

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA  
OPTAR POR EL TÍTULO DE BACHILLERATO  
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL LABORATORIO  
DE CALIBRACIÓN EN LA EMPRESA MEDPLAST  
MEDICAL, COSTA RICA 2018**

**REALIZADO POR RICARDO VALERIO CHACÓN**

**TUTOR: ING. EDWIN VARGAS LEÓN**

**HEREDIA, ENERO, 2019**

## Declaración jurada

### DECLARACIÓN JURADA

Yo Ricardo Esteban Valerio Chacón, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 4-02110961 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachiller, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: “REDUCCION DE COSTOS EN EL LABORATORIO DE CALIBRACION EN LA EMPRESA MEDPLAST MEDICAL, COSTA RICA 2018”, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los veintidós días del mes de Diciembre del año dos mil dieciocho.

Ricardo Valeno

Firma del estudiante

Cédula: 402110961

## Carta de aprobación del tutor

### CARTA DEL TUTOR

Heredia, 22 de Diciembre de 2018

**Destinatario**  
**Carrera**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante Ricardo Esteban Valerio Chacón, cédula de identidad número 4-02110961, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: "REDUCCION DE COSTOS EN EL LABORATORIO DE CALIBRACION EN LA EMPRESA MEDPLAST MEDICAL, COSTA RICA 2018", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachiller en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	19%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	88.5%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	17.5%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	17%
	TOTAL		91

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



**Ing. Edwin Vargas León**  
**Cédula identidad N° 4-01670771**  
**Carné Colegio Profesional: N° 18468**

## Carta de lector

San José, 16 de enero de 2019.

*Señores*

*Registro*

*Universidad Hispanoamericana*

Estimados señores:

El estudiante RICARDO VALERIO CHACÓN, cédula de identidad 402110961, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN EN LA EMPRESA MEDPLAST MEDICAL, COSTA RICA 2018**, el cual ha elaborado para optar por el grado de **Bachillerato en Ingeniería Industrial**.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,

DIANA  
FRANCELA  
CORDOBA PEREZ

Firmado digitalmente  
por DIANA FRANCELA  
CORDOBA PEREZ  
Fecha: 2019.01.16  
07:41:32 -06'00'

*Ing. Diana Córdoba Pérez, M.Sc, M.Ed*

*Cédula: 1-1238-122*

## Carta de aprobación de filólogo

Cartago, 21 de enero de 2019

Señores:

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 1-1429-0780, bachiller en Filología española, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica código 75402, hago constar que he revisado el proyecto titulado:

**Reducción de costos en el laboratorio de calibración en la empresa MedPlast Medical, Costa Rica 2018**

Dicho documento fue elaborado por Ricardo Valerio Chacón, cédula de identidad 4-0211-0961. El proyecto fue realizado con el fin de optar al grado de Bachillerato En Ingeniería Industrial. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico. Por lo tanto, con los cambios aplicados, considero que está listo para ser presentado.

Atentamente,

*Fernanda S. Coto*



María Fernanda Sanabria Coto  
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225  
Colypro. Código 75402  
fernanda.sanabria@filologos.cr

## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto a Dios, por darme la fuerza, salud y el valor para llevar a cabo este proyecto y, principalmente, a mis padres, quienes siempre han estado a mi lado brindándome el apoyo necesario de forma incondicional y que gracias a su sacrificio han hecho posible el terminar esta etapa.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a ese grupo de compañeros y profesionales que se vieron de una u otra forma involucrados en la realización de este proyecto, así como a la empresa MedPlast, por brindarme la confianza y la oportunidad de llevar a cabo dicho proyecto.

De igual manera, a mi tutor el Ing. Edwin Vargas León, por su gran ayuda como mentor y guía a lo largo de este extenso y complejo proceso.

## Índice

Declaración jurada .....	ii
Carta de aprobación del tutor .....	iii
Carta de lector .....	iii
Carta de aprobación de filólogo .....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimientos .....	vii
Índice .....	viii
Índice de figuras.....	xii
Índice de tablas .....	xiii
Acrónimos y siglas.....	xiv
<b>CAPITULO I: INTRODUCCION .....</b>	<b>xvii</b>
1.1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO.....	18
1.2 IDENTIFICACION DE LA EMPRESA.....	19
Descripción general de la empresa .....	19
Visión .....	19
Misión .....	19
Política de calidad .....	20
Estructura Organizativa de la Empresa .....	20
Antecedentes.....	22
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	24
La idea del problema.....	24
Definición del problema.....	24
Justificación.....	25
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	26
1.4.1 Objetivo general.....	26
1.4.2 Objetivos específicos.....	26
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	27
1.5.1 Alcances .....	27
1.5.2 Limitaciones .....	27
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO .....</b>	<b>28</b>
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	29

2.1.1 La influencia de la metrología en el aseguramiento de la calidad y en laboratorios de calibración.....	29
2.1.2 La calibración de instrumentos en la Industria Médica .....	30
Calibración “in house” .....	31
Calibración Externa .....	31
2.1.3 La eficiencia en la administración de los recursos de un departamento .....	31
2.1.4 La medición y análisis en el proceso de reducción de costos .....	32
Diagrama de Flujo .....	32
Diagrama de Pareto .....	33
Diagrama de Gantt.....	33
Diagrama de Ishikawa .....	33
2.1.5 Investigación y exploración de sistemas ajenos al proyecto .....	34
2.2 MARCO CONCEPTUAL GENERAL ATINENTE A LA GESTION DEL PROYECTO .....	34
Definir: .....	35
Medir: .....	35
Analizar: .....	35
Mejorar: .....	35
Controlar: .....	36
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO .....	36
2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES .....	37
<b>CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO .....</b>	<b>39</b>
3.1 METODOLOGIA PARA LA DEFINICION DEL PROBLEMA .....	40
3.1.1 Entrevistas.....	40
3.1.2 Diagrama de flujo.....	40
3.1.3 Indicadores de control de costos .....	41
3.1.4 Diagrama de Pareto .....	41
3.1.5 Ciclo de Deming .....	41
3.2 METODOLOGIA PARA LA MEDICION Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO .....	42
3.3 METODOLOGIA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCION O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO .....	44
3.4 METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO .....	45
Planificación:.....	46
Hacer:.....	46
Verificar: .....	46

Actuar: .....	46
3.5 METODOLOGIA PARA LA VERIFICACION, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.....	47
<b>CAPITULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS .....</b>	<b>49</b>
4.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	50
4.1.1 Mano de obra.....	53
4.1.2 Método .....	54
4.1.3 Maquinaria.....	54
4.1.4 Medición .....	55
4.1.5 Materiales .....	57
4.1.6 Personal .....	58
4.1.7 Alcance de servicios de calibración del laboratorio .....	59
4.2 RECOLECCION DE INFORMACIÓN .....	60
4.2.1 Categorización de los costos del laboratorio de calibración .....	65
4.2.2 Presupuesto destinado versus costos operacionales .....	68
<b>CAPITULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN .....</b>	<b>71</b>
PROPUESTAS.....	72
5.1 ACTUALIZACION DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTOS.....	72
Fuente: Elaboración propia.....	73
5.2 IMPLEMENTACION DE NUEVAS HERRAMIENTAS DE PROCESO.....	74
5.3 ACTUALIZACION Y CREACION DE PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACION .....	77
5.3.1 Actualización de procedimientos de calibración .....	79
5.3.2 Creación de nuevos procedimientos de calibración .....	80
5.4 FIRMA DE CONTRATO DE EXCLUSIVIDAD CON LABORATORIO EXTERNO.....	83
5.4.1 Beneficios de la firma de contrato .....	85
5.5 PRESENTACION Y ANALISIS DE LAS PROPUESTAS.....	87
5.5.1 Plan de implementación de las mejoras.....	88
5.6 PROYECCION DE COSTOS CON PROPUESTAS APLICADAS .....	91
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>95</b>
6.1 CONCLUSIONES.....	96
6.2 RECOMENDACIONES.....	97
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>APENDICES .....</b>	<b>101</b>

Apéndice A.....	102
Apéndice B.....	107
<b>ANEXOS.....</b>	<b>120</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1. Organigrama de la empresa .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Figura 2. Organigrama Laboratorio de calibración .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3. Área de moldeo MedPlast Medical .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 4. Diagrama de flujo sistema de calibración .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 5. Diagrama Causa-Efecto .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 6. Costos por variable de calibración .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 7. Base de soporte.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 8. Proceso de creación / actualización de procedimientos.....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 9. Proceso de implementación de dispositivo de fuerza.....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 10. Diagrama de Gantt para la propuesta 1.....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 11. Diagrama de Gantt para la propuesta 2.....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 12. Diagrama de Gantt para la propuesta 3.....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 13. Diagrama de Gantt para la propuesta 4.....</b>	<b>90</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1. Alcance de servicios de calibración .....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 2. Costos internos desde 2016 hasta Junio 2018.....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 3. Salario del personal del laboratorio de calibración .....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 4. Calculo de horas extras del 2016 al 2018.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 5. Clasificación de los costos en el laboratorio de calibración.....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 6. Actualización de especificaciones de instrumentos .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 7. Proyección de las restantes calibraciones de fuerza en 2018 .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 8. Costo de calibración máquinas QMR por año.....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 9. Costo de calibración máquinas FSS por año .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 10. Comparación de opción de laboratorios.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 11. Presentación de las propuestas.....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 12. Cierre del año 2018 con propuestas implementadas .....</b>	<b>91</b>
<b>Tabla 13 Proyección de calibraciones externas para el año 2019.....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 14 Resumen de causas versus propuestas .....</b>	<b>94</b>

## Acrónimos y siglas

**AIR:** *Asset Induction Request* o Solicitud de ingreso de activos.

**DMAIC:** *define, measure, analyze, improve; control* o definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

**ISO:** *International Organization for Standardization* u Organización Internacional de Estandarización.

**NCR:** *Non Conformance Report* o Reporte de no conformidad.

**OEM:** *Original Equipment Manufacturer* o Fabricante de equipos originales.

**VST:** *Value Stream Team* o Equipo de flujo de valor.

## RESUMEN EJECUTIVO

Valerio, R. (2019). *Reducción de costos en el laboratorio de calibración en la empresa MedPlast Medical, Costa Rica 2018*. (Tesis inédita de Bachillerato) Universidad Hispanoamericana, Heredia, Costa Rica.

El presente proyecto se desarrolló en la compañía MedPlast Medical, ubicada en la Zona Franca Metropolitana en Heredia, trata sobre la elaboración de propuestas e implementación que generen una reducción de costos en el laboratorio de calibración de la empresa. La finalidad del proyecto fue realizar un estudio de la situación actual y detectar los principales factores que han incrementado los costos en los últimos periodos.

En la etapa de análisis de las causas, se logró definir cuál es la de mayor peso dentro del sistema, esta corresponde al tema de las calibraciones externas. Por lo cual, fue necesario generar un análisis robusto para conocer bien en cuáles falencias trabajar y así optimizar recursos. El principal camino para lograrlo fue categorizar el costo de cada variable de calibración y encontrar la solución adecuada para tratar de mejor forma cada una de ellas.

En la fase de diseño e implementación, se analizan los beneficios en relación con la inversión o trabajo por realizar para lograr la reducción de los costos. Las propuestas fueron valoradas minuciosamente por parte del laboratorio y también por gerencia, quienes dieron el visto bueno para proceder con su respectiva implementación.

Al estudiar las mejoras propuestas y su debida implementación, se obtuvieron grandes resultados, entre los que destacan: la mejor utilización de los recursos, la importante disminución del costo operacional por año representando una disminución de **\$9,666.85** en referencia al año 2017 y el mejor aprovechamiento del personal técnico del laboratorio.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## 1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Mediante la realización de este proyecto, se pretende llevar a cabo una reducción en los costos operacionales en el laboratorio de calibración de la empresa MedPlast Medical Costa Rica. Para ello se requiere de históricos de presupuestos de anteriores periodos, con el fin de determinar cuáles son los principales costos de operación del laboratorio.

Basado en este historial, se obtiene un punto de inicio para el análisis de las operaciones llevadas a cabo día a día, con el objetivo de determinar cuáles actividades no generan un valor agregado y pueden ser corregidas o reemplazadas por tareas que optimicen los recursos del departamento. Dadas las quejas en reuniones gerenciales de la compañía, se ha generado la necesidad de corregir la tendencia a la alza de los costos del laboratorio, debido a que, según el histórico de los recursos versus gastos fijos, es notable que se ha reducido el margen del presupuesto antes determinado.

La naturaleza de este proyecto se identifica con la línea de investigación de operaciones industriales, debido a que se busca la adecuada utilización de los recursos empleados y la mejora en la eficiencia en el sistema de calibración de MedPlast Medical.

## 1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

### Descripción general de la empresa

MedPlast Medical es un líder en el diseño, creación de prototipos, ingeniería, ensamblaje, fabricación de herramientas, así como producción de componentes y dispositivos para el mercado de la tecnología médica. La capacidad técnica de vanguardia de la compañía y el enfoque integral de servicio completo ofrecen una precisión sin igual, velocidad en el mercado, además de habilidades sinérgicas en elastómeros y termoplásticos. La compañía trabaja en estrecha colaboración con sus clientes, desarrolladores de productos en mercados, donde se garantiza una estricta calidad y cumplimiento, junto con el tiempo y la rentabilidad, que son de suma importancia.

### Visión

“Ser el socio de soluciones de extremo a extremo para OEM de atención médica, que ofrece el menor costo total de propiedad, la calidad sin compromisos y la entrega confiable de los componentes y dispositivos que mejoran y salvan vidas”

(Departamento de Recursos Humanos, 2018).

### Misión

“Un socio global de soluciones integradas para el diseño, la ingeniería y la fabricación de dispositivos y componentes médicos complejos. Nuestra gente aporta conocimientos altamente especializados y tecnologías y procesos exclusivos que

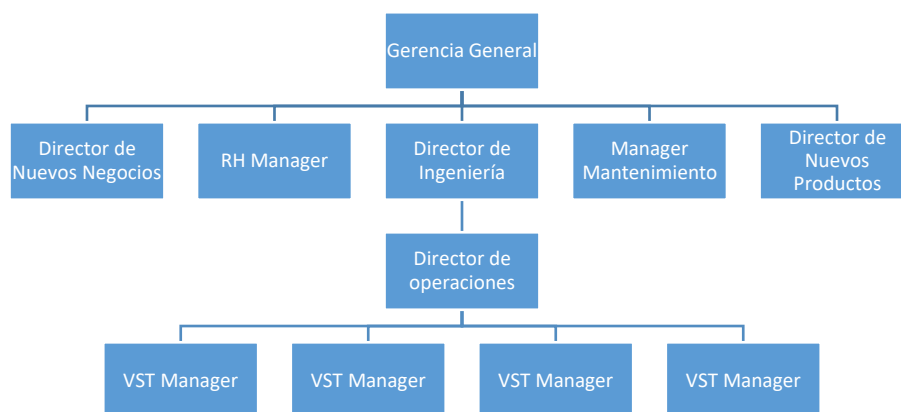
permiten a nuestros clientes hacer realidad sus visiones” Departamento de Recursos Humanos, 2018.

### **Política de calidad**

MedPlast está comprometido a cumplir con los requisitos de los clientes, de calidad, regulación y seguridad, así como a aumentar la satisfacción del cliente a través de la mejora continua de los servicios, los procesos, la tecnología y el Sistema de Gestión de Calidad. Todos los empleados de MedPlast están comprometidos a mantener la efectividad del Sistema de Gestión de la Calidad mediante auditorías y revisiones de gestión.

### **Estructura organizativa de la empresa**

La estructura organizacional de MedPlast se conforma por una Gerencia general, seguida por los *managers* de Mantenimiento, Nuevos negocios y de Recursos Humanos, en conjunto con los directores de Ingeniería y de Introducción de nuevos productos; seguidos por el director de Operaciones, quien dirige a los cuatro Value Stream Team Managers. A su vez, los VST son conformados por los departamentos de Calidad, Ingeniería, Operaciones y Soporte. A continuación, en la figura 1 se muestra el organigrama de la empresa:



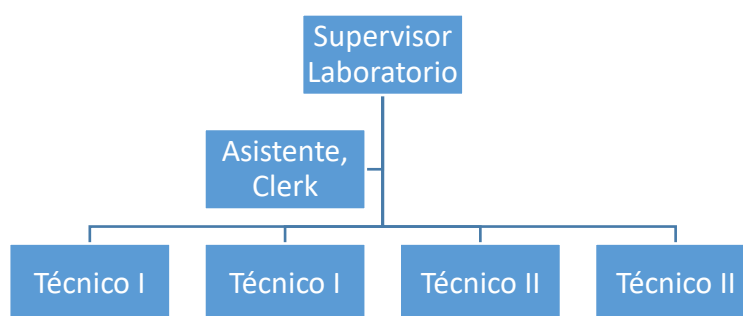
**Figura 1. Organigrama de la empresa**

Fuente: MedPlast Medical, Costa Rica.

El laboratorio de la empresa se encarga de la calibración de instrumentos que son utilizados para todos los procesos de producción y también instrumentos que monitorean condiciones en las facilidades de la empresa. En la actualidad, se calibran alrededor de 3192 instrumentos anualmente. Este número no es exacto, debido al crecimiento de las líneas de producción y al retiro de instrumentos por daño o por inactivación en el sistema de calibraciones. Las calibraciones que se realizan son en diferentes magnitudes, como presión, temperatura, tiempo, dimensional, flujo, fuerza, velocidad, humedad y variables eléctricas.

En el laboratorio de calibración laboran seis trabajadores: el supervisor de calibración, cuatro técnicos de calibración y un asistente. El supervisor está a cargo del laboratorio y es el responsable de velar por la administración de los recursos, delegación de órdenes de trabajo e investigaciones correspondientes a no conformidades referentes al laboratorio de calibración.

Por su parte, los técnicos son los responsables de ejecutar, documentar y dar seguimiento a las calibraciones programadas por el supervisor. Estas calibraciones son debidamente documentadas en el sistema Blue Mountain. No menos importante es el puesto de asistente, persona encargada de velar por la correcta documentación en el departamento, además de coordinar y controlar la logística de las calibraciones realizadas por entes externos. En la figura 2, se representa cómo está diseñado el organigrama del laboratorio de calibración:



**Figura 2. Organigrama Laboratorio de calibración**

Fuente: MedPlast Medical, Costa Rica.

## Antecedentes

MedPlast Medical es una empresa de capital estadounidense que se fundó en 2007; cuenta con 14 plantas distribuidas en seis países a nivel mundial, nueve de ellas en Estados Unidos y las restantes en México, China, Costa Rica, Puerto Rico y Reino Unido. En marzo de 2017, MedPlast adquirió la empresa Vention Medical en Barreal de Heredia, actualmente es la planta de producción en Costa Rica. La compañía cuenta

con cerca de 650 colaboradores distribuidos en cuatro edificios dentro de la Zona Franca Metropolitana, Heredia. Se labora en tres distintas jornadas las 24 horas del día.

Las actuales operaciones que ofrece la compañía son de tipo de moldeo, entre las que destacan: por inyección, soplado, compresión y transferencia, además, extrusión de silicona. Los mercados que tiene MedPlast hoy en día se concentran en empresas de industria médica ubicadas en Europa y Estados Unidos. En la figura 3 se muestra el área de moldeo de la empresa.



**Figura 3. Área de moldeo MedPlast Medical**

Fuente: MedPlast Medical, Costa Rica.

## 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### La idea del problema

La mala gestión de los recursos de una empresa siempre será una preocupación y necesidad por corregir en cualquier tipo de organización, por lo que es necesario optimizar los procesos actuales para generar una mejor productividad con mucho menos recurso económico. Dado esto y sumado a los incrementos del gasto total en los últimos periodos, es un deber por parte del laboratorio de calibración tomar cartas en el asunto y generar un ahorro en el desarrollo de las tareas diarias.

### Definición del problema

El problema se centra en la detección de altos costos operacionales en el departamento del laboratorio de calibración, sumado a los tiempos muertos debido a entrega y devolución de instrumentos calibrados por entes externos. Estos instrumentos calibrados por laboratorios externos no pueden ser calibrados en MedPlast debido a diferentes razones como:

- No poseer un estándar para realizar la calibración del instrumento.
- El no cumplimiento de relación 3:1 del patrón versus instrumento.
- No poder utilizar propios patrones, debido a que no están disponibles.
- No existe el método o procedimiento para calibrar un específico instrumento.
- La exclusividad por parte del proveedor externo de servicios con algunos instrumentos.

Esto ocasiona atrasos en las entregas de los instrumentos a las líneas de producción, provocando en algunos casos el paro en alguna de ellas, llevando a considerables pérdidas monetarias. Actualmente, la empresa tiene destinado un presupuesto para el área de calibraciones, pero el costo se ha incrementado en los últimos 18 meses. Los afectados son el propio laboratorio y los clientes internos.

### **Justificación**

Este proyecto viene a subsanar las necesidades del departamento estudiado, mediante la atención a factores más críticos que generan actualmente grandes desperdicios de los recursos de la empresa. La realización de este proyecto beneficia a los colaboradores del laboratorio de calibración, debido a que se busca una mejor utilización de los recursos actuales, además de beneficiar a las líneas de producción en las que requieren de servicios de calibración externa, ya que se reducen los tiempos de espera por parte del laboratorio. Además de proporcionar nuevos controles en busca de minimizar los costos operativos, con esto se impondría un antecedente en el laboratorio, debido a que actualmente se cuenta con pocas o nulas métricas de control de los recursos económicos.

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1 Objetivo general**

Reducir los costos internos en el laboratorio de calibración, por medio de un sistema de ahorro en las operaciones para la generación de mayores utilidades.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Identificar las principales fuentes generadoras de costos operacionales en el laboratorio de calibración.
2. Analizar los sistemas de control actuales para la extracción de información exacta y actualizada de los costos operacionales del departamento.
3. Evaluar cada tipo de costo, para la creación de planes de mejoras y reestructuración de la administración de los recursos del laboratorio.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 Alcances**

El alcance de dicho proyecto incluye el proceso completo de calibración del laboratorio de la empresa. No contempla los departamentos hermanos de calidad, debido a que cada uno de ellos cuenta con un sistema específico de controles internos. El proyecto se llevará a cabo desde el mes de mayo de 2018 hasta diciembre de 2018. De acuerdo con el desarrollo del proyecto, gerencia determinará la continuación e implementación del mismo para futuras mejoras en el laboratorio.

### **1.5.2 Limitaciones**

Por tema de confidencialidad de la empresa, no se podrán utilizar nombres reales de los clientes (líneas de producción), además de los nombres de los laboratorios externos que dan soporte a la compañía y de los proveedores de servicios e instrumentos.

Sumado a esto, documentos oficiales donde se registren datos o procesos no podrán ser compartidos, por lo tanto, para efectos del proyecto, los cambios de procedimientos y su debida implementación serán llevados a cabo con una plantilla ficticia, pero sin afectar su contenido original.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## **2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA**

Dentro del marco conceptual, se realiza una revisión de los principales tópicos y conceptos relacionados con la ingeniería industrial que brindan un gran sustento para el desarrollo del proyecto.

