

**IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA LA
OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA
EMPRESA SERVICIOS Y PROYECTOS INDUSTRIALES S.A.S.**

JULIÁN ANDRÉS MANTILLA DOMÍNGUEZ



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS Físico-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2018

**IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA LA
OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA
EMPRESA SERVICIOS Y PROYECTOS INDUSTRIALES S.A.S.**

JULIÁN ANDRÉS MANTILLA DOMÍNGUEZ

**Monografía de Grado para optar al Título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

DIRECTOR:

FELIX LEONARDO ESCALANTE LEMUS

**Magister en Administración de Empresas con Especialidad en Dirección de
Proyectos**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2018

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	14
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
3. JUSTIFICACIÓN.....	17
4. ANALISIS DE LITERATURA RECOPIADA.....	18
4.1 MARCO TEORICO	18
4.1.1 Reseña de mantenimiento	18
4.1.2 Tipos de mantenimiento.....	19
4.1.3 Falla de un equipo	22
4.1.4 Indicadores de mantenimiento.....	22
4.1.5 Herramientas tecnológicas para mantenimiento.....	23
4.2 MARCO CONCEPTUAL	23
4.3 MARCO LEGAL.....	24
5. METODOLOGÍA	25
5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS.....	25
5.2 PROCESO DE MANTENIMIENTO.....	28

5.3 ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	30
5.4 DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA.....	31
5.4.1 Optimo	31
5.5 CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS	35
5.5.1 Equipo industrial	35
5.5.2 Equipos de laboratorio	35
5.5.3 Equipos de automatización.....	35
5.5.4 Equipos de respaldo eléctrico	36
5.5.5 Equipos biomédicos.....	36
5.6 RECOPIACIÓN DE DATOS DE LOS EQUIPOS	36
5.7 IMPLEMENTACIÓN DE OPTIMO.....	38
5.7.1 Parametrización de OPTIMO	39
5.7.2 Capacitación de involucrados con la plataforma ÓPTIMO.....	44
5.7.3 Lanzamiento de la plataforma OPTIMO.....	45
5.8 EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL PROCESO DE MATENIMIENTO.....	45
5.8.1 Indicadores de cumplimiento	45
5.8.2 Encuestas de satisfacción de los clientes.....	49
5.9 EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LOS CRONOGRAMAS DE MANTENIMIENTO.....	51
6. CONCLUSIONES	54
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS.....	57

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación de la estandarización del mantenimiento preventivo de los equipos.	30
Tabla 2. Datos de identificación de los equipos.	37
Tabla 3. Datos técnicos del fabricante de los equipos.	38
Tabla 4. Cronograma de equipos de laboratorio.	42
Tabla 5. Cronograma de equipos biomédicos e industriales.	43
Tabla 6. Actividades programadas de equipos de laboratorio.	46
Tabla 7. Actividades programadas de equipos biomédicos e industriales.	48
Tabla 8. Resultados de la encuesta de satisfacción de equipos de laboratorio.	50
Tabla 9. Indicadores de gestión de equipos de laboratorio.	51
Tabla 10. Indicadores de gestión de los equipos biomédicos e industriales.	52

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mantenimiento preventivo basado en condición y confiabilidad.	20
Figura 2. Proceso de Mantenimiento de Servicios y Proyectos Industriales.....	29
Figura 3. Lista de personal técnicos creados.....	39
Figura 4. Interfaz de creación de datos de identificación.	40
Figura 5. Interfaz de creación de datos especializados.	40
Figura 6. Actividades preventivas del baño de viscosidad cinemática.....	41
Figura 7. Cronograma creado en OPTIMO.....	43
Figura 8. Indiciadores de cumplimiento de equipos de laboratorio año 2017.	46
Figura 9. Indiciadores de cumplimiento de equipos de laboratorio año 2018.	47
Figura 10. Indicador de cumplimiento de equipos biomédicos e industriales año 2017.....	48
Figura 11. Indicador de cumplimiento de equipos biomédicos e industriales año 2018.....	49

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. ACTIVIDADES PREVENTIVAS Y RECURSOS PARA EL BAÑO DE VISCOSIDAD CINEMÁTICA.....	58
ANEXO B. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PLANCHA DE CALENTAMIENTO.	60
ANEXO C. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA CABINA EXTRACCIÓN.....	61
ANEXO D. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL HORNO DE SECADO.	62
ANEXO E. ACTIVIDADES PREVENTIVAS Y RECURSOS PARA LA BOMBA DE VACÍO.....	64
ANEXO F. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL BAÑO DE ULTRASONIDO.....	66
ANEXO G. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA CENTRIFUGA.	67
ANEXO H. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL DESTILADOR DE AGUA.....	69
ANEXO I. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL PUNTO DE CHISPA COPA ABIERTA.....	70
ANEXO J. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA LAMPARA DE FOTOCURADO.....	71

ANEXO K. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CAVITRON.	72
ANEXO L. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL AMALGAMADOR.....	73
ANEXO M. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL AUTOCLAVE.	74
ANEXO N. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA UNIDAD DE ODONTOLOGÍA.	75
ANEXO O. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DE RAYOS X.	77
ANEXO P. ACTIVIDADES PREVENTIVAS Y RECURSOS PARA EL COMPRESOR DE AIRE SECO.....	78
ANEXO Q. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CONTRATO 1.....	79
ANEXO R. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CONTRATO 2.....	80

RESUMEN

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA SERVICIOS Y PROYECTOS INDUSTRIALES S.A.S.*

AUTOR: JULIÁN ANDRÉS MANTILLA DOMÍNGUEZ**

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO PREVENTIVO, MANTENIMIENTO CORRECTIVO, CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD, DISPONIBILIDAD

DESCRIPCIÓN:

La gestión de mantenimiento es la aplicación de habilidades, conocimientos y herramientas, que se requieren para prologar la vida útil, reducir la probabilidad de falla, aumentar la confiabilidad y seguridad de los equipos, optimizando los recursos. Tomando en cuenta la anterior premisa, Servicios y Proyectos Industriales, se enfoca en la mejora de los procesos que lleva a cabo para la gestión de cada uno de los servicios que desarrolla, con el fin de mejorar la rentabilidad e imagen ante el cliente.

La propuesta planteada dentro de esta monografía es la implementación de una herramienta tecnológica que optimice la gestión del proceso de mantenimiento de la empresa Servicios y Proyectos Industriales, la cual resida en una mejora competitiva en el mercado, permitiendo abarcar más clientes de forma eficiente y ofreciendo servicios de calidad. Para lo cual se propone la estandarización de actividades de mantenimiento preventivo que permitan aumentar la confiabilidad y disponibilidad, redundando en la reducción de horas de mantenibilidad de los equipos en los procesos productivos de los clientes.

Esto se alcanzará, mediante una rigurosa y constante evaluación de los indicadores de gestión (disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad), los cuales permiten establecer los cambios que se deben realizar en las actividades o periodos de intervención definidos en los cronogramas de mantenimiento. De esta manera la gestión de mantenimiento será óptima y los resultados obtenidos serán satisfactorios para los clientes, contando con mayor disponibilidad y confiabilidad para operar su proceso productivo.

* Monografía de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Felix Leonardo Escalante Lemus, Magister en Administración de Empresas con Especialidad en Dirección de Proyectos.

ABSTRACT

TITLE: IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGICAL TOOL FOR THE OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF MANAGEMENT OF MAINTENANCE OF THE COMPANY SERVICES AND INDUSTRIAL PROJECTS S.A.S.*

AUTHOR: JULIÁN ANDRÉS MANTILLA DOMÍNGUEZ**

KEYWORDS: PREVENTIVE MAINTENANCE, CORRECTIVE MAINTENANCE, RELIABILITY, MAINTENANCE, AVAILABILITY

DESCRIPTION:

Maintenance management is the application of skills, knowledge and tools, which are required to prolong the useful life, reduce the probability of failure, increase the reliability and safety of equipment, optimizing resources. Taking into account the previous premise, Services and Proyecto's Industrials, it focuses on the improvement of the processes carried out for the management of each of the services it develops, in order to improve profitability and image before the client.

The proposal presented within this monograph is the implementation of a technological tool that optimizes the management of the maintenance process of the company Services and Industrial Projects, which resides in a competitive improvement in the market, allowing to cover more clients efficiently and offering quality services. To this end, it is proposed to standardize preventive maintenance activities that increase reliability and availability, resulting in the reduction of maintenance hours of the equipment in the customers' production processes.

This will be achieved through a rigorous and constant evaluation of the management indicators (availability, reliability and maintainability), which allow to establish the changes that must be made in the activities or intervention periods defined in the maintenance schedules. In this way, maintenance management will be optimal and the results obtained will be satisfactory for customers, with greater availability and reliability to operate their production process.

* Grade Monograph

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Felix Leonardo Escalante Lemus, Magister en Administración de Empresas con Especialidad en Dirección de Proyectos.

INTRODUCCIÓN

La importancia de la implementación de una herramienta tecnológica para esta monografía reside en la optimización del proceso de Gestión de Mantenimiento de la empresa Servicios y Proyectos Industriales S.A.S., para lo cual se establece una propuesta de centralización de la información producto de labores de mantenimiento, facilitando la programación de cronogramas, distribución de recursos, generación de informes de servicios, actualización automática de hojas de vida, manejo de indicadores de gestión; todo esto enfocado a reducir los tiempos de intervención en rutinas de mantenimiento redundando en un ahorro económico.

