos de calibración para tacómetros ópticos utilizando como patrón un receptor GPS y registradores de tensión utilizando como patrón un calibrador multifunción, estos métodos de calibración se validaron.

Se pasaron las auditorías externas por parte de INACAL con resultados satisfactorios. (Anexo 2).

Esta ampliación obtenida el 24 de febrero del 2022, ayudo a aumentar el número de servicios de calibración acreditados. (Figura 25).

**Figura 25.**

*Aumento de servicios de calibración después aumentar el alcance de acreditación.*



#### IV. CONCLUSIONES

- ✓ La implementación y seguimiento de la gestión metrológica en los laboratorios de electricidad, tiempo y frecuencia, ha generado un aumento en los servicios de calibración de alrededor de un 70% entre los años 2018 y 2021. Este aumento económico ha servido para poder invertir en otras acreditaciones como por ejemplo registradores de tensión y tacómetros ópticos.
- ✓ Se logró controlar eficazmente los patrones de referencia, patrones de trabajo e instrumentos auxiliares con ayuda de criterios estadísticos, mejorando la exactitud de los resultados de calibración.
- ✓ En el 2018 y 2019 la mayoría de quejas y reclamos por parte de los clientes se encontraba en la emisión de certificado de calibración, las fallas eran de alrededor del 10% del total de certificados emitidos mensualmente. A partir de las mejoras del aseguramiento metrológico los reclamos se han reducido hasta 2%.
- ✓ Mejores calificaciones en auditorías externas de empresas del sector industrial. Esto es beneficioso para el laboratorio de metrología, ya que se mantiene la cartera de clientes.
- ✓ Al realizar la confirmación metrológica y cumplir con los requisitos metrológicos de los clientes por ejemplo mejorando nuestra incertidumbre de medición, ha generado un aumento de clientes.
- ✓ Finalmente, la gestión metrológica hizo posible aumentar y mejorar nuestro alcance de acreditación, con este logro en febrero del 2022, el laboratorio J.Li Metrology S.A.C. se posicionó a nivel nacional como el laboratorio de calibración con mayor capacidad en servicios de calibración acreditados en la magnitud eléctrica. (Anexo 4).

## V. RECOMENDACIONES

- ✓ Es de vital de importancia tener en cuenta la estructura organizacional adecuada para realizar procesos metrológicos confiables siendo documentados con las responsabilidades de cada miembro de área, pues los resultados obtenidos deben ser realizados y evaluados por un personal con conocimientos del tema.
- ✓ Se recomienda adquirir equipos patrones con características metrológicas que cumplan con los procedimientos de calibración y con los requisitos del cliente al momento de realizar el servicio.
- ✓ Se sugiere aplicar la gestión metrológica en todos los servicios de calibración para reducir pérdidas económicas.
- ✓ Por lo expuesto anteriormente, se recomienda que los laboratorios de calibración a nivel nacional implementen la norma ISO/IEC 10012, con el fin de mejorar el aseguramiento metrológico y brindar a los clientes resultados confiables.



## VI. REFERENCIAS

Cabrera, G., Zanazzi, J. F., Zanazzi, J. L., & Boaglio, L. (2017). Comparación de potencias en pruebas estadísticas de normalidad, con datos escasos. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 4(2), 47-47.

*Evaluación de datos de medición Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida* (2008).

Recuperado 2 de junio de 2022, de

<https://www.cem.es/sites/default/files/gum20digital1202010.pdf>

INACAL 2016. (2016). *Procedimientos de calibración de multímetros digitales-INACAL, 2016*. INACAL portal. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/procedimientos-de-calibracion>

*ISO 10012:2003, Sistemas de gestión de las mediciones—Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición*. (s. f.). Recuperado 2 de junio de 2022, de

<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:10012:ed-1:v1:es:fn:1>

Lineamientos para la determinación de intervalos de calibración de los instrumentos de medición, (2007). Recuperado 2 de junio de 2022, de [https://oha.hondurascalidad.org/wp-content/uploads/Documentos\\_OHA/OtrosDocs/Guia\\_ILAC\\_G24\\_2007\\_OHA.pdf](https://oha.hondurascalidad.org/wp-content/uploads/Documentos_OHA/OtrosDocs/Guia_ILAC_G24_2007_OHA.pdf)

Norma Técnica Peruana 2017. NTP-ISO/IEC 17025. (2017). Recuperado 2 de junio de 2022, de [https://transparencia.produce.gob.pe/images/stories/Repositorio/transparencia/proyectos-de-inversion/niveles-de-servicio/2021/ITP/NC/NTP\\_ISO\\_IEC\\_17025\\_2017.pdf](https://transparencia.produce.gob.pe/images/stories/Repositorio/transparencia/proyectos-de-inversion/niveles-de-servicio/2021/ITP/NC/NTP_ISO_IEC_17025_2017.pdf)

*Proceso de confirmación metrológica dentro de una organización productiva*. (2008). Recuperado 2 de junio de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920454035.pdf>

*Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados* (2012). Recuperado 2 de junio de 2022, de <https://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web.pdf>

Anexo 1



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

# JLI METROLOGY S.A.C.

**Laboratorio de Calibración**  
En su sede ubicada en: Jirón General Varela N° 1891, distrito de Breña, provincia Lima y departamento Lima.

Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.**

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-act-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de febrero de 2022  
Fecha de Vencimiento: 23 de febrero de 2026



Empleo designado por RODRIGUEZ ALEGRIA Alejandra FAU  
D00002083075 5411  
Fecha: 2022-04-29 19:28:11  
Número del Documento

**ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRIA**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 21 de abril de 2022

Cedula N° : 051-2022-INACALDA  
Adenda N°1 del Contrato N° 045-2018/INACAL-DA  
Adenda N° 02 del contrato N° 045-2018/INACAL-DA  
Registro N° : LC - 028

El presente certificado deja valider con su correspondiente Alcance de Acreditación y óscula de notificación dado que el alcance puede estar suero a ampliaciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/acreditados), y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MRLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Meso con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-act-01P-02M Ver. 03



## Anexo 2



PERÚ

Ministerio  
de la ProducciónInstituto Nacional de Calidad  
INACAL

Dirección de Acreditación

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

San Isidro, 01 de diciembre de 2021

**OFICIO N° 1972 -2021-INACAL/DA-UFTA**

Señor

**Julio Li Chan**

Representante Legal

**J.LI REPRESENTACIONES E.I.R.L.**

Jirón General Varela N° 1891, Breña.

Cercado de Lima.-Correo electrónico: [calidad@jli.com.pe](mailto:calidad@jli.com.pe)

Asunto : Proceso de Ampliación- Aceptación de propuestas

Referencia : Expediente N° 0125-2021-DA

Me dirijo a usted, con relación al proceso de ampliación de la acreditación de **J.LI REPRESENTACIONES E.I.R.L.**, como Laboratorio de Calibración, que se sigue en el expediente de la referencia, para informarle lo siguiente:

1. El Evaluador líder ha manifestado su conformidad respecto a las propuestas de acciones correctivas presentadas para subsanar la No Conformidad detectada en la evaluación de campo inicial.

El Registro y Seguimiento de No Conformidades DA-acr-11P-16F, en el cual el evaluador líder ha incluido comentarios de la revisión, se enviará vía correo electrónico.

2. Si bien las propuestas de corrección, análisis de causas y acciones correctivas han sido aceptadas, en la evaluación complementaria el evaluador líder solicitará más información para verificar la implementación de estas acciones.
3. De acuerdo con el ítem 5.13. del Procedimiento General de Acreditación (DA-acr-01P, Ver. 06), *"El plazo máximo para la aceptación de propuestas e implementación de las acciones correctivas es de 60 (sesenta) días de recibido el Registro de Seguimiento de No Conformidades"*.

Sin otro en particular, quedo de usted.

Atentamente.



Firmado digitalmente por  
CENTENO ROMERO Alexandra  
FAU 20600283015 soft  
Fecha: 2021/12/01 16:43:16-0500  
Motivo:En Señal de Conformidad

**ALEXANDRA CENTENO ROMERO**

Coordinador Responsable

Unidad Funcional Técnica de Acreditación

Dirección de acreditación

PARMVS

## Anexo 3



**Proficiency  
Testing, Inc.**

8520 Allison Pointe Blvd. Suite 220, Indianapolis, IN 46250  
web: www.HN-Proficiency.com

Phone: (317) 713 2988  
Fax: (866) 792 2286  
E-mail: service@hn-proficiency.com

miércoles, 28 de julio de 2021

Estimado señor o señora JOSÉ RICARDO BELLÓN ARRIOLA,

Se adjunta el informe final del ensayo de aptitud TM2-a - Tacómetro.

El código que lo identifica es: **18211** para el participante JOSÉ RICARDO BELLÓN ARRIOLA. Sus resultados se podrán identificar con el código mencionado anteriormente en todo el informe para proteger su anonimato.

Dado que el artefacto utilizado en el ensayo mostro ser estable cuando revisé los resultados de los participantes en orden cronológico, decidí cerrar la ronda del ensayo sin realizar la calibración final del laboratorio de referencia. Entonces, los valores de referencia finales son los mismos que los valores de referencia originales.

Ningún participante midió ninguno de los puntos de prueba mecánicos, por lo que no los he incluido en el informe final.

El participante 4644 tiene 2 resultados insatisfactorios. Todos los demás participantes se han desempeñado satisfactoriamente en la prueba.

Consulte la "Guía para leer el informe final" adjunta para obtener una explicación más detallada sobre cómo leer el informe o llámenos si tiene alguna pregunta.

Esta carta contiene opiniones e interpretaciones y no es una parte integral del informe de la prueba de competencia.

No dude en ponerse en contacto con nosotros si tiene alguna pregunta o comentario sobre este informe.

Gracias por utilizar las Pruebas de aptitud de HN, esperamos poder satisfacer sus necesidades de pruebas de aptitud en un futuro próximo.

sinceramente,

Dr. Henrik S. Nielsen

## Anexo 4



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

San Isidro, 18 de marzo de 2022

**OFICIO N° 0566-2022-INACAL/DA-UFTA**

Señor

**Julio Li Chan**

Representante Legal

**J.LI REPRESENTACIONES E.I.R.L.**

Jirón General Varela N° 1891

Breña.-

Correo electrónico: [calidad@ili.com.pe](mailto:calidad@ili.com.pe)


Asunto : Renovación - Entrega de certificado de renovación

Referencia : Expediente N° 0124-2021-DA

Me dirijo a usted, a fin de remitir en adjunto un (01) ejemplar digital del Certificado de Renovación de la Acreditación de J.LI REPRESENTACIONES E.I.R.L., como Laboratorio de Calibración, en virtud a la renovación de la acreditación otorgada mediante Cédula de Notificación N° 0051-2022-INACAL/DA.

Sin otro en particular, quedo de usted.

Atentamente.

 Firmado digitalmente por CENTENO ROMERO  
Alexandra FAU 29600283015 soft  
Fecha: 2022/03/18 12:17:30-0500  
Motivo: En Señal de Conformidad

**ALEXANDRA CENTENO ROMERO**

Coordinador Responsable

Unidad Funcional Técnica de Acreditación

Dirección de acreditación

PAR/MVS