### **2.1.1 La influencia de la metrología en el aseguramiento de la calidad y en laboratorios de calibración**

En el campo de la industria médica, el uso de la metrología como herramienta de calidad es de vital importancia, debido a que, gracias a la metrología, se pueden validar procesos de producción, pruebas de calidad de los distintos productos y el uso de máquinas con variables que pueden ser medibles. La metrología brinda la confianza de asegurar el buen estado de los instrumentos utilizados en cualquier proceso en la compañía, con esto se logra trabajar en un ambiente siempre comprometido con la calidad y evitando defectos provocados por un mal accionar o malas mediciones de los instrumentos. Según Escamilla (2015): “Es la ciencia de la medición, comprendiendo las determinaciones experimentales y teóricas a cualquier nivel de incertidumbre en cualquier campo de la ciencia y tecnología” (p.12).

Bajo este concepto se parte para la creación de laboratorios de calibración y verificación de instrumentos de medición, como es el caso del laboratorio del proyecto en curso.

### 2.1.2 La calibración de instrumentos en la industria médica

MedPlast como industria altamente auditada requiere que todos sus instrumentos sean calibrados y que se encuentren dentro de los estándares de calidad que exigen las distintas normativas regulatorias. Por lo tanto, es necesario definir el término de calibración como la comparación directa entre un patrón de referencia previamente conocido contra un instrumento de medición. De acuerdo con esto, se debe tener un patrón de mayor precisión al instrumento por calibrar, para asegurar un valor verificable con confianza. Para realizar la calibración es necesario contar con una tolerancia, la cual en el contexto de metrología: "...puede definirse como diferencia entre el valor máximo y mínimo aceptable para una determinada magnitud" (Moro, 2000, p.30). La tolerancia de un instrumento puede ser unilateral: positiva (+) o negativa (-), también puede ser bilateral positiva y negativa ( $\pm$ ).

Cada uno de los instrumentos debe contar con tolerancia de proceso, la cual es asignada conociendo cuáles son los límites extremos (inferior y superior) del proceso donde se utiliza dicho instrumento. Seguidamente, al instrumento se le asigna una tolerancia de calibración, que va en relación con la tolerancia de proceso anteriormente determinada. Por normativa, esta tolerancia debe ser mínimo tres veces más exacta que la de proceso, con el objetivo de cubrir el rango de proceso. Esto quiere decir que, si el instrumento excede la tolerancia de calibración, no necesariamente excede la de proceso, esto con el fin de proteger el producto.

La calibración de instrumentos tiene como objetivo primordial verificar el correcto funcionamiento y su debido uso. Para el desarrollo del proyecto, es necesario conocer acerca de los tipos de calibración inmersos en los procesos cotidianos del laboratorio, los cuales son:

### **Calibración *in house***

Es la calibración que se realiza por parte de técnicos calificados dentro de la empresa, estas calibraciones son efectuadas en el propio laboratorio o en su caso *in situ*, que es cuando se hace la calibración en el sitio donde se encuentra el instrumento.

### **Calibración externa**

Son las calibraciones que requieren ser atendidas por un laboratorio ajeno o que el personal externo a la compañía ejecute las calibraciones en la propia empresa. Esto es debido a diferentes razones que obligan al laboratorio local a contratar servicios de calibración externos.

### **2.1.3 La eficiencia en la administración de los recursos de un departamento**

En la búsqueda de un sistema eficiente y esbelto de producción, las empresas requieren la mejor utilización de los recursos con los que cuentan, por lo tanto, es necesario tener claro el concepto de eficiencia, Andrade (2005) dijo que corresponde a la: “expresión que se emplea para medir la capacidad o cualidad de actuación de un

sistema o sujeto económico, para lograr el cumplimiento de objetivos determinados, minimizando el empleo de recursos” (p. 253).

Como lo menciona Deming con su frase: “Lo que no se mide no se puede controlar”, por ello es importante definir métodos de medición para, posteriormente, darle su debido control. Para esto se utilizan indicadores de control de costos, los cuales: “son los datos financieros, operativos, logísticos y de control que se obtienen por medio de sistemas de información de costos y que se utilizan para la toma de decisión empresarial” (Rincón, 2011, p.110). Expresando estos gráficos de control a nivel del laboratorio, se obtendrán importantes análisis para comprender la situación por la cual transcurre el laboratorio.

#### **2.1.4 La medición y análisis en el proceso de reducción de costos**

Para realizar un análisis exhaustivo de un problema, es necesario conocer de forma clara el proceso del sistema y consecuentemente recopilar información valiosa de históricos. Para ello, se utiliza la herramienta más acorde, que se trata del diagrama de flujo y mediante el diagrama de Pareto se pueden categorizar los principales costos del área. Posteriormente, se requiere de una planeación en el tiempo, la cual se obtiene mediante el diagrama de Gantt.

#### **Diagrama de flujo**

Es un esquema gráfico donde se exponen todas las actividades que conllevan la culminación de un proceso. Mediante diferentes figuras que son unidas con flechas, se

ejemplifican las etapas del proceso con un orden lógico que lo hace fácil de comprender. Gracias a este diagrama, se obtiene una visión entera a lo largo del proceso en una sola imagen.

### **Diagrama de Pareto**

Es una representación gráfica conformada por valores que van de mayor a menor y que tiene como objetivo determinar defectos, causas más comunes, quejas e inconsistencias en un sistema. Gracias a este diagrama, se puede apreciar cuáles son las variables más importantes entre un grupo previamente establecido.

### **Diagrama de Gantt**

Es una herramienta ingenieril que busca planificar actividades a través de una línea de tiempo. Puede ser utilizado para cualquier tipo de proyecto, ya que permite una clara visión del tiempo dedicado a cada tarea por realizar y también una pequeña descripción de la misma.

### **Diagrama de Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa también llamado diagrama causa-efecto: “sirve como vehículo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido” (Zapata y Villegas, 2006, p.40.). Es llamado así en honor a su creador el Dr. Kaoru Ishikawa.

### **2.1.5 Investigación y exploración de sistemas ajenos al proyecto**

Llegar a cumplir el objetivo de una organización siempre es complicado, por lo que en ocasiones se deben tomar como referencia a otras empresas similares. Para llegar a este punto, es necesario comprender el concepto de *Benchmarking*, que según David T. Kearns: “es el proceso continuo de medir productos, servicios y prácticas contra los competidores reconocidos como líderes en su sector”.

Con esto se puede conocer cómo operan los laboratorios de calibración y también aprender un poco de su sistema de gestión de costos, además de conocer sus formas de calibración de ciertos instrumentos.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL GENERAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO**

Para la realización del presente proyecto, se utilizará la metodología DMAIC, dicha herramienta está constituida por cinco etapas que incluyen definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Según McCarty (2004): “...es un proceso iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado, la realización de experimentos y su consecuente evaluación”.

Bajo esta temática y en conjunto con otras herramientas ingenieriles, se traza el camino para desarrollar el proyecto de la mejor forma posible. Estas cinco etapas se pueden definir de la siguiente forma:

**Definir:**

Es el primer paso del ciclo, donde se define el problema que se va a tratar y es donde se crean los objetivos y limitación de dicho problema. Es de suma importancia esta etapa para asegurar el camino al éxito del proyecto.

**Medir:**

Mediante esta etapa se recopila la información necesaria para cuantificar y medir el peso de la problemática actual. Se determinan indicadores que representen criticidad y oportunidades de mejora que estén afectando el proceso o sistema actual del proyecto.

**Analizar:**

Es la tercera etapa del ciclo, donde se pretende encontrar las causas que generan el problema anteriormente definido. Mediante el uso de herramientas, se busca llegar al trasfondo de la situación y así establecer los pasos por seguir para la solución del problema.

**Mejorar:**

En esta etapa se tiene definido el problema y se conoce la causa raíz, por lo tanto, se implementan y diseñan las probables soluciones para generar un cambio en el proceso anteriormente utilizado. Es conveniente haber diseñado diferentes soluciones para contrarrestar los distintos síntomas o, en su caso, a la causa raíz del problema.

**Controlar:**

Es la etapa final de la metodología, donde se monitorean las ideas o soluciones anteriormente implementadas, para así evitar que el problema que afectaba no vuelva o que genere otra problemática en el proceso. Es vital crear controles para supervisar y asegurar que el proceso continuará mejorando.

## **2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO**

Las mejoras en el tiempo se verán enormemente relacionadas con el intervalo de calibración de los instrumentos, debido a que los instrumentos tienen distintos intervalos de tiempo de calibración, por ende, en los primeros tres meses (mínimo intervalo) se podrá percibir la reducción de los costos. En el caso de los instrumentos a los que se les aumentará el intervalo, también generarán un ahorro sustancial, debido a que no se requerirá tanto el uso de calibraciones externas.

A largo plazo, se pretende disminuir el 12 % de calibraciones externas, con esto se asegura un importante ahorro de recursos económicos y también la mejor utilización de los tiempos, de esta forma no incurrirá en demoras para la entrega de los instrumentos a clientes internos. Esto sumado al estudio de mercado para optar por laboratorios competentes a menor costo.

Para la optimización de los recursos actuales, es necesario el uso de distintas herramientas de análisis como lo son el diagrama de flujo, gráficos de control y diagrama de Pareto. Con el objetivo de ponderar los gastos actuales y atacar los más significativos del laboratorio. Además de detectar actividades que no generan valor o que se pueden eliminar/cambiar del flujo de operaciones diarias.

## **2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS**

### **SEMEJANTES**

La búsqueda de generar un ahorro o reducir costos en los procesos cotidianos es una meta que toda empresa baraja entre sus planes a futuro. Pero esta decisión es sumamente propia, ya que todo se basa en la creación de una metodología apropiada para lograrlo. La investigación y la exploración son grandes pilares para encontrar la senda de la eficiencia en cualquier proceso. Los laboratorios de calibración o de ensayo no escapan de esta iniciativa de ahorro, he ahí el sentido de este trabajo.

En la elaboración del presente proyecto, se descubrieron algunos puntos de vista acerca de este tema, entre algunos de ellos están:

Como indica Ramos (2016), lo primero es cuantificarlo todo. Tomar nota de cada gasto individual y tener un orden de los registros. La decisión de cómo reducir costos en el laboratorio implica mucha disciplina. Esto incluye los gastos generales, los salarios pagados, los suministros y equipos necesarios, así como los honorarios,

multas o beneficios. De acuerdo con este enunciado, se confirma la gran importancia que tiene el control de todas las actividades que representen recursos, por lo tanto, el registro de cada proceso significa tener el dominio adecuado para la gestión de un laboratorio.

Por otra parte, Fluke (1994) concluye que la reducción de costos mejora reduciendo la frecuencia de recalibración periódica. Por lo tanto, es trabajo del supervisor encontrar el punto exacto de balance entre costos y calidad. De acuerdo con esta referencia es importante tomarla en consideración, ya que empleada de la forma correcta es un sinónimo de ahorro de recursos que generarían un impacto positivo a la compañía.

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Para definir el problema del proyecto, fue necesario utilizar diferentes herramientas con el objetivo de extraer importante información para definir las principales razones del porqué de los altos costos. En primera instancia, se definió el estado actual del laboratorio de calibración, mediante la recopilación de datos referentes a los últimos 18 meses, para formar una base actual de la realidad.

#### **3.1.1 Entrevistas**

Fue necesario realizar varias entrevistas al supervisor del laboratorio y, posteriormente, al área de finanzas de la compañía, para especificar los rubros y montos de los gastos que conlleva el laboratorio en su desempeño día a día. El supervisor del laboratorio facilitó información vital para el desarrollo del proyecto, ya que brindó el costo de las calibraciones externas junto a sus principales proveedores de servicios. Mientras tanto, el área de finanzas en las reuniones pactadas brindó los actuales presupuestos y el detalle de cada uno de los rubros de los costos operacionales asignados para el laboratorio de calibración.

#### **3.1.2 Diagrama de flujo**

Se diseñó un diagrama de flujo de actividades del laboratorio, con la finalidad de tener un panorama claro y comprender los tipos de calibraciones, así como cuáles son los pasos por seguir en cada una de las operaciones. Además, se esclareció cómo se procede ante la introducción de un nuevo instrumento, hasta las calibraciones generadas por medio del *schedule* de trabajo asignadas a los técnicos.

### **3.1.3 Indicadores de control de costos**

Se generaron indicadores para llevar un control más específico de los costos del departamento, esto gracias a la información y los datos suministrados en las entrevistas previamente realizadas al personal de finanzas y al supervisor del laboratorio.

### **3.1.4 Diagrama de Pareto**

Se construyó un diagrama de Pareto para conocer cuáles son las magnitudes que más costo le generan al laboratorio de calibración y de esta forma, saber en qué magnitud redoblar esfuerzos en la búsqueda de estrategias para minimizar dichos costos.

### **3.1.5 Ciclo de Deming**

Se encaminó el accionar del laboratorio dentro de la filosofía de Deming, esto para definir las cuatro etapas del ciclo y aplicarlas correctamente. Es un largo proceso para establecer este ciclo, ya que primeramente se definieron las bases primordiales, para esto se utilizó un Gantt con el fin de visualizar las actividades por realizar; luego se ejecutaron las acciones correctivas tomando en consideración las decisiones por parte de gerencia; seguidamente, se procedió a verificar los parámetros e indicadores de gastos mediante las reuniones del grupo de trabajo asignado al proyecto sumadas las revisiones trimestrales. Por último, fue momento de analizar y comparar los costos iniciales contra los costos que han sido modificados, para determinar qué tan factible

ha sido la implementación del proyecto. Con esto se puede corregir y depurar el nuevo sistema para empezar de nuevo el ciclo de forma exitosa.

### **3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO**

Por las diferentes fases que conlleva DMAIC, es la herramienta que mejor se adaptó para generar un proceso sistemático y que generó mayor eficiencia al departamento una vez concluido el proyecto.

Se recopilaron datos que son arrojados mediante reuniones gerenciales trimestralmente, los cuales se graficaron mediante una línea de tiempo y con un gráfico de control, donde se aprecia el presupuesto que determina el departamento de finanzas versus los costos del laboratorio. Con esta información se puede trabajar en un periodo de 18 meses, lo que representó seis trimestres, en los cuales se ha demostrado una tendencia al incremento del costo total.

Primeramente, es necesario realizar una clasificación de los costos operacionales, partiendo de la información facilitada por el supervisor del laboratorio. Con esta lista de costos se graficaron para tener una mejor apreciación de la información. Consecuentemente, se realizó una medición actual de los precios que

tienen los instrumentos calibrados externamente, clasificándolos por cantidad de instrumentos, tipo de magnitud, tiempos muertos (envío y recibo), las cuales son de las variables que más afectan al proceso actual del laboratorio.

Gracias al análisis del Pareto, se determinó cuáles son las variables (magnitudes de los instrumentos) que generan más costos, por lo tanto, se pudo partir de ahí para atacar esos altos costos.

Agregado a esto, se aplicó la filosofía del *Benchmarking* para generar una realimentación de ideas empleadas actualmente en otros laboratorios de calibración, en compañías médicas similares a MedPlast. Con esto se obtuvo información valiosa de laboratorios con recursos mayores y en casos menores a los que cuenta hoy en día el laboratorio de MedPlast. Se analizaron las formas de trabajo con los distintos proveedores, métodos de calibración de instrumentos que en la actualidad no se calibran internamente, además de estudios de intervalos de calibración de ciertos instrumentos, con el fin de reducir el número de calibraciones y, por ende, costos innecesarios.

### **3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO**

Para la puesta en marcha del proyecto, se basó generalmente en la metodología DMAIC, ya que se parte por la definición de las causas del alto costo en el laboratorio de calibración. Al no existir sistemas formales de seguimiento de los gastos, se requirió del diseño de los gráficos de control.

Para establecer un orden jerárquico de los costos involucrados en el proceso, se utilizó un diagrama de Pareto. Para ello se requirió la medición de todos los rubros de los costos clasificados por tipo de instrumento, clase de magnitud (de los instrumentos calibrados), con el fin de conocer cuáles son los puntos por priorizar.

En la etapa de análisis, fue importante la interpretación de los indicadores anteriormente diseñados, ya que gracias a ellos se pueden tomar decisiones partiendo de cálculos y cifras que son comparadas con las que se contaba antes del inicio del proyecto. Después de esta fase, se prosiguió con las mejoras, que fueron resultado de los análisis por parte de personal de gerencia en conjunto con la supervisión del laboratorio como tal. Se valoran las distintas propuestas y su impacto en la economía de la empresa.

Seguidamente, se da la etapa de control, donde se revisan los nuevos indicadores para llevar un sistema cíclico apoyándose en la filosofía de Deming.

### 3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Se busca crear un nuevo sistema en el laboratorio, implementando la cultura de mejora continua y el mejor uso de los recursos. Sumado a esto, se abre el portillo a la posibilidad de la acreditación del laboratorio con la norma ISO 17025, que se utiliza para reglamentar los requisitos de gestión y calidad, con el objetivo de validar la competencia técnica del laboratorio.

De acuerdo con lo conversado con gerencia, la puesta en marcha de dicha norma arroja nuevos horizontes para el laboratorio, ya que cabe la posibilidad de vender servicios de calibración a los demás *sites* de MedPlast a nivel global, además de competir con laboratorios ajenos en la incursión del mercado externo a nivel de Costa Rica.

Con el interés mencionado, la gerencia apuesta por el apoyo al proyecto, por lo tanto, delegó a dos colaboradores de la empresa (un ingeniero de Manufactura y un ingeniero de Lean) para dar seguimiento y auditar el proyecto, esto con miras a que el trabajo vaya acorde a lo planeado y en caso de necesitar apoyo, ayudar en lo que se requiera.

Estos dos ingenieros se encargarán en cada sesión de llevar el control necesario mediante las fases del ciclo Deming.

## **Planificación**

En esta fase se genera un diagrama de Gantt para organizar las actividades de acuerdo con el tiempo que conlleve el desarrollo del proyecto. Contiene toda la planeación de arranque del proyecto. Abarca desde la primera entrevista hasta la validación de las propuestas y la posible ejecución e implementación de las mismas.

## **Hacer**

En la siguiente fase, se comienzan a gestar las actividades propuestas en el diagrama de Gantt. Para ello es necesaria la acción del supervisor del laboratorio, con el objetivo de que valide la información arrojada por parte de las reuniones trimestrales de gerencia, con el fin de seguir con la creación y refrescamiento de las métricas e indicadores de control.

## **Verificar**

Esta fase es de vital importancia, ya que es donde los ingenieros encargados de monitorear el proyecto entran en escena para auditar y dar revisiones de las actividades ya realizadas y que vayan de acuerdo con lo programado en la fase de planificación. Además de validar la correcta utilización de las métricas diseñadas anteriormente.

## **Actuar**

En esta fase se cuenta con un proceso implementado junto a las alternativas que se catalogan como de mayor peso en cuanto a reducción de costos. Se toman

medidas de acuerdo con los datos arrojados por medio de los indicadores y controles establecidos.

En cada sesión de trabajo con el grupo, se toman en consideración las correcciones y puntos de mejoras, con el objetivo de pulir aún más la propuesta del proyecto. Posteriormente, gerencia solicita un espacio para analizar los resultados e información recopilada durante las etapas del ciclo para valorar la viabilidad del proyecto.

### **3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS**

Con base en la filosofía de Deming, el presente proyecto cuenta con varias etapas, las cuales son debidamente documentadas mediante una bitácora de actividades y una minuta donde se resumen los puntos más destacados de cada sesión. Este control es llevado por el grupo de trabajo que asignó la gerencia.

Los resultados alcanzados consisten en que se encuentren alineados de acuerdo con el enfoque de la metodología de Deming, para asegurar un rumbo hacia la mejora continua y así cada vez más tener una mayor eficiencia de los recursos empleados en el proceso del laboratorio de calibración. Se necesita crear una cultura y

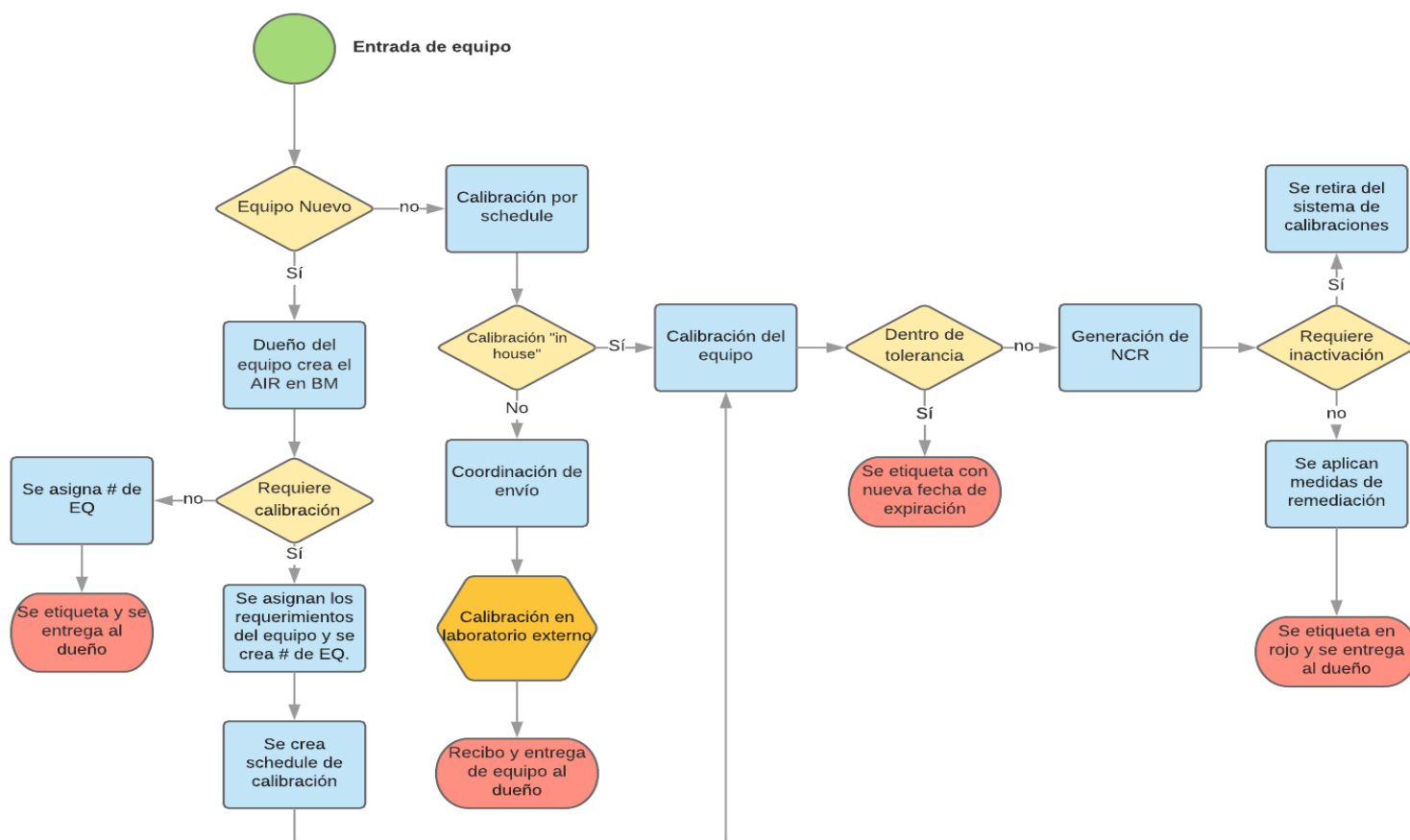
aprendizaje de los controles implementados, para que sea de entendimiento tanto de cualquier colaborador dentro del laboratorio como ajeno al mismo.