Con la centralización de la información también se pretende conocer el comportamiento de los equipos en el transcurso del tiempo, el cual permita la mejora continua en las rutinas de mantenimiento, logrando aumentar o mantener los índices de confiabilidad y disponibilidad operacional en las líneas productivas de los clientes.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

SERVICIOS Y PROYECTOS INDUSTRIALES S.A.S, es una empresa especializada en la dirección de proyectos de ingeniería, orientados a la optimización de procesos industriales, mantenimiento y gestión tecnológica de equipamiento hospitalario.

En la actualidad la empresa presta servicios de mantenimiento preventivo y correctivo a equipos de control, instrumentación, biomédica y de laboratorio para control de calidad en compañías como Terpel, Termotasajero, Masa Stork, Grupo Empresarial Coomeva, Freskaleche cubriendo con ello gran parte de los ingresos de la compañía. Dentro de los servicios de mantenimiento se contemplan rutinas preventivas estipuladas en un cronograma anual suministrado por el cliente, y asistencias correctivas esporádicas, que surgen ante un reporte de falla, de los cuales se tiene como entregable un informe de mantenimiento y la actualización de las hojas de vida de los equipos.

Debido al aumento del tiempo empleado en la ejecución de estas actividades se ha visto afectado el proceso de mantenimiento a causa de retrasos presentados en la prestación de los servicios, aumento de costos de desplazamiento debido a la no disponibilidad por parte del cliente de los equipos y reducción de rendimiento del recurso. Dado a lo anterior, se ha creado afectación al aumentar los costos operacionales de la empresa y el área productiva del cliente, generando inconformidad en los servicios recibidos. Adicional a ello el cliente requiere la disponibilidad oportuna de la información para cumplir con su sistema de gestión de calidad y contar con indicadores que permitan evaluar la efectividad de la gestión de mantenimiento.

Con el objetivo de optimizar la gestión de mantenimiento se hace necesario implementar una herramienta tecnológica que permita minimizar las afectaciones ocasionadas a los clientes y empresa misma, a través, de la centralización de la información del proceso de mantenimiento, facilitando la generación de informes y hojas de vidas en tiempo real; que permitan al cliente disponer de la documentación actualizada de sus equipos.

Aprovechando la recolección de información en la herramienta se establecerán indicadores que evalúen la gestión de mantenimiento con el fin de conocer la efectividad de las rutinas de mantenimiento y redefinirlas de ser necesario. Apuntando a una mejora continua del proceso interno de la empresa y productivo del cliente.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar el proceso de mantenimiento de la empresa Servicios y Proyectos Industriales S.A.S., a partir de la implementación de una herramienta tecnológica de gestión de información centralizada.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Definir el tiempo y recursos para la ejecución del mantenimiento de cada equipo, acorde a las actividades y cronogramas definidos por el cliente.
- Documentar las actividades de mantenimiento preventivo por equipo, para ser incluidas dentro de los formatos de mantenimiento, logrando optimizar el tiempo de ejecución del servicio.
- Implementar una herramienta tecnológica que facilite la programación y seguimiento de cronogramas de intervenciones, registro de información técnica en tiempo real del mantenimiento en ejecución, y permita al cliente, una vez terminada la intervención, disponer de la documentación para conocer el estado de sus equipos.
- Registrar la información inherente al mantenimiento (duración, costos y tipo de mantenimiento ejecutado por cada equipo) para calcular los indicadores de gestión de mantenimiento. Así, evaluar la efectividad del proceso de mantenimiento y planes de mantenimiento de cada cliente, aportando a la mejora continua y confiabilidad del servicio.
- Capacitar al personal técnico en el manejo de la herramienta, garantizando la efectividad en la implementación.

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la gran mayoría de empresas productoras del área industrial han venido adoptando la filosofía de tercerizar los servicios de mantenimiento de sus plantas y/o equipos, enfocados a reducir costos, tiempos muertos de paradas no programadas, aumento de la productividad, mejorar la calidad de sus productos y garantizar equipos seguros en la operación, haciendo de esta una empresa sostenible y competitiva en el mercado.

Por ello, Servicios y Proyectos Industriales S.A.S. está enfocada en la prestación de servicios de mantenimiento con calidad, basada en la mejora continua de sus procesos, que permita estar a la vanguardia con las expectativas del cliente. Sin embargo, se han identificado falencias en el departamento de mantenimiento, causadas por la no disponibilidad de la información del estado de los equipos, tiempos muertos operacionales y por ende el descontento en la recepción del servicio.

Tales motivos hacen necesaria la optimización del proceso de mantenimiento, lo cual va a permitir la realización de la gestión de este, reduciendo tiempos en la reprogramación de actividades, desplazamientos, asistencia técnica, generación de informes de mantenimiento, actualización de hojas de vida y evolución de los planes establecidos para el mantenimiento. Todo esto traducido al ahorro de costos operacionales de la empresa, una atención oportuna de cara al cliente y mejora continua de los procesos, tanto de mantenimiento como productivos.

4. ANALISIS DE LITERATURA RECOPIADA

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Reseña de mantenimiento. Durante varias décadas la evolución de mantenimiento ha sido enfocada a satisfacer los requerimientos crecientes e innovadores de la industria, pasando por un enfoque netamente de manutención, a la inclusión de la parte humana y social, siendo estos una base fundamental en los procesos productivos, soportados en la identificación temprana de fallas y optimización de los procesos.

La evolución del mantenimiento se ha establecido en seis etapas; la primera de ellas fue antes de los años 50's, donde centran sus actividades en acciones correctivos con el objetivo de reparar fallas imprevistas; la segunda entre 1950 – 1959, basada en la realización de acciones planeadas a fin de prevenir y predecir las fallas; la tercera entre 1969-1980, se enfatiza en el desarrollo de labores de mantenimiento de forma organizada para definir tácticas encaminados a la mejora de la productividad; la cuarta entre 1981-1995, implementa sistemas para llevar históricos de la información de los equipos, con el fin de medir y conocer si están haciendo bien las cosas e implementar estrategias para controlar todas las actividades; la quinta entre 1996-2003, centrada en el desarrollo de competencias y habilidades mediante el uso de métodos científicos y tecnología de punta, y finalmente la sexta comprendida desde el año 2004 hasta la actualidad, fundamentada en la gestión de activos, donde el proceso de producción y mantenimiento interactúan con el fin de pronosticar las necesidades en el proceso productivo¹, reduciendo tiempos de reparación e intervenciones planeadas, los

¹ MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. Medellín, Colombia: Coldi. 2012, p. 26-30. ISBN 978-958-98902-0-2.

cuales redundan en una mayor productividad, seguridad en los equipos y aumento de las utilidades del negocio.

Teniendo en cuenta los antecedentes de la evolución del mantenimiento, se puede definir claramente la etapa en la cual se encuentra un proceso productivo en la actualidad, con el fin de establecer estrategias que conlleven a la sostenibilidad y rentabilidad de las empresas, controlando los costos de reparación, manutención y tiempos muertos de producción.

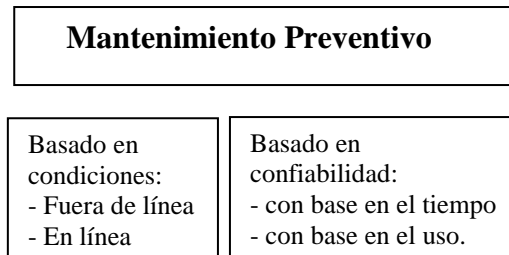
4.1.2 Tipos de mantenimiento. En la actualidad la gran mayoría de empresas cuentan con máquinas, equipos e infraestructura en el desarrollo de sus actividades diarias, las cuales requieren manutención para garantizar su óptimo funcionamiento. Partiendo de lo anterior, y de la exigencia requerida en las máquinas, surgen diferentes tipos de mantenimiento que permiten satisfacer las necesidades en los diferentes procesos productivos. A continuación, se hablará de mantenimiento preventivo y correctivo:

- **Mantenimiento preventivo**

Es el mantenimiento basado en la realización de actividades planeadas, el cual tiene como objetivo evitar fallas potenciales en los equipos². Las actividades planeadas se clasifican por condición y confiabilidad.

² BORRAS PINILLA, Carlos. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. 2017, p. 4-47.

Figura 1. Mantenimiento preventivo basado en condición y confiabilidad.



Fuente: BORRAS PINILLA, Carlos. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. 2017, p. 4-47.

Este tipo de mantenimiento es importante porque permite detectar fallas tempranas, disminuir el impacto de estas, reducir los costos y controlar la pérdida de las funciones de los equipos. Mediante la implementación de la herramienta tecnológica se pretende hacer un enfoque del mantenimiento preventivo basado en confiabilidad, logrando con ello la funcionalidad de los equipos durante su ciclo de vida, aumento de la disponibilidad de las líneas productivas.

- **Mantenimiento correctivo**

Es el mantenimiento aplicado a los equipos luego de que han fallado³.

Este tipo de mantenimiento tiene como ventajas el aprovechamiento total de la vida útil del equipo, representando para las empresas un costo bajo de implementación. Como desventajas se tienen presente paros constantes que afectan a producción, elevados costos de reparación, lucro cesante, entre otros.

³ AGUILAR LEÓN, Mauricio. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. 2017. p. 102-103.

- **Planeación del mantenimiento**

La planeación en mantenimiento es una estrategia que logra determinar los recursos necesarios previos a la realización de cada actividad, es por ello, que debe existir para una adecuada administración.

Los pasos que se deben tener en cuenta para una correcta planeación son los siguientes:

1. Identificar el tipo de servicio o trabajo a realizar, ya sea a través de visitas en campo, planos o pliegos.
2. Desarrollar un plan detallado de trabajo (PDT), en donde se desglosa las actividades necesarias del servicio a realizar.
3. Establecer los recursos para las actividades definidas en el PDT.
4. Gestionar la compra de los materiales y herramientas acordes al PDT.
5. Gestionar la disponibilidad de equipos especiales si en el PDT se requiere.
6. Asignar el personal acorde al perfil definido en cada actividad del PDT.
7. Inspeccionar los protocolos de seguridad establecidos para las actividades del PDT.
8. Establecer prioridades en el desarrollo de las actividades.
9. Medir y controlar los costos.
10. Cerrar las órdenes de servicios.
11. Identificar los trabajos pendientes por ejecutar, a fin de establecer estrategias para el control de ellos.
12. Usar técnicas de pronóstico para estimar la capacidad del área de mantenimiento⁴

⁴ BORRAS PINILLA, Carlos. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. 2017, p. 4-47.

4.1.3 Falla de un equipo. Se conoce como falla a la pérdida parcial o total de la función de un equipo, la cual fue definida por un usuario, siempre y cuando este en la capacidad de realizar bajo condiciones normales de operación. Cabe resaltar que es fundamental tener claro el concepto de falla, siendo esta una herramienta facilitadora para realizar su clasificación y origen.

4.1.4 Indicadores de mantenimiento. Para una adecuada gestión de mantenimiento es necesario realizar registro de datos relevantes que permitan llevar indicadores del comportamiento de los equipos y costos de mantenibilidad, donde se pueda evaluar la eficacia y cumplimiento de las rutinas de mantenimiento para una toma de decisiones oportuna, enfocada a la mejora continua, aumento de la confiabilidad y disponibilidad de equipos y/o procesos, los cuales serán evidenciados por el cliente mediante la operación continua de sus procesos y reducción de costos de operación.

En el proceso de mantenimiento se requiere llevar indicadores de cumplimiento y de gestión:

- **Indicador de cumplimiento**

Permite evaluar el porcentaje de desarrollo de actividades sobre las programadas en el cronograma de rutinas de mantenimiento.

- **Indicadores de gestión de mantenimiento**

Están enfocados específicamente a los equipos, entre los cuales tenemos: disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad⁵.

⁵ GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. 2004, p. 87-99.

1. El indicador de disponibilidad da a conocer la probabilidad que tiene un equipo en realizar su labor siempre que sea necesaria.
2. El indicador de mantenibilidad permite conocer la probabilidad que tiene un equipo en ser reparado, siendo mantenido en un periodo determinado.
3. El indicador de confiabilidad define la probabilidad que tiene un equipo para funcionar en un periodo determinado.

4.1.5 Herramientas tecnológicas para mantenimiento. Es una herramienta diseñada enfocada a la gestión de mantenimiento, que facilita la planeación, ejecución y monitoreo de las actividades, mediante la centralización de información indispensable de los equipos y recursos disponibles, con miras a la toma de decisiones asertivas que aporten al aumento de la productividad, seguridad operacional y ahorro de costos. Algunas de las herramientas tecnológicas más comunes en la industria son:

1. SAP – Sistemas, Aplicaciones y Productos para Procesamiento de Datos.
2. ELLIPSE
3. S1ESA

4.2 MARCO CONCEPTUAL

En mantenimiento, la variable crítica a controlar es la disponibilidad de los procesos productivos, conservando su funcionalidad con los menores costos posibles, maximizando la seguridad para el operario y minimizando el impacto ambiental, lo cual brinda confiabilidad sobre estos procesos y permite realizar planeación en los mismos.

Conocer en tiempo real las variables influyentes del correcto funcionamiento de los activos, permite identificar fácilmente puntos débiles y planificar con efectividad las rutinas de mantenimiento preventivo.

Por lo anterior es de gran ayuda implementar herramientas tecnológicas que permitan administrar la información en tiempo real, llevar históricos de la gestión de mantenimiento de activos y costos por cada uno de ellos, además, planificar tareas de mantenimiento preventivo, controlar los recursos y evaluar indicadores que permitan la mejora continua de la calidad del servicio ofrecido.

Quienes han usado este tipo de herramienta, coinciden en afirmar las bondades recibidas mediante la optimización de sus procesos, identificación e históricos de sus activos, planeación, control de costos y recursos, logrando con ello aumentar gradualmente la productividad y disponibilidad, reduciendo tiempos de mantenibilidad, paros repentinos y mortalidad infantil de sus activos.

Este proyecto plantea la implementación de una herramienta tecnológica para la optimización de la gestión de mantenimiento en la empresa, buscando hacer sostenible y competitiva la prestación de servicios.

4.3 MARCO LEGAL

Servicios y Proyectos Industriales se encuentra ad portas de la certificación del Sistema de Gestión de calidad ISO 9001:2015, siendo esta la normativa que rige la implementación de este proyecto.

5. METODOLOGÍA

5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

1. Baño de viscosidad cinemática

Es un baño de alta temperatura con una precisión de ± 0.01 °C, que permite a través de un capilar de vidrio medir la viscosidad de los lubricantes bajo la norma ASTM D445.

2. Plancha de calentamiento con agitación

Son equipos usados para acondicionar muestras garantizando la estabilidad de temperatura y velocidad de agitación.

3. Cabina de extracción

Es un equipo encargado de proteger a los usuarios mediante la evacuación de vapores o gases tóxicos generados ante reacciones químicas de los procesos realizado dentro de esta.

4. Horno de secado.

Son equipos de calentamiento mayormente usados para eliminar la humedad en los recipientes de vidrio.

5. Bomba de vacío

Son equipos encargados de generar presión negativa, los cuales son usados para extraer muestras de tubos capilares de vidrio.

6. Baño de ultrasonido

Es un equipo usado para eliminar las pequeñas partículas de aire y espuma contenidas en las muestras de aceite, con el fin de conocer el tamaño de las partículas.

7. Centrifuga

Son equipos que giran a alta velocidad dentro de un recipiente cerrado, usados para separar componentes de una muestra.

8. Destilador de agua

Es un equipo usado para aumentar la pureza del agua, haciendo calentar el agua hasta convertirla en gas y luego pasarla por un serpentín frío, generando su condensación.

9. Punto de chispa copa abierta.

Es un equipo usado para calentar una muestra a una velocidad constante, iniciando desde la temperatura ambiente a su punto de inflamación, faltando 28°C para alcanzar el punto de inflamación se aplica una llama por intervalos de tiempo, esperando que los vapores emitidos por la muestra hagan ignición, cumpliendo con la norma ASTM-D92.

10. Lampara de fotocurado

Es un equipo usado para polimerizar los materiales dentales fotosensibles, los cuales reaccionan con una longitud de onda entre 400 y 500nm.

11. Cavitron

Es un equipo ultrasónico que mediante 25000 micro oscilaciones por segundo permite eliminar con facilidad los cálculos adheridos a los dientes de los pacientes.

12. Amalgamador

Es un equipo agitador de alta velocidad con un ciclo temporizado, el cual garantiza una mezcla homogénea en la amalgama para poder ser aplicada al diente del paciente.

13. Autoclave

Es un equipo usado para esterilizar instrumentación quirúrgica, hospitalaria e incluso de odontología.

14. Unidad odontológica

Es una silla especializada para la atención de pacientes de odontalgia, la cual se compone de una silla con espaldar y altura en el eje y ajustable, módulo de instrumental (jeringa triple, pieza de alta y baja velocidad), salivadera y lampara cialitica.

15. Equipo de rayos x periapical

Son equipos de radiografía intraoral, usados para tomar placas dentales en los pacientes.