Una vez implementado este nuevo sistema junto con las nuevas herramientas, se espera que en las próximas revisiones trimestrales se abarquen temas del laboratorio con más profundidad, revisando y corrigiendo los nuevos indicadores implementados, con la intencionalidad de minimizar el gasto inapropiado de los recursos e incrementar la productividad de las calibraciones internas.

## **CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

## 4.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Dada la necesidad actual del laboratorio de disminuir los costos internos de operación y mediante las entrevistas al supervisor y al personal de finanzas previamente realizadas, se procede a describir minuciosamente el sistema de calibración de la empresa, para ello se realiza un diagrama de flujo donde ejemplifique el proceso completo de calibración de MedPlast Medical. En la figura 4 se detalla dicho proceso:



**Figura 4. Diagrama de flujo sistema de calibración**

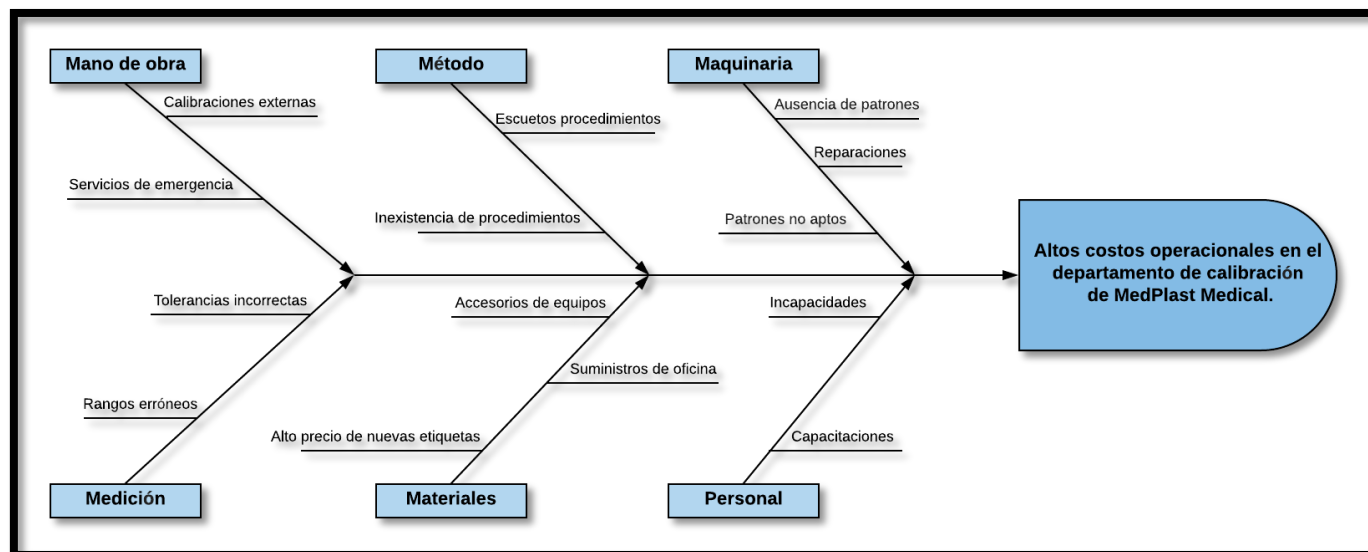
Fuente: elaboración propia.

A continuación y con referencia al diagrama anterior, se detalla el proceso de calibración paso a paso:

1. Primeramente, el instrumento por calibrar se clasifica como equipo nuevo o como calibración calendarizada por *Schedule* (cronograma ligado al intervalo de calibración).
2. Seguidamente, si el instrumento es nuevo, el dueño debe crear un AIR para incluirlo al sistema de calibraciones. Por otro lado, si el instrumento se calibra por *Schedule*, se procede a determinar si se calibra en el laboratorio o si se requiere servicio externo.
3. En el caso de que el instrumento sea nuevo, se determina si requiere o no calibración, de no ser así, se le asigna un número de identificación (EQ) y se le entrega al dueño.
4. Una vez que el instrumento se va a calibrar (sea nuevo o por *Schedule*), se responde la pregunta sobre si se puede calibrar *in house*; si no fuera así, se coordina el envío del instrumento al adecuado laboratorio externo o el pago de los servicios del laboratorio externo para que realice la calibración dentro de la empresa. Si el instrumento se envía, se debe esperar a que sea calibrado y que regrese a la empresa para, posteriormente, sea entregado al dueño.

5. Cuando el instrumento se encuentre calibrado, se debe reportar su condición como dentro o fuera de tolerancia. Si el instrumento resulta fuera de tolerancia, se genera un NCR, en el cual el dueño del mismo debe asumir la correspondiente investigación para determinar si impacta o no la producción. Consecuentemente, se valora si el instrumento puede seguir operando o si es necesario retirarlo del sistema de calibraciones.
6. Cuando la calibración es satisfactoria, el *software* genera una nueva fecha de expiración, se etiqueta y se devuelve al dueño.

Teniendo claro el proceso de calibración, cabe la necesidad de mapear las principales razones actuales de los altos costos, estas fueron brindadas por medio de las entrevistas. Según versiones de la supervisión del laboratorio, se genera un diagrama de Ishikawa para representarlo de manera gráfica.



**Figura 5 Diagrama Causa-Efecto**

Fuente: elaboración propia.

Mediante la figura 5, se logra apreciar las potenciales causas, para ello es importante clasificarlas en causas y subcausas, con el fin de determinar cuáles de ellas presentan mayor impacto. A continuación, se encuentran las seis principales causas y sus respectivas subcausas derivadas:

#### **4.1.1 Mano de obra**

El rubro de mano de obra en el laboratorio se compone de dos razones que producen un alto costo al año, las cuales son:

- **Calibraciones externas:**

Las calibraciones externas representan un alto valor que el laboratorio debe desembolsar año tras año según los históricos que se recopilaron. Estas se dan debido a la incapacidad del laboratorio para llevarlas a cabo *in house*, debido a su actual alcance de calibración (ver sección 4.1.1).

- **Servicios de emergencia:**

Los servicios de emergencia se producen cuando se dan eventos inesperados donde se compromete algún instrumento, por lo tanto, es requerido realizar una calibración especial para asegurar el correcto funcionamiento del mismo. Estas calibraciones pueden ser *in house* o de manera externa. Cuando son internas, estas pueden ser fuera de horario, ocasionando el pago de horas extras. En el caso de no ser posible realizarlas *in house*, se debe coordinar con el laboratorio externo, lo que genera un costo extra y se debe pagar el rubro de servicio expedito, el cual va en relación con el tipo de instrumento, además de que sea o no necesario el envío fuera del país del mismo.

### 4.1.2 Método

Otra causa descrita por el personal interno del laboratorio trata acerca de los procedimientos de calibración. Para la calibración de cualquier instrumento, es necesario el debido y correcto procedimiento, por lo que la falta o ineficiencia de los mismos generan costos que se pueden reducir.

- **Escuetos procedimientos:**

Actualmente, el laboratorio cuenta con procedimientos que son realmente escuetos y no entran en detalle, por lo que dificulta la tarea del técnico y se procede a utilizar el servicio externo generando un costo adicional.

- **Inexistencia de procedimientos:**

Por otro lado, se encuentra la necesidad de nuevos procedimientos, debido a la inclusión de nuevos instrumentos/máquinas que requieran ser calibrados y no se ha creado su debido procedimiento de calibración, consecuentemente se contratan servicios externos.

### 4.1.3 Maquinaria

El tema de la maquinaria en el laboratorio se ve reflejado principalmente en sus patrones de calibración, ya que se generan costos debido a las siguientes subcausas:

- **Ausencia de patrones:**

En dados casos el laboratorio carece de sus propios patrones, debido a la calibración de los mismos. En muchos casos, es necesario el envío afuera del país, lo

que provoca el no poder calibrar instrumentos que en principio sí se pueden calibrar *in house*.

- **Reparaciones:**

Otro fenómeno indicado por el personal es la mala manipulación por parte de los operarios de producción, ya que en reiteradas ocasiones se reportan fallas ocasionadas por golpes, caídas o exceso de fuerzas. Específicamente, se han dado estos casos con instrumentos de fuerza conocidos como celdas de carga o *Force Gages*. Dichos instrumentos son muy sensibles y requieren de mucho cuidado, por lo tanto, la mala manipulación de los mismos provoca altos costos de reparación. Las reparaciones y las calibraciones de la mayoría de esta clase de instrumentos se realizan externamente.

- **Patrones no aptos:**

Como es normal en cualquier laboratorio de calibración, se cuenta con un alcance máximo de calibración en las distintas variables, por lo tanto, para la calibración de ciertos instrumentos, los actuales patrones se quedan cortos. Esto se debe a distintos temas como lo son: exactitud, tolerancias, rangos de calibración, capacidad del patrón, entre otros.

#### **4.1.4 Medición**

Como parte de la problemática de los costos en el laboratorio de calibración, también se encuentra la falta de conocimiento del proceso o la incorrecta definición de valores del instrumento de medición por parte de su usuario, lo que abona un costo

adicional al departamento al requerir de servicios externos. Entre la falta de información se encuentran:

- **Rangos erróneos:**

Los rangos erróneos se dan porque en muchas ocasiones se le asignan rangos de calibración a los instrumentos que no son los adecuados para calibrarse con patrones locales. Esto es debido a que el rango calibrado requerido por el proceso no va acorde con el uso del instrumento, porque el usuario del instrumento agrega en la especificación el rango máximo y en el proceso como tal no es utilizado en su totalidad. Lo que genera que la calibración no pueda ser cubierta por los patrones del laboratorio y de esta forma, que se contrate servicio externo, por ende, genera un costo adicional.

- **Tolerancias incorrectas:**

La mala asignación de tolerancias con respecto al instrumento por calibrar hace que la calibración se vuelva más estricta. Esto hace referencia a la exactitud del patrón, ya que debe cumplir una relación mínima de 3:1. Lo que quiere decir que el patrón debe ser tres veces más exacto que la tolerancia del instrumento por calibrar, con el fin de emplearlo como medida de protección al producto, en caso de que el instrumento exceda la tolerancia. El error se presenta cuando se exigen tolerancias muy bajas en instrumentos que en muchos casos no requieren tanto grado de criticidad. Esto produce que los patrones locales no sean aptos para la calibración.

#### **4.1.5 Materiales**

Para la debida gestión del laboratorio, es necesario el uso de distintos materiales y herramientas que se encuentran contemplados dentro del presupuesto del departamento. Entre ellos se encuentran:

- **Accesorios de equipos:**

Para algunos instrumentos se requieren accesorios para hacer un mejor uso de los mismos. Estos accesorios son necesarios para agilizar procesos de calibración, comodidad del técnico y para facilitar ciertas calibraciones. Un ejemplo de accesorios es un dispositivo de transferencia de información directa desde un micrómetro hacia una hoja de datos en la computadora, haciendo más ágil el proceso de documentación en una calibración de variable dimensional.

- **Suministros de oficina:**

En este rubro se encuentran todos los artículos necesarios para la gestión de documentación (papel, lapiceros, carpetas, marcadores, grapas, plásticos), así como mobiliario (sillas, mesas, muebles, pizarras).

- **Alto precio de nuevas etiquetas:**

Para la mejora en el proceso de etiquetado de instrumentos, el laboratorio incurrió en la compra de una máquina etiquetadora, la cual brinda una mejor calidad de etiquetas y mejora el diseño con la información necesaria.

#### 4.1.6 Personal

En este rubro se encuentran las distintas variables que influyen en los costos del laboratorio y que son generadas directamente por los colaboradores. Entre las mayores que fueron mencionadas están:

- **Capacitaciones:**

El entrenamiento es una subcausa que ha incrementado los costos del departamento. Aunque es una gran ayuda para el personal técnico, para mejorar sus habilidades y conocimiento, significa también un importante costo en la gestión de recursos monetarios para el área.

- **Incapacidades:**

Ningún trabajador está exento de sufrir alguna situación personal de salud que comprometa su trabajo y el laboratorio de calibración no escapa de ello. Por lo que las incapacidades generan la pérdida temporal de un recurso humano, lo que significa en varios casos el pago de horas extras al restante personal.

Las anteriores causas se analizarán con un criterio más profundo y matemático en las siguientes secciones de este proyecto, con el fin de descartar o darle énfasis a cada una de ellas mediante diferentes análisis.

#### 4.1.7 Alcance de servicios de calibración del laboratorio

Actualmente, el laboratorio cuenta con una cierta cantidad de instrumentos utilizados como patrones de calibración, cada uno de ellos cuenta con su debida especificación. Dicha especificación delimita el uso de los instrumentos en función de distintas variables, las cuales tienen que ser valoradas a la hora de ser utilizadas para la realización de las diferentes calibraciones.

A continuación, en la tabla 1 se representa en resumen cuál es el máximo alcance por variable de calibración antes de la puesta en marcha de dicho proyecto.

**Tabla 1. Alcance de servicios de calibración**

Servicios de calibración			
Variable	Rango Mínimo	Rango Máximo	Exactitud
Presión	-15 Psi	30000 Psi	± 0.0003 Psi
Temperatura	-22 °F	1200 °F	± 0.1 °F
Humedad	20% HR	100% HR	± 2% HR
Masa	0.01 Kg	90 Kg	± 0.00001 Kg
Dimensional	0.05 in	12 in	± 0.000003 in
Tiempo	0.01 min	600 min	± 0.003 min
Velocidad	1 Rpm	20000 Rpm	± 0.2% Reading
Flujo	0 sccm	30 sccm	± 0.1 sccm
Variables Eléctricas	0.01 V	30 V	± 0.09 V
Presión Diferencial	0 mbar	1 mbar	± 0.003 mbar
Pin Gages	0.01 in	1 in	± 0.0002 in

Fuente: Laboratorio de calibración, MedPlast Medical, Costa Rica.

En la tabla 1, se puede observar el rango disponible de capacidad en el cual se pueden utilizar los patrones de medición, además, incluye el mejor valor de exactitud empleado para cada variable de calibración. En esta tabla resumen cabe resaltar que, en cada rango, están contemplados los diferentes instrumentos por variable, es decir,

que entre dos o más instrumentos conforman el rango por variable y que no necesariamente el rango pertenece a un solo instrumento.

## **4.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Esta etapa se enfoca en la recolección de datos valiosos que van estrictamente ligados a la administración de los recursos del laboratorio y, por ende, a los costos del mismo. En esta sección, se trabaja con información que demuestra la importancia del proyecto; la cual es suministrada por el personal de finanzas y el supervisor del laboratorio.

Los datos adquiridos corresponden a históricos de los gastos y del presupuesto que maneja el laboratorio, los cuales datan de enero del año 2016, por lo tanto, se logra apreciar la tendencia al incremento de los costos. Cabe resaltar que, en la lista de los costos internos, se omiten algunos rubros como consumo de electricidad, agua, limpieza, entre otros, ya que estos corren por cuenta de otros centros de costos de la empresa.

Para un mejor entendimiento de los costos del laboratorio, se agrupan todos los rubros que se ven involucrados dentro del proceso de calibración.

**Tabla 2. Costos internos desde 2016 hasta junio 2018**

Rubros	2016	2017	2018	
Calibraciones externas	\$ 44,556.35	\$ 49,878.80	\$ 26,602.50	
Suministros de oficina	\$ 1,992.77	\$ 908.18	\$ 480.00	
Uniformes	\$ 341.00	\$ 161.00	\$ 178.61	
Entrenamientos	\$ 2,363.82	\$ 991.20	\$ 1,403.00	
Consumibles / herramientas	\$ 1,286.03	\$ 1,925.25	\$ 325.00	
Equipos	\$ 253.00	\$ 346.00	\$ 740.00	
Facilidades del Laboratorio	\$ 1,628.55	\$ 4,331.62	\$ -	
Repuestos / partes	\$ 3,588.38	\$ 1,530.47	\$ 1,217.00	
	<b>\$ 56,009.90</b>	<b>\$ 60,072.52</b>	<b>\$ 30,946.11</b>	<b>\$ 147,028.53</b>
				<b>TOTAL</b>

Fuente: información facilitada por la empresa MedPlast Medical, Costa Rica.

De acuerdo con la tabla 2, se observa el detalle de los rubros en los cuales el laboratorio ha utilizado el presupuesto desde enero del 2016 hasta el mes de junio de 2018. Este periodo se divide en trimestres, en los cuales se asigna el presupuesto que vaya acorde a los gastos por cada uno de ellos.

Se logra apreciar que, en el año 2017, hubo un incremento de **\$4,062.62** en el total de los costos comparado al año 2016. Este incremento provocó un desajuste en el presupuesto planeado inicialmente, por lo que produce un déficit de **-\$2,322.52** en el 2017. Para subsanar este déficit, la compañía debe recurrir a destinar capital que está destinado para otros departamentos, por lo tanto, Gerencia exige mejores controles para no llegar a estas instancias.

Además, el rubro de salarios no pertenece directamente al departamento de calibraciones, ya que ese presupuesto proviene de otro centro de costos, específicamente del departamento de finanzas, pero es importante tomarlo en

consideración en este estudio, ya que de igual manera se puede optimizar este recurso para generar mayores utilidades para la empresa.

En la tabla 3, se detalla el salario mensual promedio de cada colaborador del laboratorio en el año 2018. En la cual se refleja el salario por hora de cada trabajador basado en 48 horas por semana.

**Tabla 3. Salario del personal del laboratorio de calibración**

Salarios		
Puesto	Costo x hora	Salario Mensual
Supervisor	₡ 4,825	₡ 926,400
Tecnico II	₡ 3,610	₡ 693,120
Tecnico II	₡ 3,610	₡ 693,120
Tecnico I	₡ 2,355	₡ 452,160
Tecnico I	₡ 2,355	₡ 452,160
Asistente Clerk	₡ 1,950	₡ 374,400
		₡ 3,591,360

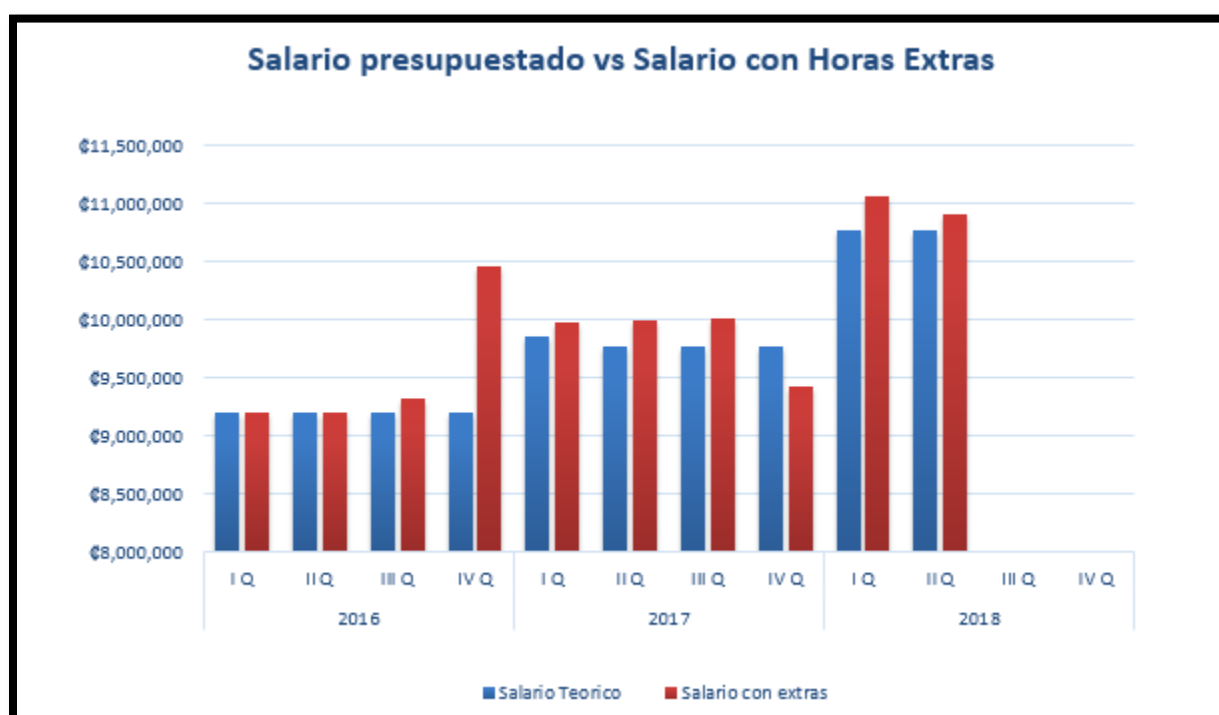
Fuente: Departamento de Finanzas MedPlast Medical, Costa Rica.

Estos salarios son calculados mensualmente, por lo que reflejan el salario bruto de cada uno de los colaboradores. Cabe resaltar que el departamento cuenta con un sistema de clasificación del personal técnico, por lo tanto, existen dos niveles. De esta clasificación basada en la experiencia y el conocimiento, se determina el salario de cada técnico. Actualmente, el laboratorio cuenta con dos técnicos nivel I y otros dos técnicos nivel II.

MedPlast Medical como negocio presenta alzas y bajas en la producción, esto se ve reflejado en los montos de los salarios del personal del laboratorio de calibración y, por ende, para completar las tareas el laboratorio requiere de horas extras.

En la tabla 4 se observa el comportamiento de los salarios (salario teórico y salario con horas extras) del personal del laboratorio de calibración. Estos salarios datan del año 2016 hasta mitad del año 2018.

**Tabla 4. Cálculo de horas extras del 2016 al 2018**



Fuente: Departamento de Finanzas MedPlast Medical, Costa Rica.

De acuerdo con la tabla 4, se denota como, en la primera mitad del año 2016, el índice de horas extras era bajo en comparación con los otros años, debido a que se contaba con el servicio de trabajo *on call*; el cual consistía en que un técnico nivel II tenía que estar disponible las 24 horas del día durante toda la semana, por si surgía

algún inconveniente con cualquier instrumento de la planta que impactara directamente producción. Dicho servicio lo brindaban únicamente los dos técnicos nivel II, ya que ellos poseen mayor experiencia y pueden atender cualquier tipo de calibración. Cada técnico rotaba por semana para atender el servicio.