16. Compresor de aire seco

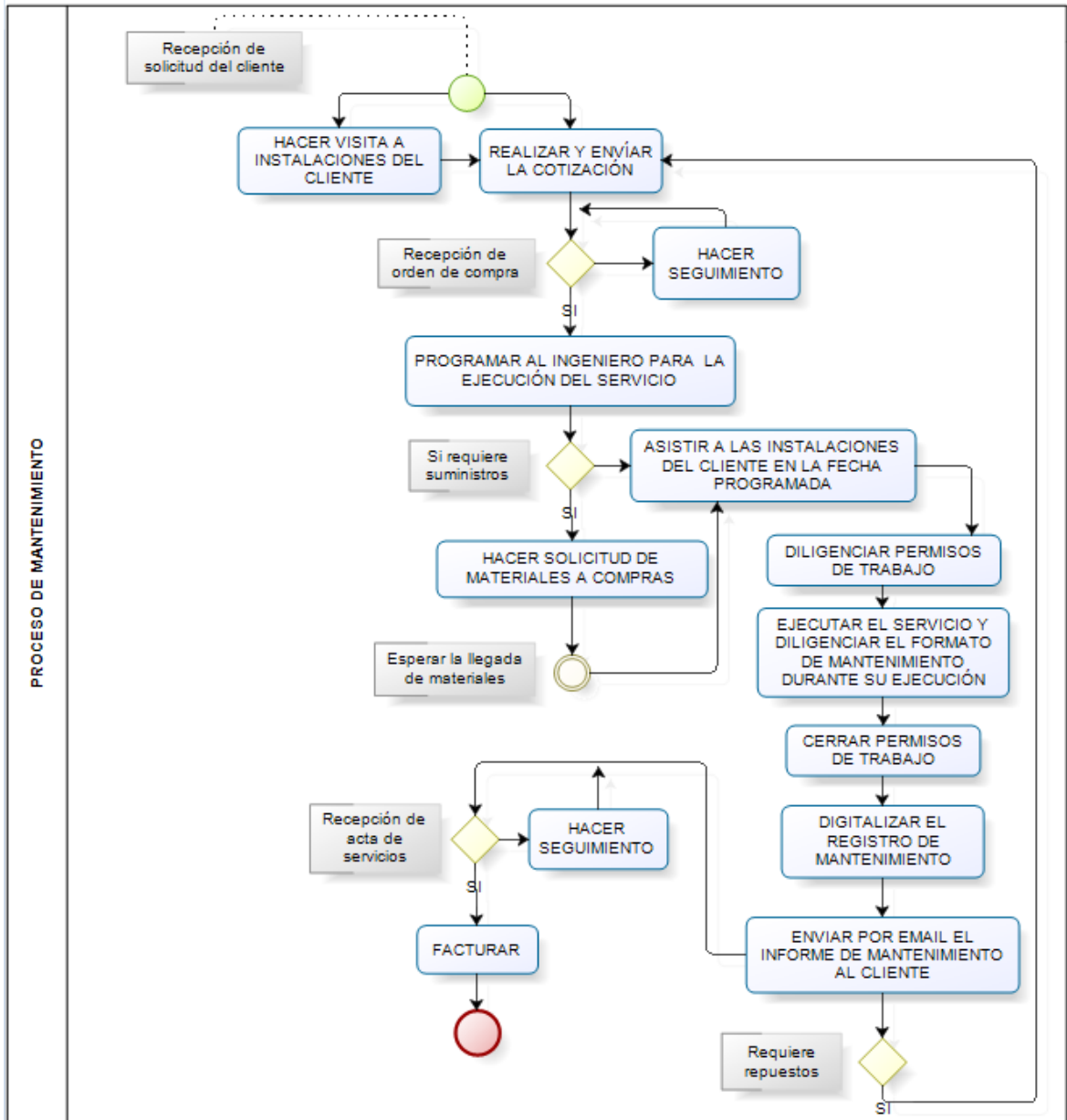
Es un equipo usado para comprimir aire seco a una presión de 120 Psi, se caracteriza por que en su recamara de compresión no requieren lubricación con aceite, garantizando la calidad del aire para realizar procedimientos con pacientes.

5.2 PROCESO DE MANTENIMIENTO

Dentro de las líneas de negocio de la empresa Servicios y Proyectos Industriales, se destaca la prestación de servicios de mantenimiento de equipos, el cual se desarrolla mediante contratos anuales u ordenes de servicio puntuales. Los servicios de mantenimiento ofrecidos son de modalidad preventiva y correctiva, atendiendo la demanda en los diferentes sectores económicos de la industria.

En la figura 2 se ilustra el diagrama de flujo del proceso de mantenimiento, donde se logra identificar las entradas como solicitudes del cliente y requerimientos producto de los servicios de mantenimiento preventivo ejecutados, que dan como resultado una nueva cotización por concepto de un servicio correctivo o una propuesta de mejora en el equipo. También se puede apreciar la importancia que tiene la culminación de cada servicio a través de la entrega del informe de mantenimiento al cliente, permitiendo de esta única manera facturar. Es así, como se aprecia la importancia de agilizar el registro de la información en los formatos de mantenimiento y a su vez la digitalización.

Figura 2. Proceso de Mantenimiento de Servicios y Proyectos Industriales.



Fuente: ESCALANTE, F. L. Proceso de Mantenimiento de Servicios y Proyectos Industriales. 2015.

Como alternativa a reducir el tiempo invertido en el registro y digitalización de la información se plantea la estandarización de tareas de mantenimiento preventivo y asignación de recursos para cada equipo.

5.3 ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

A través de la estandarización de tareas de mantenimiento preventivo y el respectivo control de asignación de recursos, se pretende agilizar la gestión del departamento de mantenimiento, con el fin de reducir costos en la ejecución, cumplir con los ciclos de facturación, prever el mayor número de fallas posibles apuntando al aumento de la confiabilidad de los equipo y disponibilidad del proceso productivo de los clientes.

Dentro de los contratos vigentes se cuenta con equipos para el control de calidad de lubricantes y odontología, a los cuales se les realiza la estandarización de actividades de mantenimiento preventivo y sus respectivos recursos (tiempo y personal técnico) en los apéndices relacionados en la tabla 1.

Tabla 1. Ubicación de la estandarización del mantenimiento preventivo de los equipos.

Título del apéndice	Apéndice
Estandarización del mantenimiento preventivo del baño de viscosidad cinemática	A
Estandarización del mantenimiento preventivo de la plancha de calentamiento	B
Estandarización del mantenimiento preventivo de la cabina extracción	C
Estandarización del mantenimiento preventivo del horno de secado	D
Estandarización del mantenimiento preventivo de la bomba de vacío	E
Estandarización del mantenimiento preventivo del baño de ultrasonido	F
Estandarización del mantenimiento preventivo de la centrifuga	G
Estandarización del mantenimiento preventivo del destilador de agua	H
Estandarización del mantenimiento preventivo del punto de chispa copa abierta	I
Estandarización del mantenimiento preventivo de la lampara de fotocurado	J
Estandarización del mantenimiento preventivo del cavitron	K
Estandarización del mantenimiento preventivo del amalgamador	L
Estandarización del mantenimiento preventivo de la autoclave	M
Estandarización del mantenimiento preventivo de la unidad de odontología	N
Estandarización del mantenimiento preventivo del equipo de rayos x	O

Estandarización del mantenimiento preventivo del compresor de aire seco	P
--	---

Ya definidas y documentadas las rutinas de mantenimiento preventivo con sus respectivos recursos, se definirá la herramienta tecnológica donde se desarrollará la centralización y gestión de toda la información de mantenimiento.

5.4 DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA TECNÓLOGICA

Es de importancia resaltar que en la actualidad los formatos de mantenimiento están en físico, los cuales deben ser diligenciados durante el desarrollo de cada servicio y posterior a esto deben ser digitalizados para ser entregados al cliente. Luego de identificar el aumento en los costos operacionales del departamento de mantenimiento causados en gran parte al tiempo invertido en el registro de la información y digitalización, lo que genera constante reprogramación de actividades por la no disponibilidad del personal técnico, y a su vez un desplazamiento de los ciclos de facturación previstos; y propendiendo a la mejora continua establecida en el sistema de gestión de calidad, se propone la implementación de una herramienta sistematizada o bien conocida como software de gestión de mantenimiento llamado OPTIMO, el cual será descrito a continuación.

5.4.1 Optimo. Es una herramienta tecnológica para la gestión de mantenimiento de equipos, la cual administra y procesa la información en tiempo real en bases de datos alojadas en un servidor, al cual se ingresa a través de un portal web usando dispositivos Smart (tablet, celulares) o computadores. OPTIMO es una herramienta versátil que permite contar con hojas de vida de los equipos actualizadas, generar cronogramas de servicios, asignar recursos (tiempo, costo y personal técnico), reportar fallas, crear tareas de mantenimiento por equipo, hacer reportes de mantenimiento, capturar y adjuntar fotos en tiempo real del equipo, crear usuarios con perfiles de acceso, almacenar certificados de calibración,

manuales de usuario, normas, entre otros, brindando mediante su procesamiento indicadores de la gestión del mantenimiento.

Esta herramienta está diseñada para agilizar las tareas diarias de mantenimiento, reducir tiempo y costos de ejecución de los servicios, aumentar la confiabilidad de los equipos y a su vez garantizar al cliente la disponibilidad de la información acorde al estado real de sus equipos, además, brinda históricos de fallas para evaluar las rutinas de mantenimiento establecidas y poder instaurar mejoras en los planes definidos.

Así mismo, cuenta con tres interfases de operación Administrador, Técnico y Empresa, donde cada una de ellas presenta las siguientes bondades:

- **Interfaz de Administrador**

Esta interfaz permite definir uno o múltiples administradores del software OPTIMO, los cuales tendrán el acceso a las siguientes funciones:

1. Crear roles de los clientes con diferentes accesos a la información.
2. Crear múltiples técnicos de servicio.
3. Crear la hoja de vida de los equipos.
4. Crear las tareas o actividades para el mantenimiento preventivo por equipo.
5. Crear cronogramas de mantenimiento preventivo.
6. Crear cronograma de atención correctiva o diagnóstica, acorde al reporte de falla hecho por el cliente para cada equipo.
7. Crear cronograma de mejora correspondiente a los resultados del mantenimiento preventivo.
8. Realizar asignación de tiempo, personal técnico y costo del mantenimiento a realizar en cada equipo.
9. Generar etiquetas con código QR para pegarla a cada equipo.

10. Adjuntar a cada equipo manuales, certificados de calibración, guías de uso entre otros.
11. Creación de repuestos para cada equipo.
12. Visualizar los indicadores de cumplimiento de los cronogramas, gestión del mantenimiento (confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad), y costos de este.

- **Interfaz del Técnico**

Esta interfaz les permite a los técnicos conocer su cronograma de actividades con fecha, hora y tiempo de ejecución exacto en el cual deben intervenir el equipo en las instalaciones de cada cliente, además, les facilita el diligenciamiento en tiempo real de informes de mantenimiento, los cuales ya cuentan con las actividades predefinidas, disminuyendo tiempo de digitalización y errores en la ejecución.