La modalidad *on call* significaba un 14 % más de salario para los técnicos, lo que representa **₡969,288** al año. Este tipo de servicio se canceló en el mes de enero del año 2017 por decisión de la gerencia, debido a un recorte de gastos que se produjo en ese momento. Con esta medida, cualquier emergencia que sucediera se iba a atender en horario normal o con el uso de horas extras en caso de que la emergencia ocurriera fuera de horario normal.

En el último trimestre del año 2016, se demuestra una gran alza en el costo de las horas extras, ya que al inicio del mes de octubre se comenzó el proyecto de migración al nuevo sistema de calibración Blue Mountain. Para la implementación de este *software*, fue requerido el soporte de todo el personal del departamento, por lo cual se necesitaron horas extras para llevar a cabo todas las tareas de transición de documentos de papel al sistema digital. El proceso de migración tardó alrededor de dos meses para su completo y correcto funcionamiento. Lo cual significó 362 horas extras entre todo el personal del laboratorio, lo que equivale a **₡1,252,260**.

Durante el transcurso del año 2017, el departamento de *planning* del área de moldeo tomó la decisión de realizar algunas calibraciones los domingos, ya que estos días la producción no se ve impactada debido a que el área no trabaja. Por lo tanto, significó el uso de horas extras y al ser domingos, las horas extras se pagaban como dobles.

En el mes de noviembre del mismo año, se dio la salida de un técnico nivel II de la empresa, lo que ocasionó la falta de un recurso humano y provocó el debido proceso de reclutamiento y entrenamiento. La contratación del nuevo técnico se dio en el mes de enero del año 2018, por lo tanto, durante el tiempo sin el recurso se redujo el rubro de salarios. Sin embargo, para cumplir con las calibraciones al día, se requirió de horas extras por parte de los demás técnicos.

Otra razón del uso de horas extras en el personal del laboratorio radica en las calibraciones externas realizadas en horas fuera de horario del departamento. Esto es debido a que, cuando se realiza un servicio de calibración externo, el técnico visitante tiene que encontrarse escoltado por algún colaborador del laboratorio, por lo general la persona responsable de esta tarea es el asistente, dado que los demás técnicos tienen asignadas sus respectivas calibraciones.

#### **4.2.1 Categorización de los costos del laboratorio de calibración**

Para definir los principales costos del laboratorio, se realiza el siguiente gráfico clasificándolos de forma descendente, para determinar el impacto que sufre el departamento en su proceso diario. Se muestran los valores generados desde enero de 2016 hasta junio de 2018. En la tabla 5, se aprecia el porcentaje de cada uno de los rubros de los costos junto a los porcentajes acumulados.

**Tabla 5. Clasificación de los costos en el laboratorio de calibración**

Costos	Total	% Acumulado
Calibraciones externas	\$ 121,037.65	82.3%
Repuestos / partes	\$ 6,335.85	86.6%
Facilidades del Laboratorio	\$ 5,960.17	90.7%
Entrenamientos	\$ 4,758.02	93.9%
Consumibles / herramientas	\$ 3,536.28	96.3%
Suministros de oficina	\$ 3,380.95	98.6%
Equipos	\$ 1,339.00	99.5%
Uniformes	\$ 680.61	100.0%

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5, se puede apreciar el gran impacto que generan las calibraciones externas, con un 82.3 % del total de los costos del laboratorio. Con esto se determina que es la causa por atacar con mayor prioridad. A pesar de que el laboratorio es capaz de realizar un alto porcentaje de calibraciones *in house*, el costo que generan las calibraciones externas representa una gran oportunidad de mejora, no solo para el departamento, sino también para la empresa.

Es necesario definir y representar los diferentes tipos de servicios de calibración que el laboratorio contrata externamente. Para ello se realiza un diagrama de Pareto, con el fin de analizar el impacto monetario de cada variable. En la figura 6 se aprecia el detalle de los costos por variable de calibración desde el año 2016 hasta el mes de junio de 2018.



**Figura 6. Costos por variable de calibración**

Fuente: elaboración propia.

En el gráfico de la figura 6, se demuestra el costo respectivo por variable, donde la variable dimensional es la que tiene mayor impacto económico para el laboratorio, representando un 30 % del total de costos de calibraciones externas. Seguidamente, se encuentran las variables de fuerza con un casi 18 % y la variable de presión con 16 %.

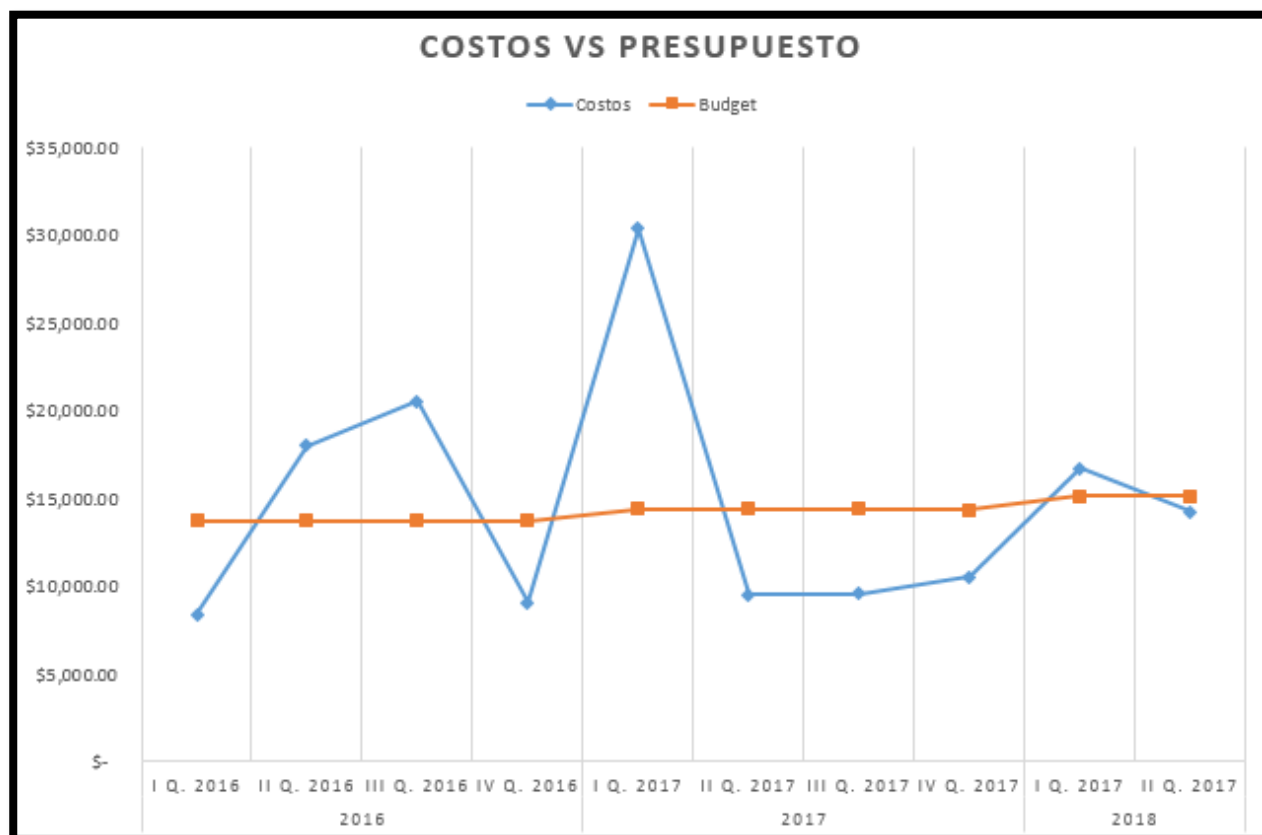
#### 4.2.2 Presupuesto destinado versus costos operacionales

En MedPlast Medical se destinan los presupuestos para cada departamento basados en históricos de periodos anteriores y también en nuevas necesidades o proyectos que afronte la empresa. El laboratorio de calibraciones no es la excepción, por lo tanto, se definen para cada inicio de periodo que consta de 12 meses y que abarca desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre.

La alta gerencia es la responsable de definir el presupuesto, por lo tanto, realiza un análisis de los aumentos que crean necesarios para el laboratorio. En los últimos periodos ha destinado un aumento del 5 % para el siguiente. A razón de dicho proyecto, se parte desde enero del 2016; donde se logra apreciar que, para el mismo año, se destinó un presupuesto de **\$55,000.00**, del cual el laboratorio excedió el gasto, ya que debió utilizar **\$56,009.90**, por lo que generó una pérdida de **\$1,009.90** para la empresa.

Para el año 2017, el laboratorio contó con un presupuesto de **\$57,750.00** contemplando el aumento del 5 %, en dicho año tuvo un total de gastos de **\$60,072.52** incurriendo nuevamente en un déficit, esta vez de **\$2,322.52**. Como es evidente, los costos superan el presupuesto en los últimos 30 meses, por lo que es necesario detener el alza.

En el gráfico 1, a continuación, se logra apreciar el comportamiento que ha tenido el laboratorio a través del tiempo.



**Gráfico 1. Costos versus presupuesto**

Fuente: Departamento de Finanzas y Calibración MedPlast Medical, Costa Rica.

En el gráfico 1 se representa el costo por trimestre versus el presupuesto desde el año 2016 hasta el segundo trimestre del año 2018. Dicho presupuesto se promedia para cada uno de los trimestres, por lo tanto, la línea de tendencia del presupuesto es constante en la totalidad de cada periodo, al inicio del siguiente periodo se nota su incremento del 5 %.

En dicho gráfico, se logra apreciar un alto pico en el primer trimestre del año 2017, donde se gastó un total de **\$30,392.06** con un presupuesto de **\$57,750.00** en ese mismo año. Esto significó un **82 %** del presupuesto solo en los primeros tres meses del año, ocasionando un gran impacto y tomando en cuenta que faltaban nueve meses, donde debió hacerse frente con solo el **18 %** del presupuesto. Este alto pico se debió a una alta cifra en el rubro de calibraciones externas con un coste de **\$24,967.00**

## **CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

## PROPUESTAS

### 5.1 ACTUALIZACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTOS

De acuerdo con las revisiones que se realizaron en las especificaciones de los instrumentos de las distintas líneas de producción, se tomó la decisión de corregir muchas de ellas. Esto debido a que en muchas ocasiones, cuando se ingresaban nuevos instrumentos al sistema de calibración, no se tomaban en cuenta los intervalos de calibración, lo que ocasionaba que un instrumento que requería calibración externa se tuviese que calibrar hasta dos veces más en un año. Esta medida se justifica con base en la recomendación por parte del fabricante del instrumento, ya que al ser un instrumento nuevo, su intervalo de calibración puede ser mayor.

Para realizar estos cambios en las previas especificaciones de los instrumentos, se llevó a cabo un entrenamiento al personal que utiliza los instrumentos de las líneas de producción. Se les hizo saber el proceso mediante el *software* Blue Mountain con el paso a paso, para que cada uno de los usuarios de los equipos se responsabilicen y colaboren con el laboratorio de calibración para la remediación de las especificaciones.

En la tabla 6, se muestran los instrumentos que fueron parte de las actualizaciones de las especificaciones:

**Tabla 6. Actualización de especificaciones de instrumentos**

Instrumento	Variable	Anterior Intervalo	Nuevo Intervalo	Calibraciones al año	Costo	Ahorro
Indicador de altura	Dimensional	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Micrometro	Dimensional	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Micrometro	Dimensional	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Micrometro	Dimensional	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Set de Bloques	Dimensional	6 meses	12 meses	1	\$ 170.00	\$ 170.00
Set de Bloques	Dimensional	6 meses	12 meses	1	\$ 140.00	\$ 140.00
Micrometro	Dimensional	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Caliper	Dimensional	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Caliper	Dimensional	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Caliper	Dimensional	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Manometro	Presión	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Manometro	Presión	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Manometro	Presión	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Manometro	Presión	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Indicador de Presión Diferencia	Presión	3 meses	6 meses	2	\$ -	\$ -
Indicador de Presión Diferencia	Presión	3 meses	6 meses	2	\$ -	\$ -
Indicador de Presión Diferencia	Presión	3 meses	6 meses	2	\$ -	\$ -
Indicador de Presión Diferencia	Presión	3 meses	6 meses	2	\$ -	\$ -
Termometro	Temperatura	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Termometro	Temperatura	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Termometro	Temperatura	6 meses	12 meses	1	\$ -	\$ -
Set de Termocuplas	Temperatura	6 meses	12 meses	1	\$ 114.00	\$ 114.00
Set de Termocuplas	Temperatura	3 meses	6 meses	2	\$ 114.00	\$ 228.00
Set de Termocuplas	Temperatura	3 meses	6 meses	2	\$ 114.00	\$ 228.00
						<b>\$ 880.00</b>

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 6, se muestran los instrumentos clasificados por variable que tuvieron cambios en sus intervalos. Entre los criterios que se utilizaron para determinar los nuevos intervalos están: recomendación del fabricante (basado en la vida útil del instrumento y su deriva a través del tiempo) y uso del instrumento en función a la naturaleza del mismo.

En dicha lista se encuentran instrumentos que se calibran *in house* y externamente, por lo tanto, no todos tienen un costo. Gracias a estas modificaciones, se logra reducir el número de calibraciones generando una optimización de tiempo de

los técnicos, además de lograr un ahorro de **\$880.00** al año. Consecuentemente, esta acción se mantendrá a través del paso del tiempo para definir el correcto intervalo de tiempo de calibración por instrumento, con la finalidad de continuar con la mejora continua.

## **5.2 IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS HERRAMIENTAS DE PROCESO**

Una de las propuestas más significativas de este proyecto se trata del *Benchmarking*, ya que gracias a esta herramienta se logra adquirir realimentación valiosa de otras empresas de industria similar a MedPlast Medical. El ejemplo más claro del nuevo conocimiento adquirido por parte del estudio es un dispositivo de soporte para la realización de calibraciones de la variable de fuerza. Este dispositivo consiste en una base sólida que permite girar 180 grados el *force gage*, de forma que se pueda colocar el peso necesario mediante ganchos; gracias a ello se puede calibrar en modo de compresión de forma segura.

Esta propuesta responde a la necesidad de la disminución de las calibraciones externas, ya que con la apertura de la totalidad de calibraciones de los instrumentos de fuerza (*force gages*), subsana en gran escala esta gran causa de los altos costos del laboratorio. En la figura 7 se detalla la base instalada en el laboratorio.



**Figura 7. Base de soporte**

Fuente: Laboratorio de calibración, MedPlast Medical, Costa Rica.

Como parte del *Benchmarking* realizado en laboratorios de empresas médicas, así como en los laboratorios dedicados al negocio de la metrología, de los cuales la compañía ha sido cliente desde hace varios años, se adoptó el uso y manejo de este dispositivo; para llevar a cabo esta tarea, se requirió actualizar el procedimiento de calibración de los instrumentos de fuerza (ver anexo 1).

Anteriormente, el laboratorio se encontraba limitado a solo poder realizar las pruebas de tensión dejando de lado las pruebas de compresión de los instrumentos llamados *force gage*. Al no poder realizar la calibración completa en ambos modos, el departamento se veía obligado a contratar servicios externos.

Una vez el dispositivo esté instalado en el laboratorio y con el procedimiento actualizado, se puede realizar el 100 % de las calibraciones de los *force gages* en el laboratorio. Esta implementación se dio en el mes de julio, por lo tanto, las próximas calibraciones serán cubiertas por el nuevo procedimiento de calibración. De acuerdo con el cronograma de calibraciones, se registran 21 eventos de calibración restantes en el año 2018, lo que significa un ahorro importante.

**Tabla 7. Proyección de las restantes calibraciones de fuerza en 2018**

Instrumento	Precio	Fecha de expiracion
Force Gage	\$ 300.00	Agosto
Force Gage	\$ 300.00	Agosto
Force Gage	\$ 300.00	Agosto
Force Gage	\$ 120.00	Agosto
Force Gage	\$ 120.00	Agosto
Force Gage	\$ 300.00	Agosto
Force Gage	\$ 330.00	Agosto
Force Gage	\$ 400.00	Agosto
Force Gage	\$ 300.00	Setiembre
Force Gage	\$ 133.00	Octubre
Force Gage	\$ 331.00	Noviembre
Force Gage	\$ 195.00	Noviembre
Force Gage	\$ 565.00	Noviembre
Force Gage	\$ 565.00	Noviembre
Force Gage	\$ 565.00	Noviembre
Force Gage	\$ 565.00	Noviembre
Force Gage	\$ 565.00	Noviembre
Force Gage	\$ 120.00	Diciembre
Force Gage	\$ 120.00	Diciembre
Force Gage	\$ 350.00	Diciembre
Force Gage	\$ 120.00	Diciembre
<b>\$ 6,664.00</b>		

Fuente: elaboración propia.

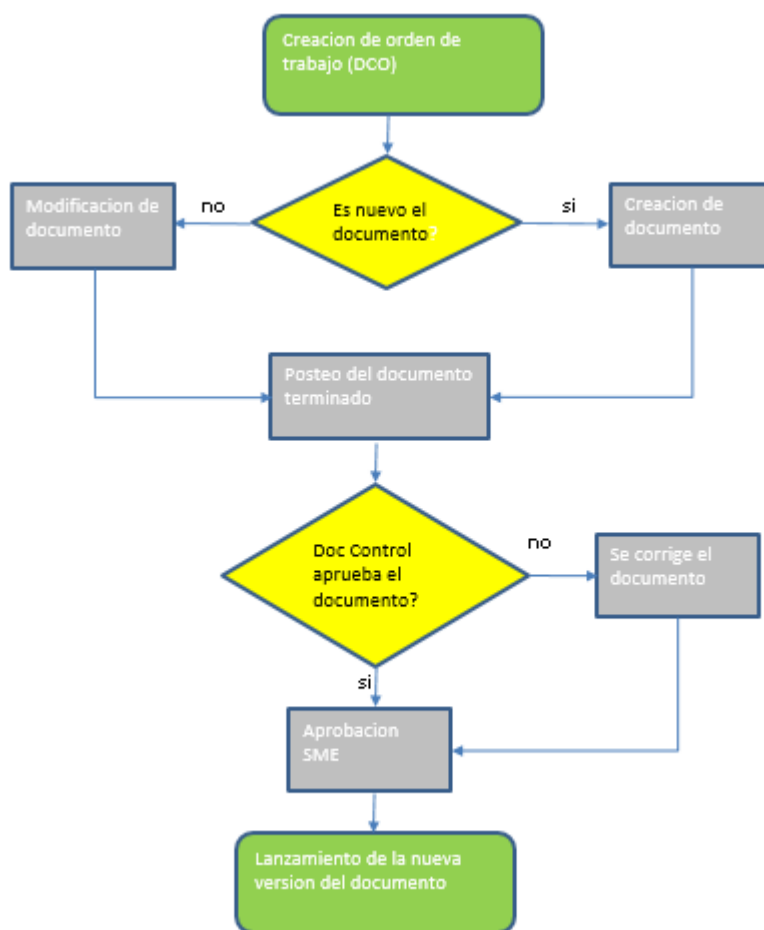
De acuerdo con la tabla 7, se muestra el precio de cada calibración de los instrumentos basados en su última calibración. Con esto se obtiene el cálculo de las próximas calibraciones en el año 2018 y se logra ahorrar un monto de **\$6,664.00**.

La fabricación de dicha base tuvo un precio de **\$756.00**, por lo tanto, la inversión fue relativamente baja tomando en consideración el costo que generaba cada calibración externa de los *force gages*.

### **5.3 ACTUALIZACIÓN Y CREACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN**

MedPlast como parte de la industria médica se ve obligado a cumplir a nivel regulatorio procedimientos para todo tipo de proceso. El laboratorio de calibración no está exento de estos instructivos de trabajo, por lo cual es obligatorio que se siga el debido procedimiento para cualquier tarea de calibración. Por lo tanto, es necesario que exista el adecuado procedimiento para realizar la calibración de cada tipo de variable e instrumento que así lo permita el alcance del laboratorio.

Como propuesta e implementación, se puso en marcha la creación de algunos procedimientos que no existían y que, por ende, una gran cantidad de instrumentos no se podían calibrar *in house*. Sumado a los nuevos procedimientos, se trabajó en la modificación de ciertos procedimientos para incrementar aún más el alcance del laboratorio. Para la realización o modificación de procedimientos, es necesario cumplir el debido proceso en el sistema de documentación de la empresa, a continuación, en la figura 8, se muestra el proceso necesario mediante el siguiente diagrama de flujo:



**Figura 8. Proceso de creación / actualización de procedimientos**

Fuente: elaboración propia.

En la figura 8 se detalla el proceso necesario para utilizar un nuevo procedimiento, o bien, una actualización. En primera instancia, se crea una orden de trabajo (DCO) en el sistema de documentación llamado Master Control; seguidamente, si el procedimiento es nuevo, se crea desde cero; si es una actualización, se solicita el documento actual para su debido cambio.

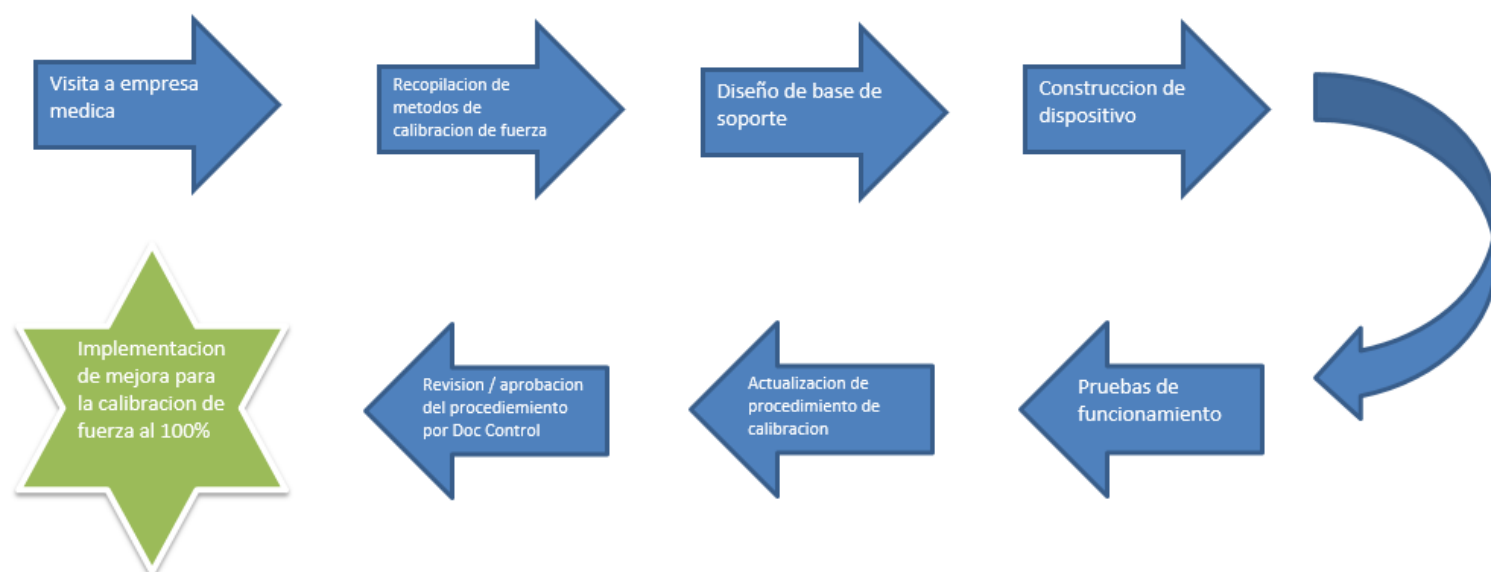
El siguiente paso es publicarlo en el sistema para que el personal de documentación revise en su totalidad el documento y reportar si es necesario corregirlo. Una vez aprobado el documento, el dueño del procedimiento tiene que firmarlo en el sistema y lanzarlo para que pase a etapa de SME; en dicha etapa de aprobación, requiere la firma del representante del área del documento afectado (supervisor del laboratorio de calibración), además de la firma por parte de calidad (ingeniero de calidad). Cuando el documento es aprobado por completo, el personal de documentación lo procesa con la nueva revisión y notifica a todo el personal de la empresa.

### **5.3.1 Actualización de procedimientos de calibración**

Dentro de los procedimientos que se actualizaron se encuentra el de calibración de instrumentos de fuerza (ver anexo 1); en el cual se incluye el uso del accesorio que se diseñó para la calibración del modo de compresión en los *force gages* (ver sección 5.2). Para poner en marcha esta actualización, se requirió de un elaborado proceso, el cual inicia desde la planeación y negociación con empresas médicas similares. Una vez escogida la empresa, se programa una visita por parte de un técnico a la planta y al laboratorio, para la recopilación de ideas y nuevos métodos de calibración.

Después de la visita, el personal técnico se encargó del diseño del dispositivo, el cual fue muy similar al de la empresa anteriormente visitada. Una vez listo el diseño, el supervisor del laboratorio se encargó de cotizar la construcción de la base de soporte, la cual tuvo un precio de **\$756.00**, siendo la mejor opción. Cuando el dispositivo fue entregado al laboratorio, se realizaron las pruebas pertinentes de funcionamiento,

posteriormente y con resultados satisfactorios, se procedió a realizar la actualización del procedimiento. A continuación, se detalla el proceso necesario para la implementación de la base de soporte.



**Figura 9. Proceso de implementación de dispositivo de fuerza**

Fuente: elaboración propia.

### 5.3.2 Creación de nuevos procedimientos de calibración

Para la creación de los nuevos procedimientos, se requirió de ayuda externa para la formulación de los mismos. En primer caso, se necesitó del entrenamiento y aprobación por parte del proveedor de ciertas máquinas. Para ello, el supervisor del laboratorio tuvo que solicitar los accesos de menú específicos al proveedor. Como

ejemplos de estos casos, se encuentran las máquinas QMR-Pruebas de fuga (ver apéndice A) y las máquinas selladoras FFS (ver apéndice B).

En el caso de las máquinas QMR, en la planta existen dos activas en el sistema de calibración, las cuales tienen un intervalo de seis meses cada una, lo que significa cuatro calibraciones por año y de acuerdo con el costo de calibración de cada una de ellas, se obtiene la información mostrada en la tabla 8:

**Tabla 8. Costo de calibración máquinas QMR por año**

Maquina QMR	Costo Calibracion	Cantidad	Calibraciones por año
	\$ 366	2	2
<b>TOTAL:</b>		<b>\$</b>	<b>1,464.00</b>

Fuente: Laboratorio de calibración, MedPlast Medical, Costa Rica.

De acuerdo con la tabla 8, se obtiene el costo generado por estas máquinas por año, el cual era de **\$1,464.00**. Tomando en cuenta que durante los meses de enero, febrero y julio se realizaron las calibraciones respectivas por vía externa, se logra realizar la calibración pendiente del año gracias al nuevo procedimiento, logrando ahorrar **\$366.00** en lo que resta del año 2018. Por lo tanto, para el siguiente año 2019 se logra asegurar un ahorro total de **\$1,464.00**.

Vale la pena mencionar que, según declaraciones de uno de los clientes dueño de una de las máquinas QMR, para el primer trimestre del año 2019, se tiene planeado introducir una nueva máquina para incrementar la producción; lo que significaría

**\$732.00** adicionales que el laboratorio se podría ahorrar con las potenciales nuevas calibraciones.

Por otro lado, para las máquinas FFS se realizó el siguiente estudio, con el fin de evaluar el beneficio que conlleva realizar las nuevas calibraciones ejecutadas por el personal técnico de MedPlast.

**Tabla 9. Costo de calibración máquinas FFS por año**

Maquina FFS	Costo Calibracion	Cantidad	Calibraciones por año
	\$ 510	3	2
<b>TOTAL:</b>		<b>\$</b>	<b>3,060.00</b>

Fuente: Laboratorio de calibración, MedPlast Medical, Costa Rica.

Como se representa en la tabla 9, anteriormente se requería el servicio externo para las calibraciones de este tipo de máquinas, lo que significaba **\$3,060.00** al año, ya que son tres máquinas las que existen en la empresa, las cuales se calibran cada seis meses. Con respecto a las calibraciones del presente año, se produjo solo el 50 % de forma externa, lo que significa un ahorro de **\$1,530.00** gracias a la liberación del nuevo procedimiento en el mes de agosto.

## 5.4 FIRMA DE CONTRATO DE EXCLUSIVIDAD CON LABORATORIO EXTERNO

Se optó por la firma de un contrato con el laboratorio que a nivel histórico ha sido el más utilizado por MedPlast Medical, con esto se busca llegar a un mejor acuerdo entre las dos partes. Para la elección de la firma de contrato con este laboratorio, se tuvo que valorar las otras opciones de laboratorios con las que igualmente se trabajaba, mediante un análisis de costo-beneficio, tomando en cuenta los alcances de calibración de cada uno de ellos y el costo que generan.

Como requisitos por parte de la compañía y según la INTE-ISO-17025:2013, se exigía lo siguiente:

- El laboratorio o la organización de la cual es parte debe ser una entidad con responsabilidad legal.
- Para los laboratorios de calibración, el programa de calibración de los equipos debe ser diseñado y operado de modo que se asegure que las calibraciones y las mediciones hechas por el laboratorio sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).
- Los resultados de cada ensayo, calibración o serie de ensayos o calibraciones efectuados por el laboratorio deben ser informados en forma exacta, clara, no ambigua y objetiva, de acuerdo con las instrucciones específicas de los métodos de ensayo o de calibración.
- Es responsabilidad del laboratorio realizar sus actividades de ensayo y de calibración, de modo que se cumplan los requisitos de esta Norma Internacional

y se satisfagan las necesidades de los clientes, autoridades reglamentarias u organizaciones que otorgan reconocimiento.

- El sistema de gestión debe cubrir el trabajo realizado en las instalaciones permanentes del laboratorio, en sitios fuera de sus instalaciones permanentes o en instalaciones temporales o móviles asociadas.
- Si el laboratorio es parte de una organización que desarrolla actividades distintas de las de ensayo o de calibración, se deben definir las responsabilidades del personal clave de la organización que participa o influye en las actividades de ensayo o de calibración del laboratorio, con el fin de identificar potenciales conflictos de intereses.

De acuerdo con lo anterior, se establecieron tres importantes laboratorios como candidatos para su debido estudio y escoger la mejor opción. Para dicha escogencia, se realiza el siguiente análisis de la tabla 10:

**Tabla 18. Comparación de opción de laboratorios**

Laboratorio	Laboratorio A	Laboratorio B	Laboratorio C
Alcance de Variables	11 de 12	9 de 12	7 de 12
Servicio 24 horas	SI	SI	NO
Calibracion in situ	SI	SI	SI
Entrega de certificados (tiempo)	48 h	72 h	5 Dias
Capacitaciones	SI	SI (ofrece 3 charlas al año)	NO
Duracion contrato	1 año	1 año	1 año
<b>Monto de inversion</b>	<b>\$ 20,882</b>	<b>\$ 18,683</b>	<b>\$ 12,466</b>

Fuente: Laboratorio de calibración, MedPlast Medical, Costa Rica.

En la tabla 10, se aprecian los principales criterios en los que se basó la empresa para tomar la decisión de cuál sería el laboratorio apto para la firma de contrato. Como lo refleja la información anterior, el laboratorio A fue el escogido, ya que cumple con los requisitos esenciales que requiere MedPlast. Aunque es la opción de más alto costo, es la que más alcance en calibración de instrumentos ofrece, además, incluye un sistema de capacitaciones bastante atractivo, ya que en comparación con los otros dos laboratorios, este sistema de capacitación abarca entrenamientos en todas las variables ofrecidas y en conjunto de presentación de nuevos estándares de calibración.

#### **5.4.1 Beneficios de la firma de contrato**

Con la firma del contrato MedPlast se asegura una serie de beneficios, entre los cuales destacan los siguientes:

- Servicio de atención 24 horas, con esto cualquier emergencia que surja será atendida de inmediato.
- El laboratorio escogido tendrá un servicio de prioridad máxima, esto significa que, cuando se coordinen calibraciones, se atenderán dentro del horario del laboratorio de MedPlast, por lo tanto, no se requerirá el pago de horas extras debido a la escolta al técnico del laboratorio externo, generando un ahorro de costos.
- Las capacitaciones y entrenamientos que generan un mejor perfil técnico en el personal del laboratorio local.

- Cuando se requiera comprar algún patrón, el laboratorio escogido presenta importantes descuentos en comparación con otros proveedores de equipos, siempre y cuando se encuentre dentro del catálogo de instrumentos a la venta.
- En el caso de que MedPlast reduzca un 10 % de la cantidad de las calibraciones acordadas en el contrato, el laboratorio contratado deberá reajustar el monto mensual del tiempo restante del contrato en relación con el número de calibraciones ejecutadas.
- El laboratorio contratado ofrece dos técnicos exclusivos para atender los servicios de calibración, esto quiere decir que en todo momento se estará cubriendo las necesidades, pero si surgiera otra emergencia o calibración de último momento y estos dos técnicos no se encuentran disponibles, el laboratorio está obligado a suministrar otro(s) técnico(s) según sea la necesidad.

En resumen, con la firma de contrato, MedPlast se asegura la calibración de 157 instrumentos (ver anexo 2) al año, lo que significa **\$20,881.68** y en relación con los precios regulares del laboratorio escogido, la cotización sería de **\$30,773.00**. Esto quiere decir que fue la mejor elección, ya que generará un muy importante ahorro en los próximos periodos.

## 5.5 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS

Para llevar a cabo la selección de las propuestas por trabajar, fue necesario realizar un análisis de cada una de ellas, posteriormente, presentarlas a la supervisión del departamento y después a gerencia para su debida aprobación. A continuación, en la tabla 11, se muestra la presentación de las mismas:

**Tabla 19. Presentación de las propuestas**

Propuesta	Costo de inversión	Tiempo de implementación	Beneficio (anual)	Estatus
1. Actualización de especificaciones de instrumentos.	\$ -	21 días	\$ 880.00	Aprobada
2. Base de soporte para calibración de fuerza.	\$ 756.00	35 días	\$ 8,198.00	Aprobada
3. Actualización y creación de procedimientos de calibración.	\$ -	56 días	\$ 4,524.00	Aprobada
4. Firma de contrato de exclusividad con laboratorio externo.	\$ 20,882.00	77 días	\$ 9,891.32	Aprobada
5. Compra de nuevos estándares de calibración.	\$ 38,600.00	42 días	\$ 6,680.00	Rechazada

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 11, se detallan los costos de inversión de cada una de las propuestas y el tiempo de implementación. En el caso de la propuesta 1, el beneficio que se obtuvo fue en el año 2018; para los siguientes periodos, el beneficio se obtendrá en función al número de nuevos instrumentos ingresados al sistema de calibración. Para la propuesta 4, el costo de inversión es de **\$20,882.00**, sin embargo, este costo no se debe catalogar como adicional, ya que se encuentra implícito en los costos anuales por el rubro de calibraciones externas.

### 5.5.1 Plan de implementación de las mejoras

Para la debida implementación de las propuestas antes descritas, fue necesario ingeniar una estrategia para su correcta ejecución y así percibir resultados. Por lo tanto, se generó un plan para cada una de ellas. Los siguientes diagramas de Gantt fueron necesarios para llevar a cabo cada una de las propuestas (ver tabla 11):

- **Propuesta 1**

En la figura 10, se muestra la puesta en marcha de la propuesta 1, la cual trata de la actualización de especificaciones. Dicha propuesta fue implementada en el mes de julio y, por ende, es una de las que se mantiene de forma permanente.

Meses - Semanas	Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1																												
2																												
3																												

**Figura 10. Diagrama de Gantt para la propuesta 1.**

Fuente: elaboración propia.

- **Propuesta 2**

Mediante la figura 11, se representa la implementación de la propuesta 2, la cual desarrolla el uso de la base de soporte para la calibración de los instrumentos de fuerza (*force gages*). La duración que llevó esta propuesta fue de cinco semanas para completar todas las tareas necesarias.

Meses - Semanas		Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
Actividad		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Visitas de Benchmarking																												
2	Diseño de base de soporte																												
3	Construcción de base de soporte																												
4	Sesión de revisión de avance del proyecto																												
5	Entrenamiento en nueva revisión de procedimiento																												

**Figura 11. Diagrama de Gantt para la propuesta 2.**

Fuente: elaboración propia.

### • Propuesta 3

La actualización y creación de procedimientos como propuesta 3 necesitó de 56 días para su culminación, la cual se debió llevar simultáneamente con la propuesta 2, ya que esta última dependía de la liberación de los procedimientos para poder sacar provecho. En la figura 12 se muestra la propuesta 3.

Meses - Semanas		Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
Actividad		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Visitas de Benchmarking																												
2	Modificación de procedimientos																												
3	Contacto con proveedores de maquinas																												
4	Sesión de revisión de avance del proyecto																												
5	Creación de procedimientos																												
6	Proceso de revisión/aprobación de procedimientos																												
7	Liberación de procedimientos																												
8	Entrenamiento en cambios																												

**Figura 12. Diagrama de Gantt para la propuesta 3.**

Fuente: elaboración propia.

- **Propuesta 4**

En la figura 13, se muestra el detalle de la ejecución de la propuesta 4. La cual fue la que más tiempo tardó para ser completada, ya que necesitó de un largo periodo de tiempo para recibir respuesta con la oferta de los tres laboratorios involucrados en la escogencia por parte de MedPlast.

Meses - Semanas		Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Visitas de Benchmarking																												
2	Sesión de revisión de avance del proyecto																												
3	Negociación con laboratorios																												
4	Sesión de revisión de avance del proyecto																												
5	Firma de contrato																												

**Figura 13. Diagrama de Gantt para la propuesta 4**

Fuente: elaboración propia.

## 5.6 PROYECCIÓN DE COSTOS CON PROPUESTAS APLICADAS

Para comprobar la validez y efectividad de este proyecto, es necesario realizar un análisis con el fin de visualizar a través del tiempo el comportamiento de los costos en los próximos periodos. Para ello se realiza un resumen de cuáles fueron las iniciativas empleadas y así conocer su impacto positivo.

**Tabla 20. Cierre del año 2018 con propuestas implementadas**

2018					
Rubros	Quarter 1	Quarter 2	Quarter 3	Quarter 4	TOTAL
Calibraciones externas	\$ 13,945.00	\$ 12,657.50	\$ 9,134.14	\$ 8,047.42	\$ 43,784.06
Suministros de oficina	\$ 480.00	\$ -	\$ 268.00	\$ -	\$ 748.00
Uniformes	\$ 178.61	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 178.61
Entrenamientos	\$ 878.00	\$ 525.00	\$ 475.00	\$ -	\$ 1,878.00
Consumibles / herramientas	\$ -	\$ 325.00	\$ 155.00	\$ 64.00	\$ 544.00
Equipos	\$ -	\$ 740.00	\$ -	\$ -	\$ 740.00
Facilidades del Laboratorio	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 560.00	\$ 560.00
Repuestos / partes	\$ 1,217.00	\$ -	\$ 756.00	\$ -	\$ 1,973.00
					\$ 50,405.67

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 12, se aprecia la reducción que se logró una vez las propuestas fueron implementadas. Según los datos arrojados, el año 2018 cierra con un total de **\$50,405.67**, lo cual significa una mejora sustancial comparándolo con el año 2016, en el que el laboratorio gastó **\$56,009.90** y el año 2017, donde el costo total fue de **\$60,072.52**. Cabe resaltar que esta reducción en los costos se obtuvo en un periodo de solo siete meses, por lo que se asegura que en un periodo de un año completo la reducción será aún más considerable.

Para realizar la proyección en el año 2019, se enfocó en el rubro de las calibraciones externas, mediante una estimación de cuáles serían los costos tomando en cuenta el cronograma programado de calibraciones.

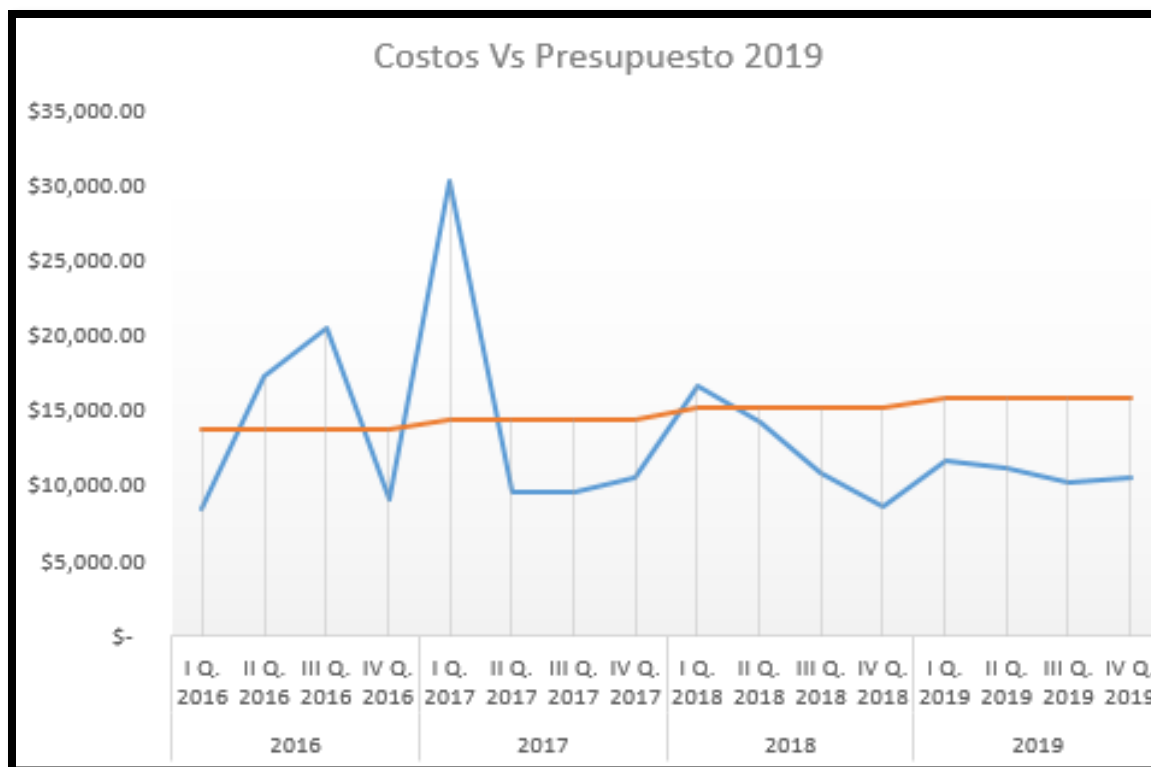
**Tabla 21 Proyección de calibraciones externas para el año 2019**

2019					
Rubros	Quarter 1	Quarter 2	Quarter 3	Quarter 4	TOTAL
Calibraciones por contrato	\$ 5,220.42	\$ 5,220.42	\$ 5,220.42	\$ 5,220.42	\$20,881.68
Calibraciones por proveedores exclusivos	\$ 3,878.00	\$ 3,362.00	\$ 2,389.00	\$ 2,827.00	\$12,456.00

**\$33,337.68**

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 13, se observan los costos estimados para el siguiente año 2019, estos valores pueden verse modificados debido al incremento o disminución de instrumentos dentro del sistema de calibraciones. Esto, sumado a la recomendación de inactivar instrumentos en periodos de tiempo donde el cliente no decida producir, podría reducir mucho más el costo.



**Figura 14. Costos versus presupuesto para el año 2019**

Fuente: elaboración propia.

En la figura 14, se muestra la proyección del laboratorio de calibración para el año 2019, tomando en cuenta toda la lista de rubros, por lo que se muestra el presupuesto destinado por año y se aprecia la gran reducción que tuvo en el año 2018, donde se logra el propósito de la compañía de permanecer por debajo del presupuesto generando utilidades.

Para sintetizar el producto del presente proyecto, es necesario realizar una representación gráfica, en la cual pueda resumir cada una de las principales causas de los altos costos operacionales contra las propuestas empleadas junto al impacto

económico que arrojó a la empresa una vez puestas en marcha. En la tabla 14 se presenta dicho resumen:

**Tabla 14 Resumen de causas versus propuestas**

Solución de principales causas de altos costos			
Causa detectada	Propuesta de mejora	Impacto económico (Anual)	
Calibraciones externas	Firma de contrato de exclusividad con laboratorio externo	Antes	\$49,878.80
		Después	\$33,337.68
		<b>Ahorro</b>	<b>\$16,541.12</b>
Rangos de calibración erróneos	Actualización de especificaciones de instrumentos	Antes	\$880.80
		Después	\$0.00
		<b>Ahorro</b>	<b>\$880.00</b>
Uso limitado de patrones de calibración	Implementación de nuevas herramientas de proceso	Antes	\$13,328.00
		Después	\$ 0.00
		<b>Ahorro</b>	<b>\$13,328.00</b>
Falta de métodos de calibración	Actualización y creación de procedimientos de calibración	Antes	\$1,464.00
		Después	\$0.00
		<b>Ahorro</b>	<b>\$1,464.00</b>

Fuente: elaboración propia.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

- Con la culminación del presente proyecto, se logró enumerar cuáles son las principales causas de los costos en el laboratorio de calibración. De acuerdo con el estudio, se determinó que el rubro más alto es el concepto de las calibraciones externas con un **82.3 %**, muy lejos de los demás rubros. Por esta razón, la compañía apoyó la iniciativa del proyecto y se enfocó principalmente en esta causa.
- En relación con el tema de las calibraciones externas, se diseñaron e implementaron valiosas propuestas que generaron un importante ahorro de recursos tanto para el laboratorio como la compañía en general. Cabe resaltar que dentro de las propuestas planteadas también se mantienen algunas en desarrollo al finalizar el proyecto, además de la valoración por parte de Gerencia de otras opciones que prometen optimizar los recursos (ver sección 6.2).
- Gracias a las propuestas generadas, se obtienen números positivos para la compañía, entre las principales mejoras que se realizaron se encuentra la reducción del gasto por medio de las nuevas calibraciones que se lograron realizar *in house*, mediante la actualización y creación de procedimientos, lo que significó **\$12,722.00** en un año. Sumado a esto, vale agregar también el gran ahorro obtenido mediante la firma de contrato con un determinado laboratorio externo, el cual generó un ahorro proyectado en un año de **\$9,891.32**.
- Se logró aumentar el porcentaje de calibraciones *in house* a un **91 %**, con esto se mejora el alcance del laboratorio y se continúa con la búsqueda del 100 %.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Como parte de la mejora continua dentro del proceso del laboratorio de calibración, se exponen las siguientes recomendaciones:

- Inactivar los instrumentos de líneas de producción en las cuales se mantienen detenidas, para esto es necesario negociar directamente con el cliente de las específicas líneas. Estos paros de producción son debidos a tiempos que toman los clientes para rediseño, consumo de la producción o demanda de la misma. Con la inactivación de los instrumentos no solo puede generar ahorro monetario, sino también tiempo valioso por parte del personal del laboratorio.
- Realizar un análisis de costo-beneficio de compra de nuevos estándares de calibración, lo que generaría un mayor alcance de las calibraciones actuales. Esta opción fue denegada en un principio por gerencia, ya que la finalidad de la empresa era reducir costos sin la necesidad de invertir mucho capital, por ello la opción de inversión será valorada en el primer trimestre del año 2019, teniendo en cuenta la reducción generada en el proyecto.
- Continuar con la formulación de mejoras de procedimientos, ya que al finalizar el proyecto aún se mantenían las negociaciones con algunos proveedores de máquinas que actualmente no se pueden calibrar *in house*, lo que puede generar aún más ahorro en el presupuesto del departamento.