- **Interfaz de Empresa**

La interfaz de empresa es la usada por los clientes, los cuales pueden acceder a las siguientes funciones:

1. Visualizar hojas de vida actualizadas de los equipos.
2. Visualizar cronogramas de actividades programadas (preventivas, correctivas, diagnósticas o mejora) para cada equipo.
3. Generar reportes de falla por equipo con su respectiva descripción y fotografía.
4. Descargar en formato pdf los informes de mantenimiento.
5. Escanear el código QR de cada equipo usando dispositivos Smart (celulares o Tablet), para acceder de manera rápida a la información del equipo.
6. Visualizar manuales, certificados de calibración, guías de usuarios, repuestos de cada equipo, entre otros.

7. Visualizar los indicadores de cumplimiento de los cronogramas, gestión del mantenimiento de los equipos (confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad), y costos de este.

Una vez descrita las bondades de los diferentes perfiles que tiene OPTIMO, es importante definir la información relevante para crear cada equipo. Dentro del modulo de equipos, se debe ingresar a la división “crear hoja de vida”, en la cual aparecen los siguientes espacios a diligenciar:

Datos de identificación

- Nombre del cliente
- Clase de equipo
- Nombre del equipo
- Inventario
- Serie
- Modelo

Datos técnicos del fabricante

- Voltaje de operación
- Intensidad de operación
- Potencia de consumo
- Numero de fases

Una vez diligenciada esta información, estará el equipo creado en la base de datos de OPTIMO, al cual se le podrán asignar su respectiva fotografía, documentos (manuales, certificados de calibración, entre otros), partes y repuestos, actividades de mantenimiento preventivos y cronograma de intervención con sus respectivos recursos.

A continuación, se define la clasificación de los equipos acorde a las líneas de servicios de mantenimiento ofrecidas en el portafolio de la empresa.

5.5 CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS

Dentro del portafolio de servicios del departamento de mantenimiento se contempla el desarrollo de actividades preventivas, correctivas y mejora a equipos industriales, control de calidad, automatización, respaldo eléctrico y biomédico. A continuación, se menciona cada uno de ellos:

5.5.1 Equipo industrial. Dentro de equipo industrial se cataloga a todo aquel que permiten el desarrollo de actividades cíclicas a gran escala dentro de un proceso productivo robustos. En el sector industrial a diario son usados tales equipos como por ejemplo bombas, compresores, molinos, calderas, turbinas de generación de energía, los cuales son de gran importancia para el desarrollo productivo y competitivo de las empresas.

5.5.2 Equipos de laboratorio. Dentro de equipo de laboratorio se cataloga a todo aquel usado para verificar los estándares mínimos de calidad de un producto y acondicionadores de muestras. Por lo general se encuentran hornos, destiladores de agua, colorímetros, viscosímetros, cromatógrafos entre otros.

5.5.3 Equipos de automatización. Dentro de equipo de automatización se contempla a aquellos encargados de sustituir la mano del hombre en tareas rutinarias, los cuales controlan maquinas o procesos dentro de la línea de producción, evitando con ello probabilidades de falla. Dentro de esta línea aparecen los controladores lógicos programables (PLC) y sistemas de control distribuido (DCS), como los más implementados para realizar control; También se cuenta con sistemas de mando como variadores de velocidad, arrancadores suaves e interruptores conmutables.

5.5.4 Equipos de respaldo eléctrico. Dentro de equipos de respaldo eléctrico se catalogan las unidades ininterrumpida de energía conocidas como UPS, dentro de las cuales se presentan dos tipologías comunes en la industrial: la tipología Interactiva (alimenta la carga con la energía de entrada y al fallar esta, inicia el suministro de energía desde el banco de baterías) y Doble Conversión (alimenta siempre la carga desde el banco de baterías). Estos equipos son usados para alimentar servidores de datos, sistemas SCADA de plantas de producción, equipos hospitalarios de cuidado intensivo, entre otros.

5.5.5 Equipos biomédicos. Dentro de equipos biomédicos se incluyen a todos aquellos usados para el diagnóstico, cuidado y manutención medica de las personas, entre estos podemos encontrar monitores de signos vitales, máquinas de anestesia, desfibriladores, e incluso equipo odontológico.

Una vez clasificados los diferentes tipos de equipos y requerimientos de OPTIMO para la creación de una hoja de vida, se procede a realizar la recopilación de la información de los equipos.

5.6 RECOPIACIÓN DE DATOS DE LOS EQUIPOS

La recopilación de los datos de los equipos se realiza en dos tablas de la siguiente manera, la tabla 2 almacena los datos de identificación de los equipos, mientras la tabla 3 los datos técnicos del fabricante, dicha información permitirá la creación de las hojas de vida de los equipos en el software de gestión de mantenimiento OPTIMO.

Tabla 2. Datos de identificación de los equipos.

Equipo	Clasificación	Inventario	Marca	Modelo	Serie
Baño de viscosidad cinemática	Laboratorio	BV001L	Koehler	K23802	100703
Plancha de calentamiento	Laboratorio	PC001L	Koehler	K230	508875
Cabina de extracción	Laboratorio	CE005L	Esco	6UDRVW-9	2015-106291
Horno de secado	Laboratorio	HS001L	Precision	7	21AK12
Bomba de vacío	Laboratorio	BOV001L	Welch	1397B-01	9196-97
Centrifuga	Laboratorio	CF001L	Damon	HN-SII	235510602
Destilador de agua	Laboratorio	DE001L	Buchi	F210	482105
Punto de chipa copa abierta	Laboratorio	PI001L	Koehler	K139000	R61510498
Lampara de fotocurado	Biomédico	SG20030201	Denstply	QHL 75	506-37207
Cavitron	Biomédico	SG20030198	Denstply	Bobcat pro	130-33823
Amalgamador	Biomédico	SG20030202	SDI	Ultramat 2	112425
Autoclave	Biomédico	SG00004668	S&S	74350	61991
Unidad de odontología	Biomédico	SG20030200	Kromadent	Futura	2444
Equipo de rayos x	Biomédico	SG0004662	Fiad	Intraos70	102102
Compresor de aire seco	Industrial	SG20030449	Schulz	CSV15	59186

Tabla 3. Datos técnicos del fabricante de los equipos.

Equipo	Corriente	Voltaje	Potencia	Numero de Fases
Baño de viscosidad cinemática	12.0 A	120 VAC	1.3 KW	1
Plancha de calentamiento	2.3 A	120 VAC	250 W	1
Cabina de extracción	2.5 A	208 VAC	765 W	3
Horno de secado	11.8 A	120 VAC	1.4 KW	1
Bomba de vacío	12.0 A	115 VAC	1.2 KW	1
Centrifuga	2.5 A	115 VAC	2.5 KW	1
Destilador de agua	9.1 A	208 VAC	2 KW	2
Punto de chipa copa abierta	9.0 A	115 VAC	932 W	1
Lampara de fotocurado	2.0 A	120 VAC	216 W	1
Cavitron	0.6 A	115 VAC	80 W	1
Amalgamador	0.8 A	120 VAC	96 W	1
Autoclave	20.0 A	208 VAC	6 KW	3
Unidad de odontología	1.0 A	120 VAC	120 W	1
Equipo de rayos x	8.2 A	120 VAC	984 W	1
Compresor de aire seco	21.0 A	208 VAV	4.6 KW	2

5.7 IMPLEMENTACIÓN DE OPTIMO

Para la implementación del software de gestión de mantenimiento OPTIMO se plantean tres etapas de trabajo:

- Parametrización de OPTIMO
- Capacitación de los involucrados con la plataforma OPTIMO
- Lanzamiento de la plataforma OPTIMO

5.7.1 Parametrización de OPTIMO. Para realizar la parametrización de la plataforma OPTIMO se debe crear en la base de datos la información de los clientes, personal operativo, datos de identificación y técnicos del fabricante de los equipos, cronogramas de mantenimiento, costos, tiempo de intervención, asignación recursos y actividades preventivas para cada equipo.

- Creación de perfiles del personal técnico

En cada perfil técnico se debe diligenciar, nombre, documento de identidad o número de tarjeta profesional, cargo, número de contacto, firma y correo electrónico, donde recibirá notificaciones de las actividades programadas para cada día. Así mismo, al oprimir guardar, OPTIMO tomara como usuario de acceso el correo del perfil creado y le asignará una contraseña automática, la cual enviara por correo de forma inmediata a este nuevo usuario. En la figura 3 se presenta la interfaz de creación del perfil técnico en OPTIMO.

Figura 3. Lista de personal técnicos creados.

▼ Listado de técnicos

						Palabras clave
Técnico	Documento/TP	Cargo técnico	Correo electrónico	Teléfono(s)	Indicativo vigencia	Acciones
DANNY SHARIF CÁCERES SÁNCHEZ	91185892	Tecnólogo Biomedico	biomedico@spicol.net	3006733992	ACTIVO	  
FELIX L ESCALANTE LEMUS	SN206-62071	Ingeniero Electrónico	felix.escalante@spicol.com	6959979	ACTIVO	  
JOHN FREDDY MONROY JAIMES	SN206-111631	Ingeniero Electrónico	john.monroy@spicol.net	3006733992	ACTIVO	  
JUAN GUILLERMO BONET SOLANO	SN206-75326	DIR. AUTOMATIZACIÓN	juan.bonet@spicol.com	3006733992	ACTIVO	  
JULIAN ANDRES MANTILLA DOMINGUEZ	SN206-94619	DIR. SERV. INGENIERIA	julian.mantilla@spicol.com	3006733992	ACTIVO	  

- Creación de perfiles de clientes

Para cada perfil de cliente se debe diligencia razón social, NIT, ubicación, dirección, nombre del contacto, cargo, teléfono, firma y correo, donde recibirá notificaciones de la atención del mantenimiento realizado. De igual manera al

oprimir guarda, OPTIMO hará el envío al correo de cada nuevo usuario de su ID y contraseña para acceder a toda la información de sus equipos.