## **BIBLIGRAFÍA**

Andrade, S. (2005). *Diccionario de Economía* (3ª. ed.). Lima: Editorial Andrade.

Escamilla, A. (2015). *Metrología y sus aplicaciones* (1ª. ed.). México: Grupo Editorial Patria.

Fluke. (1994). *Calibration: Philosophy in Practice* (2ª. ed.). USA: Fluke Corporation.

Moro, M. (2000). *Metrología: Introducción, conceptos e Instrumentos* (1ª. ed.). España: Universidad de Oviedo.

Rajadell, M. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Ramos, S. (29 de marzo de 2016). *Maneras más fáciles de reducir costos en mi laboratorio* [Mensaje de blog]. Recuperado de <http://blog.analitek.com/maneras-de-reducir-costos-en-mi-laboratorio>

Rincón, C. (2011). *Indicadores de costos*. Colombia: Universidad de Cali.

Romero, E. y Díaz, J. (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos XL* (3-4), 127-142.  
Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/270/27018888005.pdf>

Zamora, A. (2016). *Mejora de costos y disponibilidad de equipo para las rutas de transporte local en las operaciones de DHL Costa Rica en el tercer trimestre del 2016* (Proyecto de graduación para optar por el grado de Bachillerato).  
Universidad Hispanoamericana, Heredia.

Zapata, C. y Villegas, S. (2006). *Reglas de consistencia entre modelos de requisitos de un método*. Medellín, Colombia.

## APÉNDICES

## Apéndice A

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05427	REV: 01	DATE RELEASED: 21 Sep 18
	TITLE: USON QMR Leak Tester Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 1 of 5

### PROPÓSITO:

Establecer un procedimiento de calibración interno para llevar a cabo "en casa" la calibración del equipo con la variable de la presión.

### 2. ALCANCE:

Aplica a todos los equipos de presión, a cualquier instrumento que mida la presión, a todo el personal calificado para proceder con la calibración del equipo de acuerdo a este procedimiento.

### 3. RESPONSABILIDAD:

**Coordinador del Laboratorio:** revisa y aprueba los registros de calibración respectivos generados durante el proceso de metrología. Actualiza y cambia el procedimiento según se requiera.

**Técnicos en Calibración:** realizan las medidas siguiendo el debido proceso. Deben ser responsables de usar el equipo apropiado con el propósito de determinar su conformidad con las especificaciones. Archivan la información relacionada con la calibración, asegurando el cumplimiento de las reglas establecidas en este procedimiento. Si las lecturas encontradas durante la calibración son declaradas "Fuera de la especificación" y no es posible ajustarlas, se referirán al procedimiento CR-QP-00245 Fuera de Tolerancia. Para el cuidado apropiado del equipo estándar, seguirán las instrucciones del procedimiento CR-QP-04733 Manejo y almacenamiento del equipo estándar.

### 4. Referencia de documentos de Control de Calidad:

#### Formularios:

- CR-QS-00136 Archivos de calibración
- CR-QS-00145 Solicitud de número de equipo y formulario actualización especificación.

#### Procedimientos:

- CR-QP-00061 Procedimiento de calibración
- CR-QP-00245 Procedimiento Fuera de Tolerancia
- CR-QP-04733 Manejo y Almacenamiento del equipo estándar.

### 5. ESTÁNDARES REQUERIDOS DE EQUIPO Y CALIBRACIÓN:

- Estándares de presión principal, calibrador multifuncional
- Temperatura y humedad del equipo.
- O cualquier otro equipo donde su uso sea apropiado para la calibración.

### 6. DEFINITIONS:

- 6.1 Medición: proceso de obtener una o más valores que pueden ser atribuidos a una cantidad.
- 6.2 Instrumento de medida: dispositivo usado para realizar medidas, solo o en conjunto con uno o más dispositivos complementarios.
- 6.3 Medida: cantidad a ser medida.
- 6.4 Resultado de medida: conjunto de valores de cantidad para ser atribuidos a una medida junto con cualquier otra información relevante y disponible.

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05427	REV: 01	DATE RELEASED: 21 Sep 18
	TITLE: USON QMR Leak Tester Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 2 of 5

- 6.5 Exactitud de medida: grado de conformidad entre un valor de cantidad medida y un valor verdadero de cantidad.
- 6.6 Escala completa: todo rango del equipo de calibración.
- 6.7 Precisión de medida: es el grado al las medidas o cálculos demuestran el mismo resultado o similar.
- 6.8 Exactitud de medida: es el grado de conformidad de una cantidad medida o calculada a su actual valor.
- 6.9 Dato encontrado: es un dato comparando la respuesta del equipo a estándares conocidos antes del ajuste o calibración.
- 6.10 Dato después del ajuste: dato que se compara la respuesta del equipo a estándares conocidos después de los ajustes y de la finalización de la calibración.
- 6.11 UBP: unidad bajo prueba.
- 6.12 Ajuste de un sistema de medida: operación designada para cargar un instrumento de medida a un ambiente adecuado para su uso. El ajuste puede ser automático, semiautomático o manual.
- 6.13 Resolución: la mínima variación medida que indica un dispositivo de pantalla y que puede ser percibido significativamente.
- 6.14 Error: Indicación de un Instrumento de medida menos un valor verdadero de la entrada de cantidad correspondiente. Este instrumento se aplica cuando se compara el instrumento con un patrón de referencia.
- 6.15 Instrumento no automático para evaluar: instrumento que requiere la intervención de un operador usando el proceso de pesaje, por ejemplo: depositar o remover la carga a pesar y obtener el resultado.
- 6.16 Desvío: una leve variación de características metrológicas de un instrumento de medición.
- 6.17 Ajuste de un sistema de medición: conjunto de operaciones realizadas en un sistema de medida para proveer indicaciones prescritas correspondientes a ciertos valores dados de una variable de medida.
- Nota:** diferentes tipos de un sistema de medida se ajustan a cero; ajuste el valor de compensación y la escala de ajuste de amplitud (también llamado ajuste de ganancia).
- 6.18 Bias (Sesgo): diferencia entre el promedio de indicaciones repetidas y un valor de referencia.
- 6.19 Histéresis: se entiende como la propiedad en algunos instrumentos de medidas que hace que la curva de medida varíe de acuerdo a las lecturas; se hacen en orden ascendente o descendente. Los parámetros para cuantificar esta característica son la histéresis de entrada máxima y la histéresis de salida máxima.

## 7. PROCEDIMIENTO:

- 7.1 Definición de puntos de medida y Operaciones Preliminares:

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05427	REV: 01	DATE RELEASED: 21 Sep 18
	TITLE: USON QMR Leak Tester Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 3 of 5

- 7.1.1 La calibración cubrirá toda la gama del instrumento. Si existe la posibilidad de que el dueño del instrumento escoja los puntos de calibración, en este caso se llevará a cabo el procedimiento de la misma manera pero tomando en cuenta los valores usados por el usuario.
- 7.1.2 Leer todo el procedimiento antes de iniciar cualquier calibración.
- 7.1.3 Asegurar que se cumplan con las especificaciones requeridas de la unidad que se revisará.
- 7.1.4 Verificar la exactitud y la fecha de vencimiento de la actual de la calibración de los estándares a usar.
- 7.1.5 La condición ambiental donde la unidad bajo prueba esté ubicada, debe ser registrada en un Registro de Calibración.
- 7.1.6 Antes de la calibración, se deben verificar las condiciones externas del equipo.
- 7.1.7 Verificar la condición y operación de los elementos de la pantalla.
- 7.1.8 El manómetro y el estándar deben ser colocados en el mismo nivel de referencia, siempre y cuando sea necesario, para minimizar las variaciones de la presión por diferencia de altura.
- 7.1.9 El estándar está programado (de ser posible) en las mismas unidades que el calibrador.
- 7.1.10 Una vez que ha sido verificado el estado del equipo y el auxiliar, significa que han alcanzado la estabilidad termal y eléctrica, por lo tanto, proceda a la calibración del manómetro.
- 7.1.11 Ningún equipo movable puede ser calibrado solamente en el rango de uso donde se aplique; sin embargo, el equipo movable puede ser calibrado según se especifica en el procedimiento CR-QS-00145. El equipo en el cual los parámetros o los ajustes no se pueden cambiar, tendrá que calibrarse en su rango de operación.

## 7.2 Sensor 1

- 7.2.2 Conecte el manómetro de presión para probar el puerto.
- 7.2.3 Ajuste un grupo de puntos positivos de calibración.
- 7.2.4 Ajuste un grupo de puntos negativos de calibración.
- 7.2.5 Para el primer punto, sin entrada de aire, presiones aceptar para ajustar a cero.
- 7.2.6 Para el Segundo punto, ajustar el regulador de forma que el manómetro clase con el punto de calibración. Presione aceptar.
- 7.2.7 Debajo del sensor 2 (dif presión). Ajuste el rango a 0.3psi.
- 7.2.8 Ajuste el punto 1 positivo de calibración.
- 7.2.9 Ajuste el punto 1 negativo de calibración.
- 7.2.10 Gire la Tecla correr y volver al programa.
- 7.2.11 Seleccione ajuste de hardware.
- 7.2.12 Seleccione el tabulador del sensor.
- 7.2.13 Seleccione el sensor 1 de calibración.
- 7.2.14 Conecte el manómetro de presión para probar el puerto.
- 7.2.15 La presión se debe leer 00, si es así, presione Aceptar.
- 7.2.16 Ajuste el regulador a escala complete del sensor y presione Aceptar. (Asegúrese de leer manómetro de presión y no sensor).
- 7.2.17 Presiones Done y Ok

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05427	REV: 01	DATE RELEASED: 21 Sep 18
	TITLE: USON QMR Leak Tester Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 4 of 5

### 7.3 Sensor 2

7.3.1 Presione sensor 2 de calibración.

7.3.2 Conecte DVM (voltímetro digital) para probar los puntos como se muestra en la Fig. 1. Connect DVM (Digital Voltmeter) to test points shown in Fig 1.

7.3.3 Ventile el Puerto de prueba y conecte el anillo de la válvula conica del sensor al puerto de referencia.

7.3.4 Desconecte el tubo de 6 mm que está conectado al puerto de referencia al puerto del instrumento del equipo de ajuste y retírelo hasta que la lectura muestre  $0.3 \pm 0.0005$  psi.

7.3.5 Presione "accept".

7.3.6 Presione "done y ok".

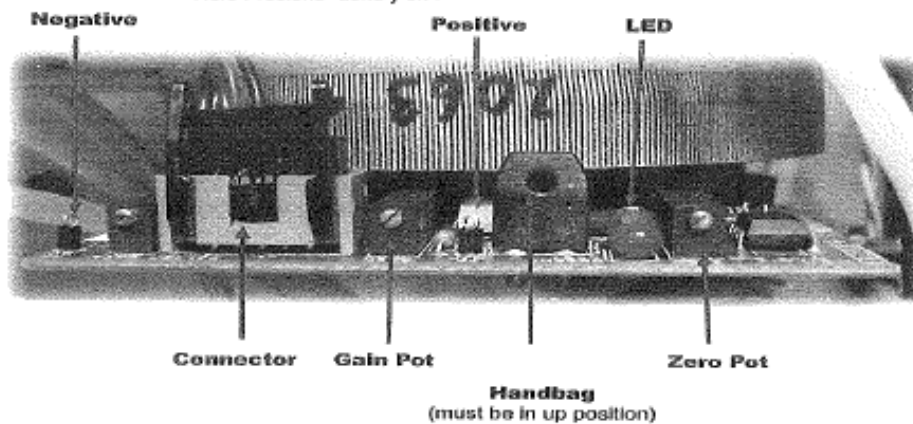


FIG 1. Diagrama para conectar el DVM durante el sensor 2 de calibración.

7.4 Si aplica, dependiendo al tipo del equipo, proceda a leer los datos (mínimo de cinco puntos) para determinar la precisión/exactitud del equipo.

7.5 Si aplica, dependiendo del tipo de equipo, proceda con la histéresis del equipo.

7.6 El equipo no movable se podrá calibrar solamente con el rango de uso, sin embargo, este equipo se calibrará como se especifica en el procedimiento CR-QS.00145. El equipo en el que los parámetros o ajustes no se pueden cambiar será calibrado en su rango de operación.

## 8. PROCESO DE AJUSTE:

8.1 \*Si durante el proceso de calibración el error reportado es mayor al 60% de tolerancia del equipo, proceda ajustar el equipo a cero si es posible. \*

Nota:

### Tipos de errores:

- **Error Lineal:** desviación o cambio de una línea recta a la curva representando la función de variable de salida de la variable de entrada.

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05427	REV: 01	DATE RELEASED: 21 Sep 18
	TITLE: USON QMR Leak Tester Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 5 of 5

- **Error Residual:** la diferencia entre los resultados observados y el valor previsto; el resultado observado menos el valor previsto.

#### 9. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS:

- 9.1 Todas las anotaciones, resultados y comentarios hechos durante la calibración deben ser reflejadas en la hoja de calibración correspondiente, hoja de recolección de datos, formulario de registro de calibración.
- 9.2 Cuando se complete la calibración, si se necesitara ajustar el instrumento, se repetirá el proceso de calibración.
- 9.3 Si el ajuste del equipo no fue realizado, agregue una nota in el registro de calibración: el "Dato encontrado" y "Dato después del ajuste" son iguales, si es necesario ajustar, referirse al procedimiento CR-QS-00138 Registro de Calibración.

#### 10. RESULTADOS:

- 10.1 Si el equipo se encuentra en tolerancia, copie el nivel de calibración e indíquelo en la Unidad bajo Prueba en servicio. Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia y no es posible ajustarlo, notifique al dueño del equipo, ponga la máquina fuera de servicio y siga los pasos del procedimiento CR-QP-00245 Fuera de Tolerancia.
- 10.2 Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia y es posible ajustarlo, siga los pasos del procedimiento CR-QP-00245.

## Apéndice B

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 1 of 13

### 1. PROPÓSITO:

Establecer un procedimiento interno para realizar "en casa" la calibración de la máquina FFS.

### 2. ALCANCE:

Aplica a todo el equipo que requiere medición para la máquina FFs. Incluye a todo el personal calificado para proceder con la calibración del equipo.

### 3. RESPONSABILIDAD:

**Coordinador de Laboratorio:** revisa y aprueba los registros de calibración generados durante el proceso de metrología. Actualizar y cambiar el procedimiento según se requiera.

**Técnicos en calibración:** realizan las mediciones siguiendo el debido proceso. Deben usar el equipo apropiado con el propósito de determinar su conformidad con las especificaciones. Archivan correctamente los registros de calibración. Éstos deben asegurar el cumplimiento de las reglas establecidas con las especificaciones de este procedimiento. Si las lecturas durante la calibración son declaradas "Fuera de especificación" y no es posible ajustar el instrumento, se referirán al procedimiento CR-QP00245 Fuera de tolerancia. Para el cuidado apropiado del equipo estándar seguirán las instrucciones del procedimiento CR-QP-04733 Manejo y almacenamiento del equipo estándar.

### 4. REFERENCIA DOCUMENTOS CONTROL DE CALIDAD:

#### Formularios:

- CR-QS-00136 Registro de calibración
- CR-QS-00145 Solicitud de número de equipo y Formulario de actualización de especificación

#### Procedure:

- CR-QP-00061 Procedimiento de calibración
- CR-QP-00245 Procedimiento Fuera de tolerancia
- CR-QP-04733 Manejo y almacenamiento del equipo estándar

### 5. ESTÁNDARDS REQUERIDOS PARA EL EQUIPO Y CALIBRACIONES:

- osciloscopio, calibrador maestro de presión y calibrador maestro termopar
- Temperatura y humedad del equipo
- O cualquier otro equipo donde su uso sea apropiado para la calibración

### 6. DEFINICIONES:

- 6.1 Medición: proceso para obtener una o más valores de cantidad que son atribuidos a una cantidad.
- 6.2 Instrumento de medición: dispositivo usado para realizar la medición, solo o en conjunto con uno o más dispositivos complementarios.
- 6.3 Medida: cantidad a ser medida.

Medical Company	DOCUMENT # CR-QP-05437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 2 of 13

- 6.4 Resultado de medida: conjunto de valores de cantidad que son atribuidos a una medida junto con cualquier otra información relevante.
- 6.5 Exactitud de medición: grado de concordancia entre el valor de la cantidad medida y un valor verdadero de una medida.
- 6.6 Escala completa: toda la gama del instrumento de calibración.
- 6.7 Precisión: es el grado de medidas o cálculos adicionales que muestran los mismos resultados o similares.
- 6.8 Exactitud: es el grado de la conformidad de una cantidad medida o calculada a su valor verdadero.
- 6.9 Dato encontrado: datos que comparan la respuesta del equipo a estándares conocidos antes del ajuste o calibración.
- 6.10 Dato después del ajuste: dato que compara la respuesta del equipo a estándares conocidos después del ajuste y en la finalización de la calibración.
- 6.11 Unidad bajo prueba: unidad bajo prueba.
- 6.12 Ajuste: operación designada para cargar un instrumento de Medición a una condición de trabajo adecuado para su uso. El ajuste puede ser automático, semi-automático o manual.
- 6.13 Resolución: la diferencia mínima que indica un dispositivo de pantalla que se puede percibir de manera significativa.
- 6.14 Error: indicación de un instrumento de medición menos el valor verdadero de la entrada de cantidad correspondiente. Este concepto aplica principalmente donde el instrumento se compara con un patrón de referencia.
- 6.15 Instrumento no automático para prueba: instrumento que requiere la intervención de un operador usando el proceso de pesaje por ejemplo: depositar o quitar la carga a pesar y obtener el resultado.
- 6.16 Ajuste de un sistema de medición: conjunto de operaciones realizadas en un sistema de medición para proveer las indicaciones prescritas correspondientes a valores dados a una variable medida.
- Nota:** diferentes tipos de sistema de medición se ajustan en cero; ajuste el valor de compensación y escala de ajuste de amplitud (también conocido como ajuste de ganancia).
- 6.17 Bías (Sesgo): diferencia entre el promedio de indicaciones repetidas y un valor de referencia.
- 6.18 Histéresis: se entiende como la propiedad de algunos instrumentos de medición que originan la curva de medición y difiere de las lecturas. Se produce en forma ascendente y descendente. Los parámetros de cantidad son la entrada de histéresis máxima y la salida de histéresis máxima.

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 3 of 13

## 7. PROCEDIMIENTO:

### 7.1 Definición de puntos de medición y operaciones preliminares

7.1.1 La calibración cubrirá todo el instrumento. Se deben medir al menos cinco puntos espaciados en forma igual, del 10% al 100% de su rango total. La posibilidad de que el dueño del instrumento escoja los cinco puntos de calibración, en este caso el procedimiento se realizará en la misma forma pero usando los valores definidos por el usuario.

7.1.2. Lea todo el procedimiento para iniciar cualquier calibración.

7.1.3 Asegúrese de cumplir con los requerimientos de especificaciones de la unidad que será verificada.

7.1.4 Verifique la condición y operación de los elementos de la pantalla.

7.1.5 Las condiciones ambientales en donde el equipo está ubicado deben registrarse.

7.1.6 Antes de la calibración, se debe comprobar las condiciones externas del equipo.

7.1.7 Compruebe la condición y operación de los elementos de la pantalla.

7.1.8 El calibrador y estándar se deben colocar al mismo nivel de referencia, siempre que sea posible, para minimizar las variaciones de presión por diferencia de altura. Sino, se harán las correcciones.

7.1.9 El estándar está programado para que sea igual en la misma unidad como la del manómetro calibrado.

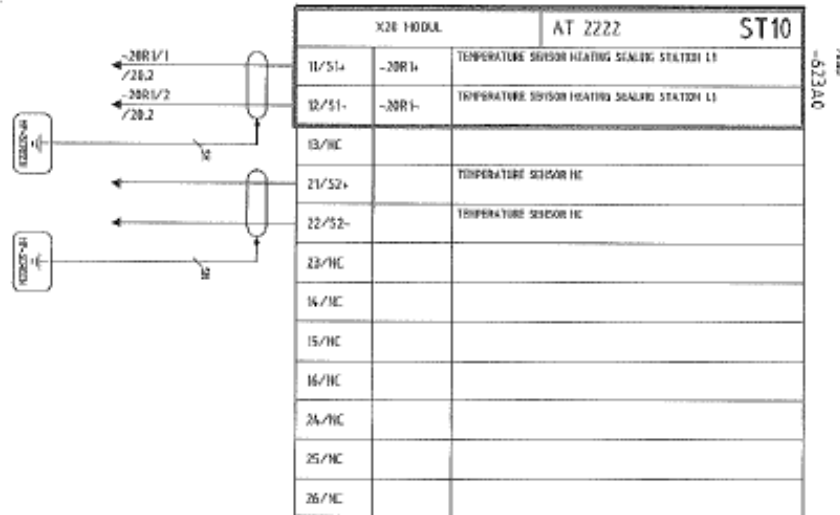
7.1.10 Una vez que se ha comprobado el estatus del todo el equipo y el auxiliar, significa que ellos han alcanzado la estabilidad termal y eléctrica y proceder con la calibración del manómetro.