- Creación de hojas de vida de los equipos

Usando la información contenida en la tabla 2 (datos de identificación de los equipos) y tabla 3 (datos técnicos del fabricante de los equipos), se realiza la creación de las hojas de vida de los equipos en OPTIMO, como se aprecia en la Figura 4 y Figura 5.

Figura 4. Interfaz de creación de datos de identificación.

▼ Crear hoja de vida equipo (Datos básicos)

The screenshot shows a web form titled 'Crear hoja de vida equipo (Datos básicos)'. It has two tabs: 'Datos de identificación' (selected) and 'Datos especializados'. The form contains the following fields:

Field	Value
Cliente *	Escriba al menos 3 leti
Clase equipo *	Seleccione...
Id QR	Se genera al guardar
Nombre equipo *	Baño de viscosidad ci
Número de inventario *	CF001L
Marca *	DAMON
Modelo *	HN-SII
Número de serie *	235510602
Estado *	ACTIVO

Figura 5. Interfaz de creación de datos especializados.

▼ Crear hoja de vida equipo (Datos básicos)

The screenshot shows the 'Datos especializados' tab of the same form. It contains the following fields:

Field	Value
¿Requiere calibración? *	SI
Mediciones *	Aplica
Baterías *	No aplica
Datos técnicos *	Aplica
Potencia *	1.3 KW
Voltaje *	120 VAC
Corriente *	12.0 A
Número de fases (NUF) *	1

At the bottom of the form, there are two buttons: 'Guardar' and 'Cancelar'.

- Creación de actividades de mantenimiento preventivo.

Teniendo en cuenta la estandarización de las actividades de mantenimiento preventivo realizadas en los apéndices de la A hasta la P, se procederá con la creación de estas en la plataforma OPTIMO, correspondiente a cada equipo. En la figura 6 se muestra las actividades preventivas del baño de viscosidad cinemática.

Una vez se culmina con la asignación de actividades de mantenimiento preventivo para todos los equipos, el paso a seguir es la programación de los cronogramas de mantenimiento según como lo clientes lo estipulan.

Figura 6. Actividades preventivas del baño de viscosidad cinemática.

▼ **Listado de actividades**

Actividad ⚡	Estado vigencia ⚡	Acciones
Inspección general del estado inicial del equipo.	ACTIVO	 
Desenergización y despiece de carcasas del equipo.	ACTIVO	 
Inspección y revisión del sistema de transmisión mecánica del motor a la paleta de agitación.	ACTIVO	 
Limpieza interna del equipo.	ACTIVO	 
Inspección del motor.	ACTIVO	 
Inspección de la resistencia de calentamiento, sensores de temperatura, sensor de nivel de flotador, soportes para muestras.	ACTIVO	 

⏪ ⏴ 1 2 ⏵ ⏩

** Si quiere cambiar el orden de las actividades, arrastre una fila y suéltela en la posición deseada.

- Creación de cronogramas de mantenimiento.

Para la creación de los cronogramas de mantenimiento preventivo en la plataforma OPTIMO, se tomará como referencia los cronogramas que aparecen en La Tabla 4 y Tabla 5 suministrados por los clientes para dos contratos que actualmente están vigentes, los cuales tienen fecha de iniciación del año 2017 y presentan prórroga anual automática.

El contrato 1 integra los equipos de laboratorio listados en la tabla 2, al igual que en la Tabla 5 incluye los equipos restantes clasificados como biomédicos e industriales.

Tabla 4. Cronograma de equipos de laboratorio.

Equipo	Frecuencia	Contrato año 2017												Contrato año 2018											
		M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
Baño de viscosidad cinemática	Anual						X											X							
Plancha de calentamiento	Semestral			X						X						X						X			
Cabina de extracción	Anual		X												X										
Horno de secado	Anual			X												X									
Bomba de vacío	Semestral						X					X						X						X	
Baño de ultrasonido	Anual			X												X									
Centrifuga	Anual					X												X							
Destilador de agua	Anual				X												X								
Punto de chipa copa abierta	Cuatrimestra	X				X				X				X				X				X			

Tabla 5. Cronograma de equipos biomédicos e industriales.

Equipo	Frecuencia	Contrato año 2017												Contrato año 2018											
		A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J
Lampara de fotocurado	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		
Cavitron	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		
Amalgamador	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		
Autoclave	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		
Unidad de odontología	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		
Equipo de rayos x	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		
Compresor de aire seco	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		

A continuación, en la figura 7 se ilustra el cronograma de mantenimiento preventivo para los equipos de laboratorio en la plataforma OPTIMO, donde se asigna el tiempo que llevará realizar la intervención, personal técnico que atenderá el servicio, tipo de mantenimiento a realizar y los costos de este por equipo.

Figura 7. Cronograma creado en OPTIMO.

▼ Listado de programaciones cronograma

Palabras clave										
Fecha programación	Estado	Equipo	Estado equipo	Tipo mantenimiento	Cliente	Estado cliente	Técnico	Horas	Costo (COP)	Acciones
08/04/2019 +/- 1	Programado	rm540 Bomba de Vacío	ACTIVO	Preventivo	830095213-0 ORGANIZACIÓN TERPEL S.A. LABORATORIO FÁBRICA DE LUBRICANTES	ACTIVO	JOHN FREDDY MONROY JAIMES	2	\$ 250.000,00	
21/01/2019 +/- 1	Programado	o1dv4 Plancha de Calentamiento PC001L	ACTIVO	Preventivo	830095213-0 ORGANIZACIÓN TERPEL S.A. LABORATORIO FÁBRICA DE LUBRICANTES	ACTIVO	JULIAN ANDRES MANTILLA DOMINGUEZ	1	\$ 75.000,00	
21/01/2019 +/- 1	Programado	zv6v6 Punto de Inflamación Copa Abierta	ACTIVO	Preventivo	830095213-0 ORGANIZACIÓN TERPEL S.A. LABORATORIO FÁBRICA DE LUBRICANTES	ACTIVO	JULIAN ANDRES MANTILLA DOMINGUEZ	1	\$ 75.000,00	

Así mismo, cada vez que se crea un cronograma de intervención preventiva, correctiva o de mejora, al instante de asignar él personal técnico OPTIMO programa dicha actividad en su perfil, permitiéndole al técnico estar informado de los servicios que debe realizar con fecha y hora exacta. De igual manera, el cliente

cuenta en su perfil con toda la información de la programación de actividades a realizar en sus instalaciones con su respectiva fecha, hora, duración y persona que atenderá el servicio.

5.7.2 Capacitación de involucrados con la plataforma ÓPTIMO. Se pretende realizar capacitaciones a los ingenieros de servicios de mantenimiento, directores de líneas y clientes, mostrándoles a cada uno las bondades con las que cuenta su perfil de usuario.

A los ingenieros de servicio se les explicara como acceder a la plataforma OPTIMO desde su dispositivo celular, donde podrán conocer su cronograma de actividades y a su vez realizar los informes de mantenimiento con actividades estandarizadas correspondiente al servicio que estén ejecutando, todo esto, con el fin de disminuir el tiempo de ejecución y costos de los servicios, aumentando con ello la confiabilidad de los equipos y disponibilidad del proceso productivo del cliente.

A los directores de línea, se les enseñara a crear clientes, personal técnico, hojas de vida de equipos, actividades de mantenimiento estandarizadas para cada equipo, cronogramas de servicio y la correcta interpretación de los indicadores de gestión de mantenimiento y cumplimiento, buscando con ellos la mejora continua de los planes de mantenimiento en pro del proceso productivo de los clientes.

A los clientes, se les enseñara a interpretar los indicadores de gestión de mantenimiento, cumplimiento y costos, logrando con ellos evaluar la calidad de los servicios recibidos, también se les mostrara como ingresar a los cronogramas de actividades programadas, hojas de vida del equipo, visualización y descarga de informes de mantenimiento, lista de repuestos por equipo, manuales, certificados de calibración y creación de reportes de falla de los equipos. Todo esto busca

brindar un servicio integral con respuestas oportunas ante la necesidad de los clientes.

5.7.3 Lanzamiento de la plataforma OPTIMO. El lanzamiento de la plataforma se hace mediante un comunicado oficial vía correo a todos los involucrados con el departamento de mantenimiento incluyendo a los clientes, los cuales fueron capacitados para una correcta operación y fácil interpretación de la información contenida en plataforma OPTIMO.

A partir de la fecha OPTIMO comienza a procesar toda la información producto de actividades de mantenimiento realizadas por los ingenieros de servicio y reportes de fallas generados por los clientes, traduciéndola a indicadores de gestión y cumplimiento.

5.8 EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL PROCESO DE MATENIMIENTO

La evaluación de la efectividad del proceso de mantenimiento radica en los resultados de los indicadores de cumplimiento y encuestas de satisfacción de los clientes, los cuales serán evaluados para los años 2017 y lo corrido del 2018, resaltando que OPTIMO se lazo a operación a partir de febrero de 2018.

5.8.1 Indicadores de cumplimiento. Dentro de los indicadores de cumplimiento se evalúa el porcentaje de actividades desarrolladas sobre las programadas en los cronogramas.