7.1.11 El equipo no móvil puede ser calibrado solamente en el rango de uso cuando se aplique, sin embargo, el equipo móvil será calibrado según lo especifica el procedimiento CR-QS-00145. El equipo en el que los parámetros o ajustes no se pueden cambiar, se calibrarán en su rango de uso.

### 7.2 Sellado de calibración de temperatura

7.2.1 Para realizar la calibración del sellado de calibración de temperatura, conectar el termopar maestro al punto de prueba de salida módulo 623A0, salida 11 y 12. Ver el diagrama eléctrico

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 4 of 13



Picture 1. Module 623A0

7.2.2 Ajuste el calibrador termopar maestro RPT, PT100 385.

7.2.3 Mida cinco puntos diferentes de acuerdo con la especificación del instrumento.

7.2.4 Registre los resultados en Formulario de calibración.

7.2.5 Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia, pegue la etiqueta de calibración y ponga la unidad bajo prueba en servicio.

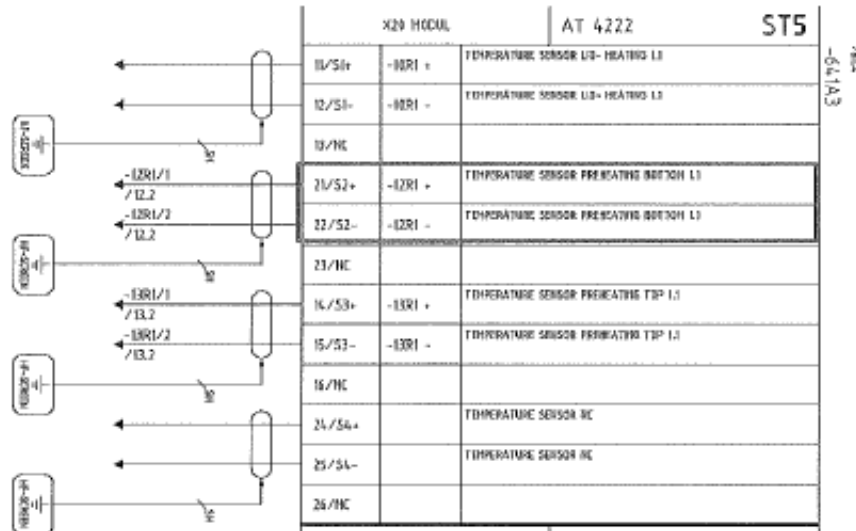
7.2.6 Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia, proceda a ajustar el valor de compensación siguiendo los pasos de la sección de ajuste de temperatura del valor de compensación.

7.2.7 Si el valor de compensación no se puede corregir, notifique al dueño del equipo inmediatamente, ponga la máquina fuera de servicio y siga los pasos según procedimiento CR-QP-00245 Fuera de Tolerancia.

### 7.3 Calibración del precalentamiento de la temperatura inferior

7.3.1 Realizar la calibración de la temperatura, conectar el calibrador del termopar maestro al punto de prueba de salida módulo 641\*3, salida 21 y 22. Ver el diagrama eléctrico.

Medical Company	DOCUMENT # CR-QP-06437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 5 of 13



Picture 2. Module 641A3

7.3.2 Ajustar el calibrador termopar maestro a RPT, PT100 385.

7.3.3 Mida cinco puntos diferentes con el Termómetro.

7.3.4 Registre los resultados en el Formulario de Registro Cal.

7.3.5 Si el equipo se encuentra en tolerancia, pegue la etiqueta de calibración y ponga la unidad bajo prueba en servicio.

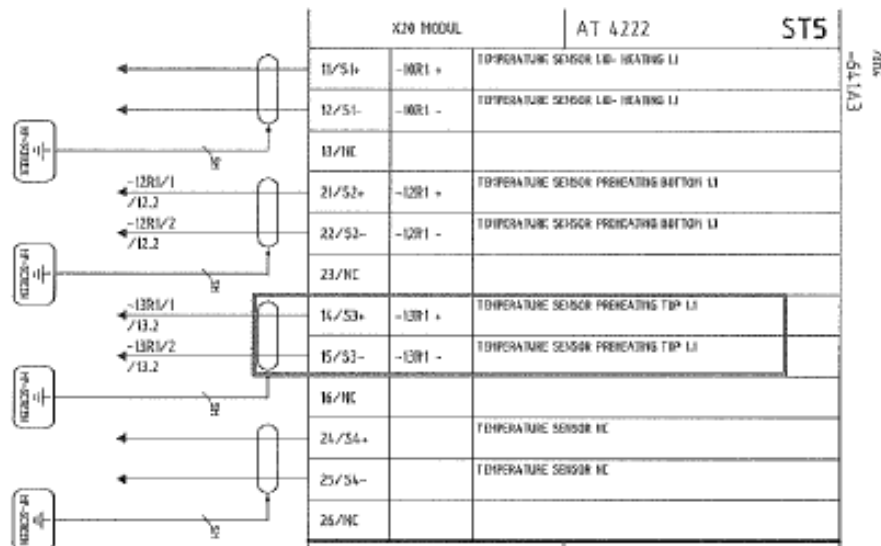
7.3.6 Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia, proceda a ajustar el valor de compensación siguiendo los pasos de la sección del ajuste del valor de temperatura y los puntos del tiempo.

7.3.7 Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia, notificar al dueño del equipo inmediatamente, ponga la máquina fuera de servicio y siga los pasos según el procedimiento CR-QP-00245 Fuera de tolerancia.

#### 7.4 Calibración del precalentamiento de la temperatura máxima

7.4.1 Para realizar la calibración de la temperatura, conectar el calibrador termopar maestro para verificar el punto de salida módulo 641A3, salida 14 y 15. Ver seguidamente el diagrama eléctrico.

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 6 of 13



Picture 3. Module 641A3

7.4.2 Ajuste el calibrador termopar maestro a RPT, PT100 385.

7.4.3 Mida cinco puntos distintos según la especificación del instrumento.

7.4.4 Registre los resultados en el Formulario de calibración.

7.4.5 Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia, pegue la etiqueta de calibración y ponga la unidad bajo prueba fuera de servicio.

7.4.6 Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia, proceda a ajustar el valor de compensación siguiendo los pasos de la sección Ajuste del valor de compensación de temperatura y los puntos de ajuste del tiempo.

7.4.7 Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia, notifique al dueño del equipo inmediatamente, ponga la máquina fuera de servicio y siga los pasos según procedimiento CR-QP-00245 Fuera de tolerancia.

#### 7.5 Calibración del sensor del tiempo

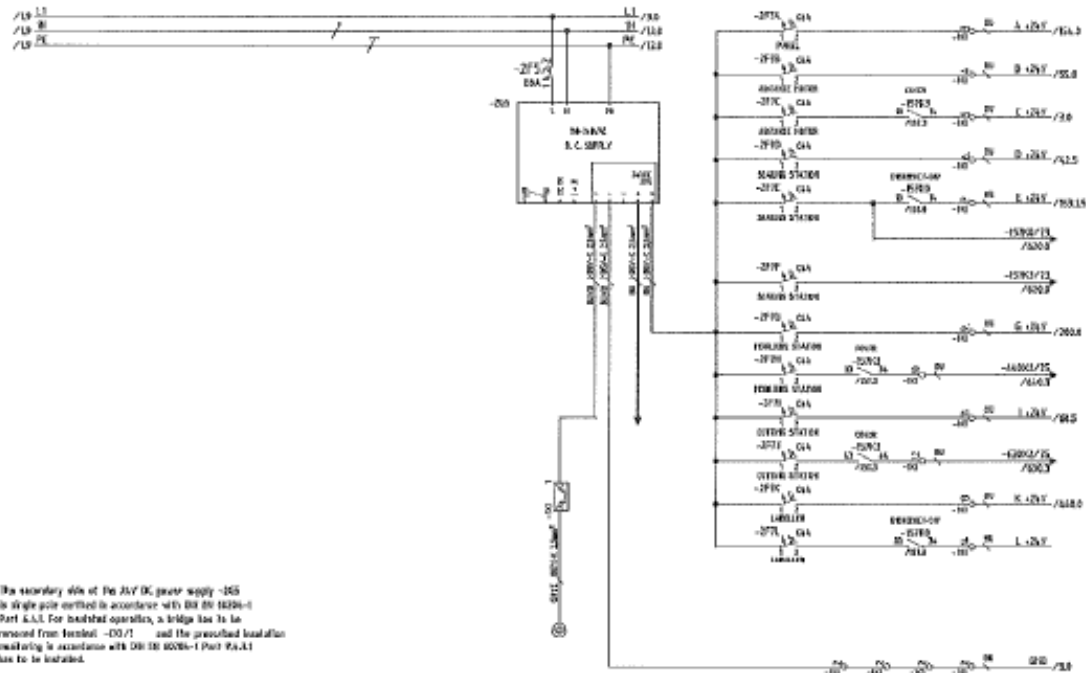
7.5.1 Para realizar la calibración de la variable del tiempo, inserte la terminal positiva del osciloscopio en el punto de prueba de salida módulo 624% salida 7, terminal 14 y la terminal negativa en el módulo 2 de la PLC. Ver seguidamente el diagrama eléctrico.

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 7 of 13

		X20 MODUL	DO 9322	ST15
← -4 15H1/4 /4 15.1	11/DO1	-4 15H1	INDICATOR LAMP --- STOP SIGNAL	
← -4 15H2/3 /4 15.2	21/DO2	-4 15H2	INDICATOR LAMP --- START SIGNAL	
← -4 15H3/2 /4 15.3	12/DO3	-4 15H3	INDICATOR LAMP --- SIGNAL READY FOR OPERATION	
← -4 15H4/1 /4 15.4	22/DO4	-4 15H4	INDICATOR LAMP --- ALARM SIGNAL	
←	19/DO5	-273Y9	VALVE VACUUM-VALVES VENTILATE	
←	23/DO6			
←	14/DO7		OUTPUT CALIBRATION TRIP	
←	24/DO8	-54 Y0	VALVE PUSHER VACUUM	
←	15/DO9	-54 Y1	VALVE FREE VACUUM	
←	25/DO10	-83A0/8	XF-UNIT START	
←	16/DO11			
←	26/DO12	-64K6	PROTECTION STROKE UNROLLING DEVICE LOWER FILM CHANGEOVER ROTATIONAL DIRECTION	

Picture 4. Módulo

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 8 of 13



### Cuadro 5. Módulo 2

7.5.2 Mida cinco puntos distintos de acuerdo con la especificación del instrumento.

7.5.3 Siga las instrucciones de la sección 6.6 para acceder a la pantalla 3621 para ajustar los puntos de prueba.

7.5.4 Registre los resultados en el Formulario de Registro Cal.

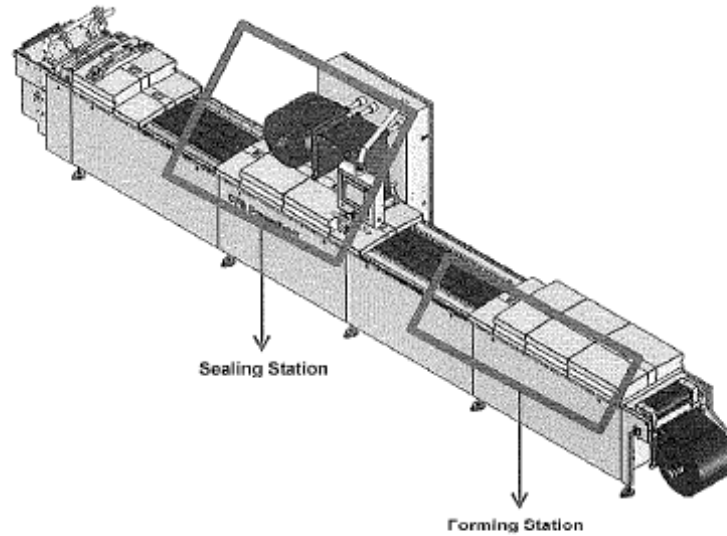
7.5.5 Si el equipo se encuentra en tolerancia, pegue la etiqueta de calibración y ponga la unidad bajo prueba en servicio.

7.5.6 Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia, notifique al dueño del equipo inmediatamente, ponga la máquina fuera de servicio y siga los pasos de acuerdo con el procedimiento CR-QP-00245 Fuera de tolerancia.

### 7.6 Calibración del sensor de presión

7.6.1 Para realizar la calibración de la presión, conecte el calibrador maestro de presión para comprobar el punto de prueba localizado en las estaciones de formación y sellado. Refiérase al cuadro de abajo.

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 9 of 13



7.6.2 Medir cinco puntos de acuerdo con la Cal Spec.

7.6.3 Registre los resultados en el formulario de registro Cal.

7.6.4 Si el equipo se encuentra en tolerancia, pegue la etiqueta de calibración y ponga la unidad bajo prueba en servicio. Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia, notifique al dueño, inmediatamente, ponga la máquina fuera de servicio, y siga los pasos del procedimiento CR-Q-00245 Fuera de tolerancia.

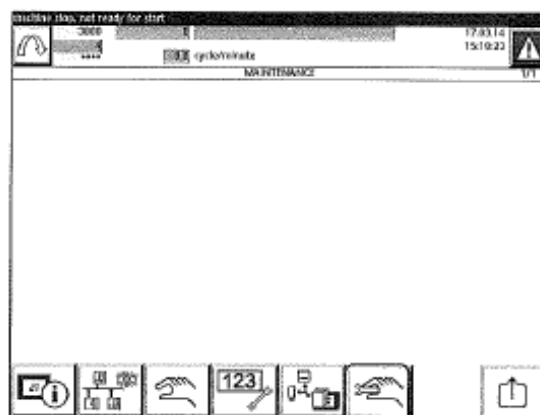
7.7 Ajuste de temperatura y set points de tiempo

7.7.1 Presione el boton "wrench" en la pantalla principal.

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 10 of 13



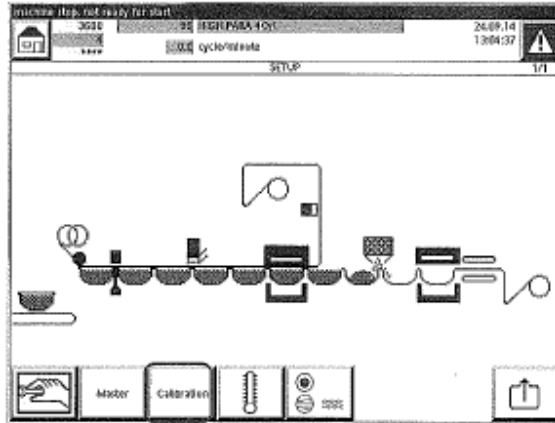
7.7.2 Presione "Set Up" en la pantalla 3000



7.7.3 Ingrese el password nivel 4, el cual es 75319

7.7.4 Presione "calibration button" en la pantalla 3600

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 11 of 13



7.7.5 El offset se puede ajustar en la pantalla 3621

heating unit	actual [sec]	ref [sec]	off [sec]
Sealing	00:00	35.0	-1.5
Sandwich below	00:00	30.0	-2.0
Sandwich above	00:00	35.0	3.0

Timer	On [sec]	Off [sec]
Output On/Off	4.00 s	1.80 s

7.7.6 Los puntos de prueba de tiempo se pueden modificar en la pantalla 3621

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 12 of 13

heating unit	actual [sec]	set [sec]	diff [sec]
Scaling	25.0	25.0	1.1
Sandwich below	39.0	39.0	-2.0
Sandwich above	35.0	35.0	3.6

Timer	On [sec]	Off [sec]
Output On/Off	4.00 s	1.00 s

7.7.7 Presione "service" para salvar los cambios.

heating unit	actual [sec]	set [sec]	diff [sec]
Scaling	25.9	25.9	1.1
Sandwich below	30.0	30.0	-2.0
Sandwich above	35.0	35.0	3.6

Timer	On [sec]	Off [sec]
Output On/Off	4.00 s	1.00 s

## 8. ADJUSTMENT PROCESS:

8.1 "If during the calibration process the error reported is greater than 60% of tolerance of the equipment, proceed to adjust the equipment to zero if it is possible"

Note:

### Error Types:

- **Linear Error:** Deviation from a straight line to the curve representing the output variable function of the input variable.
- **Residual Error:** The difference between the observed results and the predicted value; the result observed minus predicted value.

Medical Company

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05437	REV: 01	DATE RELEASED: 10 Ago 18
	TITLE: FFS Machine Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 13 of 13

**9. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS:**

- 9.1 Todas las anotaciones, resultados y comentarios hechos durante la calibración deben ser reflejadas en la hoja de calibración correspondiente, hoja de recolección de datos, formulario de registro de calibración.
- 9.2 Cuando se complete la calibración, si se necesitara ajustar el instrumento, se repetirá el proceso de calibración.
- 9.3 Si el ajuste del equipo no fue realizado, agregue una nota in el registro de calibración: el "Dato encontrado" y "Dato después del ajuste" son iguales, si es necesario ajustar, referirse al procedimiento CR-QS-00136 Registro de Calibración.

**10. RESULTADOS:**

- 10.1 Si el equipo se encuentra en tolerancia, copie el nivel de calibración e indíquelo en la Unidad bajo Prueba en servicio. Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia y no es posible ajustarlo, notifique al dueño del equipo, ponga la máquina fuera de servicio y siga los pasos del procedimiento CR-QP-00245 Fuera de Tolerancia.
- 10.2 Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia y es posible ajustarlo, siga los pasos del procedimiento CR-QP-00245.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05423	REV: 04	DATE RELEASED: 18 Jul 18
	TITLE: Force Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 1 of 5

### PROCEDIMIENTO CALIBRACIÓN MAGNITUD DE FUERZA

#### 1. PROPÓSITO:

Establecer un procedimiento interno para realizar la calibración de fuerza "en casa".

#### 2. ALCANCE:

Aplica a todos los instrumentos de fuerza, aplica al personal calificado para proceder con la calibración de los instrumentos de acuerdo con el procedimiento.

#### 3. RESPONSABILIDAD:

Coordinador del Laboratorio: revisa y aprueba los registros de la calibración respectiva generada durante el proceso de metrología. Actualiza y cambia el procedimiento según se requiera.

Técnicos en calibración: realizan las medidas correspondientes de acuerdo al debido proceso. Son responsables de usar el equipo correcto con el propósito de determinar su conformidad con las especificaciones. Archivan correctamente los registros de calibración. Éstos deben cumplir con las reglas establecidas en este procedimiento. Si las lecturas encontradas son declaradas "fuera de especificación" aunque fuera posible ajustarlas o no, se deben seguir los pasos del procedimiento CR-QP-00245 Fuera de la especificación. Para el cuidado apropiado de los instrumentos estándar, seguir los pasos indicados en el procedimiento CR-QP-04733 Manejo y almacenamiento de los instrumentos estándar.

#### 4. REFERENCIA DOCUMENTOS CONTROL DE CALIDAD

##### Formularios:

- CR-QS-00136 Registros de calibración
- CR-QS-00145 Solicitud número de equipo y formulario de actualización de especificación

##### Procedimientos

- CR-QP-00061 Procedimiento de calibración
- CR-QP-00245 Procedimiento fuera de tolerancia
- CR-QP-04733 Manejo y almacenamiento de los instrumentos estándar

#### 5. ESTÁNDARES REQUERIDOS DEL EQUIPO Y CALIBRACION:

- Masa
- Temperatura y humedad del equipo
- O cualquier otro equipo donde su uso es apropiado para la calibración.

#### 6. DEFINICIONES:

- 6.1 Medición: proceso para obtener uno o más valores de cantidad que pueden ser razonablemente atribuidos a una cantidad.
- 6.2 Instrumento de medición: dispositivo usado para realizar mediciones, solo o en conjunto con uno o más dispositivos.
- 6.3 Medida: cantidad intencionada para ser medida.

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05423	REV: 04	DATE RELEASED: 18 Jul 18
	TITLE: Force Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 2 of 5

- 6.4 Resultado de medición: conjunto de valores de cantidad que son atribuidos a una medida junto con otra información relevante.
- 6.5 Exactitud de medición: Grado de conformidad entre el valor medido y el valor verdadero de una medida.
- 6.6 Escala completa: todo rango del instrumento de calibración.
- 6.7 Precisión: es el grado en el cual las mediciones o cálculos adicionales muestran los mismos resultados o similares.
- 6.8 Exactitud: es el grado de conformidad de una cantidad medida o calculada a su actual valor.
- 6.9 Datos encontrados: datos que comparan la respuesta del instrumento a estándares conocidos antes del ajuste o la calibración.
- 6.10 Datos después del ajuste: datos que comparan la respuesta del instrumento a estándares conocidos después del ajuste o en la finalización de la calibración.
- 6.11 UBP: Unidad bajo prueba.
- 6.12 Ajuste: operación designada para trasladar un instrumento de medición a un ambiente de trabajo apropiado para su uso.
- 6.1 Resolución: la mínima diferencia indicando un dispositivo de visualización que puede ser percibido significativamente.
- 6.14 Error: la evidencia de un instrumento de medición menos el valor de cantidad real de entrada correspondiente. Este concepto aplica principalmente donde se compara el instrumento con un patrón de referencia.
- 6.15 Instrumento no automático para prueba: instrumento que requiere la intervención de un operador usando el proceso de pesaje, por ejemplo: depositar o quitar la carga a pesar y obtener el resultado.
- 6.16 Dinamómetro: es un instrumento para medir tracción y/o compresión a través de un sistema de elementos mecánicos y electrónicos, todos ellos en un mismo cuerpo.
- 6.17 Medidores de fuerza: son componentes de un instrumento de medición de fuerza suministrando las indicaciones correspondientes a deformaciones de un transductor al cual se está asociado cuando en esta fuerza es aplicada la medida.
- 6.18 Transductor de fuerza: son componentes de un instrumento de medición de fuerza responsable de transformar en cantidad eléctrica medible. Una deformación elástica causada por aplicar elementos mecánicos por una fuerza para ser leído in otro instrumento de medición de componente de fuerza. Por su geometría, puede ser columna o anillo.
- 6.16 Ajuste de un sistema de medición: conjunto de operaciones realizado en un sistema de medida para suministrar indicaciones correspondientes a ciertos valores de una variable medida.

**Nota:** diferentes tipos de establecimiento de sistemas de medición se ajustan a cero; ajustar el valor de compensación y la amplitud de ajuste de escala (conocido también como de ajuste de ganancia).

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05423	REV: 04	DATE RELEASED: 18 Jul 18
	TITLE: Force Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 3 of 5

- 6.17 Bias (Sesgo): diferencia entre el promedio de indicaciones repetidas y un valor referente.
- 6.18 Histéresis: se entiende como la propiedad en algunos instrumentos de medidas que hace que la curva de medida varíe de acuerdo a las lecturas; se hace en orden ascendente o descendente. Los parámetros para cuantificar esta característica son la entrada de histéresis de máxima y la salida de histéresis máxima.