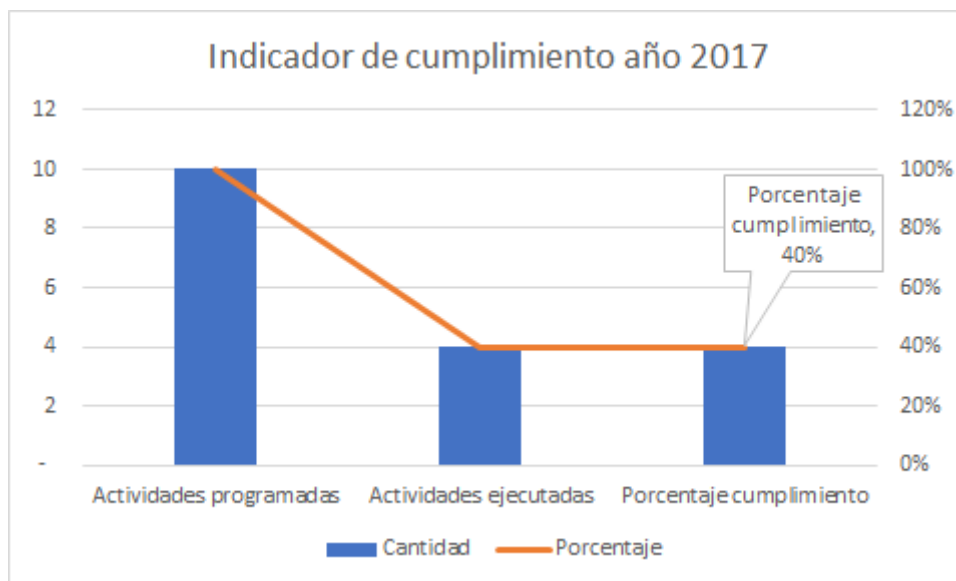
La evaluación se iniciará con la información del contrato de mantenimiento de equipos de laboratorio durante el año 2017 y 2018. A continuación, en la Tabla 6 aparece las intervenciones programadas y realizadas respectivamente, las cuales permiten evaluar el porcentaje de cumplimiento de estas.

Tabla 6. Actividades programadas de equipos de laboratorio.

Equipo	Intervenciones programadas				Intervenciones realizadas			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Baño de viscosidad cinemática	Octubre 13 de 2017				Octubre 14 de 2017			
Plancha de calentamiento	Julio 13 de 2017	Enero 9 de 2018	Julio 9 de 2018	Enero 21 de 2019	Julio 17 de 2017	Enero 9 de 2018		
Cabina de extracción	Junio 13 de 2017	Junio 1 de 2018			Junio 20 de 2017			
Horno de secado	Julio 11 de 2017	Julio 9 de 2018			Julio 13 de 2017			
Bomba de vacío	Octubre 14 de 2017	Abril 14 de 2018	Octubre 8 de 2018	Abril 8 de 2019	Octubre 15 de 2017	Abril 14 de 2018		
Baño de ultrasonido	Julio 11 de 2017	Julio 9 de 2018			Julio 13 de 2017			
Centrifuga	Septiembre 28 de 2017	Septiembre 3 de 2018			Septiembre 28 de 2017			
Destilador de agua	Agosto 20 de 2017				Agosto 20 de 2017			
Punto de chipa copa abierta	Mayo 17 de 2017	septiembre 28 de 2017	Enero 9 de 2018	Mayo 8 de 2018	Mayo 17 de 2017	septiembre 28 de 2017	Enero 9 de 2018	Mayo 8 de 2018

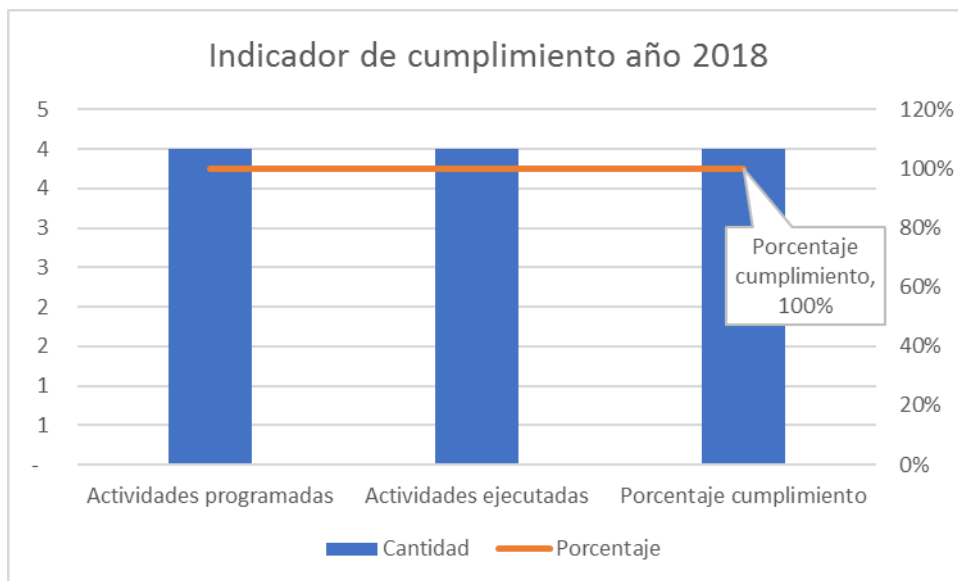
Como se puede evidenciar, se tiene una totalidad de 10 actividades programadas y 4 actividades atendidas dentro de lo programado para el año 2017, permitiendo calcular el porcentaje de cumplimiento que se aprecia en la figura 9.

Figura 8. Indicadores de cumplimiento de equipos de laboratorio año 2017.



Respectivamente para el año 2018 se cuenta con 10 actividades programadas de las cuales a mayo de 2018 solo se pueden evaluar 4, de igual manera se tiene 4 actividades atendidas dentro de lo programado, dando como resultado el siguiente porcentaje de cumplimiento que aparece en la figura 10.

Figura 9. Indicadores de cumplimiento de equipos de laboratorio año 2018.



Se logra evidenciar mediante el indicador de cumplimiento del año 2017 vs 2018, la mejora que presente la gestión de mantenimiento en el desarrollo de las actividades, pasando de un cumplimiento del 40% de las órdenes de servicio programadas a una totalidad del 100%.

A continuación, se usará la información del contrato de mantenimiento de equipos biomédicos e industriales durante el año 2017 y 2018, para realizar la evaluación de cumplimiento. La Tabla 7 contiene las intervenciones programadas y realizadas respectivamente, las cuales permiten evaluar el porcentaje de cumplimiento de estas.

Tabla 7. Actividades programadas de equipos biomédicos e industriales.

Equipo	Intervenciones programadas				Intervenciones realizadas			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Lampara de fotocurado	Agosto 18 de 2017	Noviembre 15 de 2017	Febrero 14 de 2018	Mayo 8 de 2018	Agosto 22 de 2017	Noviembre 15 de 2017	Febrero 14 de 2018	Mayo 8 de 2018
Cavitron	Agosto 24 de 2017	Noviembre 15 de 2017	Febrero 14 de 2018	Mayo 8 de 2018	Agosto 26 de 2017	Noviembre 15 de 2017	Febrero 14 de 2018	Mayo 8 de 2018
Amalgamador	Agosto 29 de 2017	Noviembre 15 de 2017	Febrero 14 de 2018	Mayo 9 de 2018	Agosto 31 de 2017	Noviembre 16 de 2017	Febrero 14 de 2018	Mayo 9 de 2018
Autoclave	Agosto 15 de 2017	Noviembre 15 de 2017	Febrero 20 de 2018	Mayo 15 de 2018	Agosto 17 de 2017	Noviembre 15 de 2017	Febrero 20 de 2018	Mayo 15 de 2018
Unidad de odontología	Agosto 21 de 2017	Noviembre 15 de 2017	Febrero 28 de 2018	Mayo 12 de 2018	Agosto 30 de 2017	Noviembre 15 de 2017	Febrero 28 de 2018	Mayo 12 de 2018
Equipo de rayos x	Agosto 15 de 2017	Noviembre 14 de 2017	Febrero 21 de 2018	Mayo 16 de 2018	Agosto 24 de 2017	Noviembre 14 de 2017	Febrero 21 de 2018	Mayo 16 de 2018
Compresor de aire seco	Agosto 22 de 2017	Noviembre 14 de 2017	Febrero 27 de 2018	Mayo 11 de 2018	Agosto 22 de 2017	Noviembre 15 de 2017	Febrero 27 de 2018	Mayo 11 de 2018

Analizando el cuadro de actividades programadas para los equipos biomédicos e industriales, se logra destacar 14 intervenciones de mantenimiento programadas y 6 intervenciones realizadas dentro de lo programado para el año 2017. A su vez, para el año 2018 cuenta con 14 intervenciones programadas de las cuales se encuentran atendidas en conformidad. A continuación, se podrá observar los porcentajes de cumplimiento de los cronogramas de mantenimiento para cada año en la Figura 10 y Figura 11.

Figura 10. Indicador de cumplimiento de equipos biomédicos e industriales año 2017.