## 7. PROCEDIMIENTO:

### 7.1 Definición de puntos de medida y Operaciones Preliminares:

- 7.1.1 La calibración cubrirá toda la gama del instrumento. Si existe la posibilidad de que el dueño del instrumento escoja los puntos de calibración, se llevará a cabo el procedimiento de la misma forma, solamente que se tomarán en cuenta los valores que el usuario considere.
- 7.1.2 Leer todo el procedimiento antes de iniciar cualquier calibración.
- 7.1.3 Asegúrese que la unidad cumpla con las especificaciones requeridas.
- 7.1.4 Verifique la exactitud, la calibración actual y la fecha de vencimiento de los estándares a ser usados.
- 7.1.5 La condición ambiental donde la unidad esté ubicada, debe registrarse.
- 7.1.6 Antes de la calibración, se debe verificar la condición externa del equipo.
- 7.1.7 Verificar la condición y operación de los elementos de la pantalla.
- 7.1.8 Cuando las máquinas de fuerza suministran la función de compresión y tensión, cada modo de trabajo es una variable independiente de calibración y capacidad de medición.
- 7.1.9 Dependiendo del uso final, la fuerza será calibrada en tensión o compresión o en ambas funciones.
- 7.1.10 Ningún equipo móvil puede ser calibrado solamente en el rango donde sea pertinente; sin embargo, si pueden ser calibrados según se especifica en el procedimiento CR-QS-00145. El equipo en el cual los parámetros o ajustes no se puedan cambiar será calibrado en su rango de operación.

### 7.2 COMPRESION

- 7.2.1 Con el instrumento sujeto al accesorio, gire hacia arriba el accesorio de manera que el manómetro esté en posición vertical (Ver figura 1).
- 7.2.2 Quite el instrumento del accesorio y llévelo al estante de prueba, el pie en posición vertical. (Ver figura 1). Verifique que el manómetro esté seguro y en posición vertical.
- 7.2.3 Coloque el peso de prueba en la base del instrumento, usando los pesos correctos. Usar el peso máximo que el instrumento usará para la prueba final. En la mitad (o puede ser en otro punto) del rango de calibración mida al menos cinco veces el mismo punto.

Medical Company	DOCUMENT # CR-QP-05423	REV: 04	DATE RELEASED: 18 Jul 18
	TITLE: Force Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 4 of 5

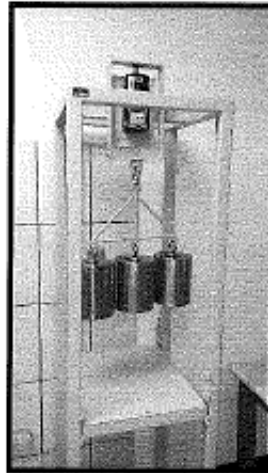


Figura 1

### 7.3 TENSION

7.3.1 Colocar un gancho de tamaño apropiado en instrumento que sostendrá los pesos de prueba requeridos y ponga el instrumento en el estante de prueba y el gancho con su parte final hacia abajo en posición vertical (Ver figura 2). Despegue cualquier banda o tira usada en los pesos de prueba para pegar el peso en el gancho de prueba.

7.3.2 Guindar los pesos de prueba del gancho del manómetro de fuerza asegurándose que el peso de prueba no toque el estante de prueba o la mesa.

7.3.3 Colocar el peso de prueba en el pie del manómetro de fuerza usando los pesos correctos (dividir el rango entre 1/3 y pruebe un punto en cada 1/3 de la prueba.

7.3.4 En la mitad (puede ser otro punto) del rango de la calibración, mida al menos cinco veces este mismo punto.

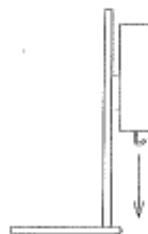


FIG. 2

Medical Company	DOCUMENT #: CR-QP-05423	REV: 04	DATE RELEASED: 18 Jul 18
	TITLE: Force Calibration Procedure		
CALIBRATION	STATUS: Release		Page: 5 of 5

7.4. Dependiendo del tipo del equipo y si se aplicara, proceda a tomar los datos (mínimo de cinco puntos) para determinar la precisión/exactitud del equipo.

7.5 Dependiendo del tipo de equipo y si se aplicara, proceda con la histéresis en el equipo.

#### 8. PROCESO DE AJUSTE:

8.1 \*Si durante el proceso de calibración el error reportado es mayor que 60% de tolerancia del equipo, proceda a ajustar el equipo a cero si es posible.\*

Nota:

##### Tipos de errores:

- **Error lineal Error:** desviación de una línea recta hacia la curva representando la función de variable de salida.
- **Error Residual:** la diferencia entre los resultados observados y el valor previsto.

#### 9. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS:

9.1 Todas las anotaciones, resultados y comentarios realizados durante la calibración deben ser reflejados en la hoja de calibración u hoja de recolección de datos o en el formulario de registro recolección de datos.

9.2 Si se requiere un ajuste del instrumento al finalizar la calibración, realice el ajuste y luego repita todo el proceso de calibración.

9.3 Si los ajustes en el instrumento no son necesarios, el valor "Datos encontrados" y "Datos después del ajuste" serán los mismos.

9.4 Dependiendo del tipo del instrumento y si aplica, proceda con la prueba de precisión y exactitud.

9.5 Dependiendo del tipo del instrumento y si aplica, proceda con la prueba de la histéresis en el equipo.

#### 10. RESULTADOS:

10.1 Si el equipo se encuentra dentro de la tolerancia, coloque la etiqueta de calibración y ponga la unidad bajo prueba en servicio. Si el equipo se encuentra fuera de tolerancia y no es posible ajustarlo, notifique al dueño del equipo inmediatamente, ponga el instrumento fuera del servicio, y siga los pasos del procedimiento CR-QP-00245 Fuera de Tolerancia.

## Anexo 2

Asset	Description	MODEL	Manufacturer	Frequenc	Original Cost \$	New Cost
EQ000296	CRF000385A-Multimeter	Fluke 77 IV	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ000376	CRF000438A-Smart Scope Flash	Smart Scope Flash 200	OGP VISION SYSTEM (MFG)	Semi Anual	\$ 500.00	\$ 405.00
EQ000394	CRF000446A-SURFACE PLATE	Grade A (inspection)	Starrett	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ000416	CRF000468A-SURFACE PLATE	Grade A (inspection)	Starrett	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ000417	CRF000468B-SURFACE PLATE	Grade A (inspection)	Starrett	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ000418	CRF000468C-SURFACE PLATE	Grade A (inspection)	Starrett	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ000419	CRF000468D-SURFACE PLATE	Grade A (inspection)	Starrett	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ000420	CRF000468E-SURFACE PLATE	Grade A (inspection)	Starrett	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ000421	CRF000468F-SURFACE PLATE	Grade A (inspection)	Starrett	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ000422	CRF000468H-SURFACE PLATE	Grade A (inspection)	Starrett	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ000661	CRF000875A-Granite Table	Grade A (inspection)	Standridge Granite Corp	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ000907	CRF000976A-USON Integrity Test	Q6000	Uson	Annual	\$ 200.00	\$ 135.00
EQ000910	CRF000980A-Integrity Tester ST	CM221.1-210MNA0/W35-2/	LACO	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ000911	CRF000981A-Integrity Tester ST	CM221.1-210MNA0/W35-2/	LACO	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ000922	CRF000993A-Leak Standard	CM228.0-2100XA0/3/35-2/	LACO	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ000923	CRF000994A-Leak Standard 0.07	CM228.0-2100XA0/3/35-2/	LACO	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ000963	CRF001037A-Vacuum USON Lea	I-B1SV	Uson	Annual	\$ 200.00	\$ 135.00
EQ001341	CRG000011B-Scale Pallet Truck	BFC6	EZ Scale	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ001353	CRG000016A-Digital Level	WR300	Wixey	Annual	\$ 50.00	\$ 40.50
EQ001363	CRG000039D-Class X Pin Gage S	Class XX	Vermont gage	Annual	\$ 100.00	\$ 81.00
EQ001401	CRG000059H-LEAK Orifice	520-3.00 scc/m	CTS	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ001402	25" MicroRule	EA023	Max Levy, Autograph, Inc.	Annual	\$ 140.00	\$ 94.50
EQ001463	CRG000082A-Load Celd 200 lbs	TSB200	COM TEN	Annual	\$ 195.00	\$ 131.63
EQ001464	CRG000082B-Load Celd 200 lbs	TSB200	COM TEN	Annual	\$ 195.00	\$ 131.63
EQ001475	CRG000090A-Pressure Module 3	FLUKE-700P27	Fluke Corporation	Annual	\$ 195.00	\$ 157.95
EQ001476	CRG000094C-LeakTest Flow Orif	520	Cincinnati Test Systems	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ001483	Calper 24 in	24 in	Mitutoyo	Annual	\$ 65.00	\$ 43.88
EQ001487	CRG000101A-Omega Microproce	HH21	Omega Engineering	Annual	\$ 76.00	\$ 61.56
EQ001488	CRG000102A-Master Calibrator	714	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ001528	CRG000121E-Multimeter	73 III	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ001543	CRG000137A-Controlador de Hur	1911-46A	Terra Universal Inc.	Three Months	\$ 267.00	\$ 162.00
EQ001544	CRG000137B-Humidity Controller	1911-46A	Terra Universal Inc.	Semi Anual	\$ 267.00	\$ 162.00
EQ001582	CRG000163A-Indicador de Carat	NDX438	Mitutoyo	Annual	\$ 50.00	\$ 40.50
EQ001583	CRG000163B-Indicador de Carat	NDX438	Mitutoyo	Annual	\$ 50.00	\$ 40.50
EQ001615	CRG000183B-Calper 24"	CDC-24°C	Mitutoyo	Annual	\$ 65.00	\$ 43.88

Asset	Description	MODEL	Manufacturer	Frequenc	Original Cost \$	New Cost
EQ001615	CRG000183B-Caliper 24"	CDC-24"C	Mitutoyo	Annual	\$ 65.00	\$ 43.88
EQ001624	CRG000191D-Mass Flowmeter	M100L-DD-2-OV1-PV2-V3	Sierra	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ001625	CRG000191E-Mass Flowmeter	M100L-DD-2-OV1-PV2-V3	Sierra	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ001630	Digital Force gauge	DEF 8-200	CHATILLON	Annual	\$ 195.00	\$ 131.63
EQ001676	CRG000223A-Optical Comparato	PH-A14	Mitutoyo	Semi Annual	\$ 195.00	\$ 157.95
EQ001678	CRG000225A-Gage Blocks	516-422-26/ Grade 0	Mitutoyo	Annual	\$ 275.00	\$ 178.20
EQ001679	CRG000225B-Gage Blocks	06461818/ Grade Economy	MHC Industrial	Annual	\$ 455.00	\$ 368.55
EQ001682	CRG000229A-Pin Gage Class XX	.2500, .1500, .1000, .0500,	Precision	Annual	\$ 80.00	\$ 54.00
EQ001716	CRG000247A-Digital Force gauge	DFE2-200	Chatillon	Annual	\$ 195.00	\$ 131.63
EQ001723	CRG000258A-Juego de masas	ZX	Zwiebel	Semi Annual	\$ 1,200.00	\$ 290.25
EQ001738	CRG000273A-Multimeter	73 II	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ001753	CRG000283A-Optical Comparato	DH216 MPCS	Deltronic	Annual	\$ 195.00	\$ 157.95
EQ001755	CRG000286A-Indicador de Carat	[0.0.5]inches	Procheck	Annual	\$ 50.00	\$ 40.50
EQ001771	CRG000306C-Imada Torque Gaug	HTGS-85L-IMADA	IMADA	Annual	\$ 90.00	\$ 62.69
EQ001772	CRG000306D-Torque Tester	J6470-PROTO	PROTO TRACK EDGE	Annual	\$ 90.00	\$ 62.69
EQ001783	CRG000315A-Frequency Counte	NA	RadioShack	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ001828	CRG000345A-Pressure Module M	DPG 2400	Mensor	Annual	\$ 250.00	\$ 202.50
EQ001870	Pin Gages / Plus Gage Set	11100400	VERMONT GAGE	Annual	\$ 750.00	\$ 607.50
EQ001872	Pin Gage Set	101200400	VERMONT GAGE	Annual	\$ 1,000.00	\$ 708.50
EQ001873	Pin Gages/ Plus Gage Set	101200400	VERMONT GAGE	Semi Annual	\$ 2,100.00	\$ 708.50
EQ001906	CRG000643A-Fluke 51 II thermom	51 II	Fluke Corporation	Annual	\$ 78.00	\$ 61.56
EQ001927	CRG000659A-Needle indicator	709A	Starrett	Annual	\$ 50.00	\$ 40.50
EQ001928	CRG000662A-Oscilloscope	DSO1052B	Agilent Technologies	Annual	\$ 152.00	\$ 123.12
EQ001938	CRG000666A-Portable low-press	CPC2000	Mensor	Annual	\$ 250.00	\$ 202.50
EQ001941	CRG000670A-M1 Weights standa	LSFEM1	Zwiebel	Annual	\$ 165.00	\$ 111.38
EQ001943	CRG000672A-Dry well wika	CTD9100-375	Wika	Annual	\$ 195.00	\$ 131.63
EQ001944	CRG000674A-Standard Pressure	CPG1000	WKA	Annual	\$ 65.00	\$ 52.65
EQ001955	CRG000679A-Standard Flowmete	M-50SCCM-D	ALICAT SCIENTIFIC, INC	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ001958	CRG000681A-Dial indicator (Alex	52-646-100-0	Fowler Company, Inc	Annual	\$ 50.00	\$ 40.50
EQ001959	CRG000683A-Standard pressure	CPG 1000	Wika	Annual	\$ 65.00	\$ 52.65
EQ001960	CRG000684A-Dry-well Temperat	CTD 9300	Wika	Annual	\$ 195.00	\$ 131.63
EQ001961	CRG000685A-Pascal Process Ca	PASCAL ET-I-O	Wika	Annual	\$ 400.00	\$ 301.32
EQ001986	CRG000701A-Torque gauge	HTGS-85L-IMADA	IMADA	Annual	\$ 90.00	\$ 62.69
EQ001999	CRG000714A-Digital Force Gauge	DS2-110	IMADA	Annual	\$ 195.00	\$ 131.63
EQ002099	CRG000747A-Multimeter	77 IV	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26

Asset	Description	MODEL	Manufacturer	Frequenc	Original Cost \$	New Cost
EQ002110	CRG000751A-Auto Range Sound	407768	Extech Instruments	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002122	CRG000764A-Humidity and Temp	5518	Electro techsystems	Annual	\$ 700.00	\$ 567.00
EQ002134	CRG000768A-Set of Wiegths	XSN1M1	Zwiebel	Annual	\$ 275.00	\$ 185.63
EQ002166	CRG000781A-Plug Flow Standard	1/8 MNTP Leak Standard	CTS	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002167	CRG000781B-Plug Flow Standard	1/8 MNTP Leak Standard	CTS	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002168	CRG000781C-Plug Flow Standard	1/8 MNTP Leak Standard	CTS	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002169	CRG000782A-Female Barb Flow	1/8 MNTP Leak Standard	CTS	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002170	CRG000783A-Male Overmold Flo	1/8 MNTP Leak Standard	CTS	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002218	CRG000801A-Vacuometer	DG-10-E-WKA	Wika	Annual	\$ 65.00	\$ 47.40
EQ002219	CRG000802B-Alicat Flow Meter	M-100SCCM-D-1	ALICAT SCIENTIFIC, INC	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002220	CRG000802C-Alicat Flow Meter f	M-100SCCM-D-1	ALICAT SCIENTIFIC, INC	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002221	CRG000802D-Alicat Flow Meter f	M-100SCCM-D-1	ALICAT SCIENTIFIC, INC	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002234	CRG000816A-Flowmeter ST 1/2"	LLC Produc	GM- 55CCMD-5V-10-32-AIR-M	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002235	CRG000816B-FLOWMETER	GM-0.55CCMD-5V-10-32-A	Sure Flow Products	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002237	CRG000818A-Pines Clase X Minu	0.0229" to 0.0233"	Meyer Gage Company	Annual	\$ 50.00	\$ 40.50
EQ002238	CRG000820A-Pines Clase X Mas	0.0538" to 0.0562"	Meyer Gage Company	Annual	\$ 240.00	\$ 194.40
EQ002241	Smart Scope	FLASH 200	OGP VISION SYSTEM (MFG)	Three Months	\$ 500.00	\$ 405.00
EQ002247	CRG000827A-Juego Pines Clase	0.0678" to 0.0700"	Meyer Gage Company	Annual	\$ 175.00	\$ 141.75
EQ002248	CRG000828A-Juego de Pines Cla	0.0700" to 0.0724"	Meyer Gage Company	Annual	\$ 175.00	\$ 141.75
EQ002256	CRG000839A-Load Cell 50N	LC 50N	Mecmesin	Semi Anual	\$ 390.00	\$ 263.00
EQ002257	CRG000840B-Load Cell 500N	LC 500N	Mecmesin	Semi Anual	\$ 390.00	\$ 263.00
EQ002258	CRG000841A-Test Standard	Multi Test 1.0-xt	Mecmesin	Annual	\$ 195.00	\$ 131.63
EQ002273	CRG000852A-Chatillon Force Mea	DFE 8-100	CHATILLON	Annual	\$ 195.00	\$ 131.63
EQ002309	CRG000867A-Qualtek Leak Teste	Q626	Uson	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ002310	CRG000867B-Qualtek Leak Teste	Q626	Uson	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ002352	CRG000891A-Leak Tester Uson	I-B1SPV	Uson	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ002413	CRG000921A-Field Metrology We	9144	Fluke Corporation	Annual	\$ 195.00	\$ 131.63
EQ002415	CRG000925A-FLOWMETER for Ne	PGC-10	Full Spectrum	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002416	CRG000925B-FLOWMETER for ne	PGC-10	Full Spectrum	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ002421	CRG000928A-Digital Tachometer	TACH20	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 94.50
EQ002430	CRG000938A-Laser Non - contac	PH-200LC	Mitutoyo	Semi Anual	\$ 260.00	\$ 236.00
EQ002439	CRG000949A-Lser Photo Tachon	461920	Extech Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002440	CRG000950A-Set of weigths M1	XSN2M1	Zwiebel	Annual	\$ 425.00	\$ 165.75
EQ002452	CRG000957A-Smart Scope CNC	CNC 500	OGP VISION SYSTEM	Annual	\$ 500.00	\$ 405.00
EQ002454	CRG000959A-Dial indicator	513-404T	Mitutoyo	Annual	\$ 50.00	\$ 40.50

Asset	Description	MODEL	Manufacturer	Frequenc	Original Cost \$	New Cost
EQ002456	CRG000959C-Dial indicator	513-404T	Mitutoyo	Annual	\$ 50.00	\$ 40.50
EQ002459	CRG000962B-Amperimeter Clamp	ACD-50NAV	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002460	CRG000962C-Amperimeter Clamp	ACD-50NAV	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002485	CRG000968A-Torque Meter	TNP-10-SHMPO	Shimpo	Semi Anual	\$ 90.00	\$ 62.69
EQ002494	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002495	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002497	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002498	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002499	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002501	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002502	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002503	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002504	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002505	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002507	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002508	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002509	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002510	Multimeter	AM510	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002512	CRG000977A-Digital Pressure Ga	PG10-5000-PSIS-B8	Cole Palmer	Annual	\$ 65.00	\$ 45.28
EQ002520	Digital Tachometer	TACH20	Amprobe Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002521	CRG000991A-Leak Tester	LC-PO	Uson	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ002546	Digital Dial Indicator	2112-255F	Insize	Annual	\$ 50.00	\$ 40.50
EQ002563	CRG000999A-Force Gage	AFG 250N	Mecmesin	Annual	\$ 195.00	\$ 131.63
EQ002596	CRG001025A-Force gauge	AFG 100N	Mecmesin	Semi Anual	\$ 390.00	\$ 263.00
EQ002639	CRG001050C-Digital Multimeter	Fluke 77 IV	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002640	CRG001050D-Digital Multimeter	Fluke 77 IV	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002642	CRG001050F-Digital Multimeter	Fluke 77 IV	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002643	CRG001051A-Digital Multimeter	Fluke 77 IV	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002644	CRG001051B-Digital Multimeter	Fluke 77 IV	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002646	CRG001051D-Digital Multimeter	Fluke 77 IV	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002725	CRG001074A-Multifunton Calbra	754	Fluke Corporation	Annual	\$ 400.00	\$ 324.00
EQ002727	CRG001078A-Feeler Gauges	4602-17	Insize	Annual	\$ 135.00	\$ 91.13
EQ002729	CRG001081A-Standard Pressure	700G06	Fluke Corporation	Annual	\$ 65.00	\$ 52.65
EQ002740	CRM16-0001A-Leak Tester	LB4CPV	Uson	Annual	\$ 150.00	\$ 121.50
EQ002744	CRM16-0004A-Smart Scope CNC	CNC 500	OGP VISION SYSTEM (MFG)	Annual	\$ 500.00	\$ 405.00

Asset	Description	MODEL	Manufacturer	Frequenc	Original Cost \$	New Cost
EQ002787	G00001170D-Costa Rica-Master	Grade B	CHINA	Annual	\$ 135.00	\$ 109.35
EQ002794	G00001343A-Costa Rica-Multimet	85	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002801	G00001423A-Optical Comparator	DH214612R	Deltronic	Annual	\$ 195.00	\$ 157.95
EQ002829	CRG000718A-MULTIFUNCTION C	MC1210	BETA BY MARTEL	Annual	\$ 400.00	\$ 270.00
EQ002972	CRG000278D-Dial Test Indicator	513-443	Mitutoyo	Annual	\$ 50.00	\$ 40.50
EQ003392	CRG000692A-Torque Meter	610587-RYESON	Ryeson Corporation	Annual	\$ 90.00	\$ 62.69
EQ003394	CRG000329A-MADA Digital Forc	Z2H-1100	MADA	Annual	\$ 195.00	\$ 131.63
EQ003515	CRG001142A Laser Photo Tacho	461920	Extech Instruments	Annual	\$ 140.00	\$ 94.50
EQ003525	CRG001139A Digital Vacuum Mar	DP-100/Low Panasonic	Panasonic	Annual	\$ 65.00	\$ 47.39
EQ003545	CRG000803C Flowmeter Integrity	GM-5SLPMD- 125-4/20-AIR	Sure Flow Products	Annual	\$ 150.00	\$ 101.25
EQ003638	CRG001071A Multimeter	Fluke -87V	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ003643	CRG001071B Multimeter	Fluke -87V	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ003644	CRG001071C Multimeter	Fluke -87V	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ003869	Pulsavac Refractometer	R5000	Atago (MFG)	Annual	\$ 110.00	\$ 89.10
EQ003870	Pulsavac Refractometer	R5000	Atago (MFG)	Annual	\$ 110.00	\$ 89.10
EQ003645	CRG001071D Multimeter	Fluke -87V	Fluke Corporation	Annual	\$ 140.00	\$ 95.26
EQ002808	Digital Stopwatch	S-9700	EAI	Annual	\$ 55.00	\$ 44.55
					<b>\$ 30,773.00</b>	<b>\$ 20,881.68</b>