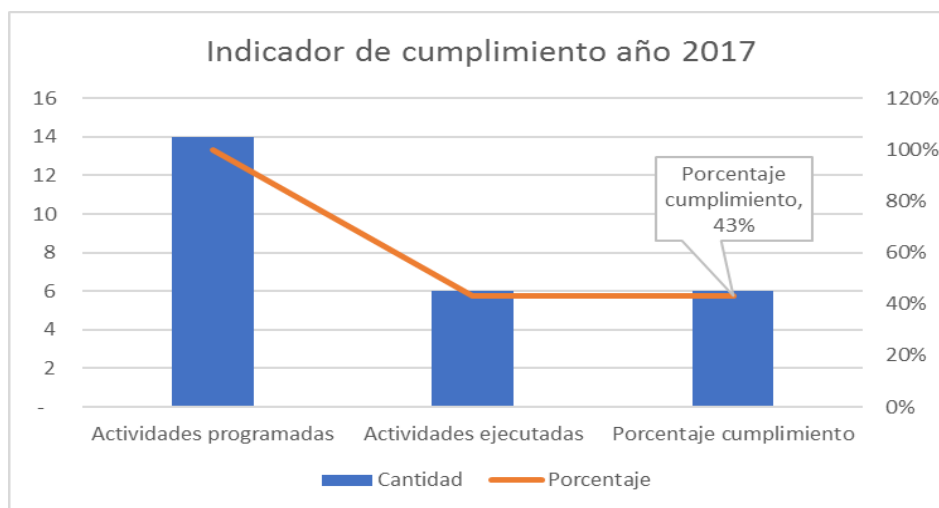
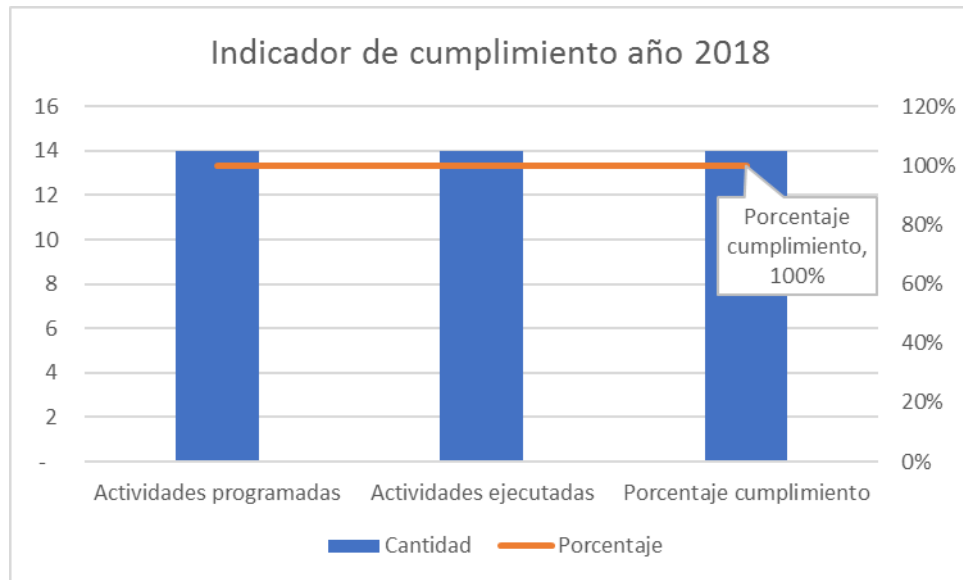


Figura 11. Indicador de cumplimiento de equipos biomédicos e industriales año 2018.



Mediante el indicador de cumplimiento de los equipos biomédicos e industriales durante el año 2017 y 2018, se puede evidenciar la mejora inminente que presenta la gestión de mantenimiento en el desarrollo de sus actividades. La implementación de OPTIMO ha permitido medir continuamente el desarrollo de las actividades y en conjunto con el personal técnico se han realizado mejoras gracias a la estandarización de rutinas de mantenimiento y manejo de la información de manera digital, pasando de un cumplimiento del 43% de las ordenes de servicio ejecutadas a una totalidad del 100% en la actualidad.

5.8.2 Encuestas de satisfacción de los clientes. Las encuestas de satisfacción del cliente son realizadas en formato físico cada vez que se presta un servicio de mantenimiento. Para los dos contratos de mantenimiento en el año 2017 y 2018, los siguientes fueron los resultados de las encuestas tabuladas.

Tabla 8. Resultados de la encuesta de satisfacción de equipos de laboratorio.

Resultado de la encuesta de satisfacción del cliente		
Año	2017	2018
Pregunta 1. ¿Los informes de mantenimiento se encuentran disponibles cuando los requiere?		
Siempre	0%	100%
A veces	100%	0%
Nunca	0%	0%
Pregunta 2. ¿Los tiempos de intervención de mantenimiento preventivo han afectado su proceso?		
Siempre	0%	0%
A veces	70%	10%
Nunca	30%	90%
Pregunta 3. ¿Son oportunas las asistencias técnicas ante reportes de falla?		
Siempre	90%	100%
A veces	10%	0%
Nunca	0%	0%
Pregunta 4. ¿Se ha cumplido el cronograma de mantenimiento establecido?		
Siempre	0%	100%
A veces	100%	0%
Nunca	0%	0%
Pregunta 5. ¿Cuál es su percepción del servicio prestado por el personal técnico?		
Bueno	100%	100%
Regular	0%	0%
Malo	0%	0%

Mediante la comparación de los resultados obtenidos durante el año 2017 y corrido de 2018, se evidencia a través del aumento de la satisfacción del cliente la mejora que se ha presentado en el transcurso del presente año, resultado de la implementación de la herramienta tecnológica "OPTIMO", la cual ha facilitado el desarrollo de las actividades rutinarias de mantenimiento haciendo una correcta distribución del personal técnico en el desarrollo de estas. Es así, como a través del seguimiento continuo se ha podido realizar mas actividades con el mismo

personal técnico, garantizando el cumplimiento de los cronogramas, la disponibilidad de los reportes de mantenimiento y como producto la satisfacción del cliente.

5.9 EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LOS CRONOGRAMAS DE MANTENIMIENTO

La evaluación de la efectividad de las rutinas de mantenimiento establecidas se realizará teniendo en cuenta los resultados de la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en el año 2017 y corrido de 2018 de los equipos para los dos contratos antes mencionados. En la Tabla 9 y Tabla 10, se establece la tabulación de los indicadores de gestión de los equipos de laboratorio, biomédicos e industriales.

Tabla 9. Indicadores de gestión de equipos de laboratorio.

Equipo	Indicadores de gestión de mantenimiento					
	Disponibilidad		Confiabilidad		Mantenibilidad	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Baño de viscosidad cinemática	92.40%	99.95%	100%	100%	0 horas	0 horas
Plancha de calentamiento	97.70%	99.98%	100%	100%	0 horas	0 horas
Cabina de extracción	94.10%	99.95%	100%	100%	0 horas	0 horas
Horno de secado	88.30%	99.95%	100%	100%	0 horas	0 horas
Bomba de vacío	96.30%	99.97%	100%	100%	0 horas	0 horas
Baño de ultrasonido	97.20%	99.98%	100%	100%	0 horas	0 horas
Centrifuga	95.30%	99.97%	100%	100%	0 horas	0 horas
Destilador de agua	92.80%	99.97%	100%	100%	0 horas	0 horas
Punto de chipa copa abierta	89.90%	99.93%	100%	100%	0 horas	0 horas

Acorde a los equipos de laboratorio, se puede rescatar que para ninguno de los dos años en análisis se han presentado fallas, a través de la confiabilidad (probabilidad que tiene un equipo en funcionar sin fallar en un determinado de tiempo) y mantenibilidad (periodo de tiempo que tardaría reparar un equipo luego de una falla) podemos analizar que el cronograma de mantenimiento preventivo vigente, logra atender los requerimientos de los equipos para los cuales se tienen resultados de cien por ciento (100%) en su confiabilidad y cero (0) horas en mantenibilidad. Respecto a la disponibilidad (porcentaje del tiempo en que un equipo funciona correctamente en un periodo determinado) se puede apreciar la mejora que se ha logrado con la definición de tiempos de intervención acordes a las actividades preventivas estandarizadas, lo cual ha tenido como resultado el aumento de la disponibilidad de cada equipo en el proceso productivo del cliente.

Tabla 10. Indicadores de gestión de los equipos biomédicos e industriales.

Equipo	Indicadores de gestión de mantenimiento					
	Disponibilidad		Confiabilidad		Mantenibilidad	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Lampara de fotocurado	99.89%	99.94%	100%	100%	0 horas	0 horas
Cavitron	99.89%	99.94%	100%	100%	0 horas	0 horas
Amalgamador	99.89%	99.94%	100%	100%	0 horas	0 horas
Autoclave	99.85%	99.91%	100%	100%	0 horas	0 horas
Unidad de odontología	99.87%	99.92%	100%	100%	0 horas	0 horas
Equipo de rayos x	99.89%	99.92%	100%	100%	0 horas	0 horas
Compresor de aire seco	99.86%	99.94%	100%	100%	0 horas	0 horas

De acuerdo con los equipos biomédicos e industriales, es posible identificar que el cronograma de prevención vigente aporta al correcto funcionamiento de los equipos, prologando la confiabilidad y mantenibilidad. A su vez, se identifica que el índice de disponibilidad de equipos mejora para el año 2018, mostrando

resultados positivos ante la implementación de las rutinas estandarizadas de mantenimiento preventivo las cuales son realizadas a cabalidad acorde a los recursos asignados.

6. CONCLUSIONES

- Mediante la estandarización de actividades de mantenimiento preventivo y la respectiva asignación de los recursos, se logró establecer control en las rutinas y tiempo de intervención de cada equipo, teniendo como resultado el aumento de la disponibilidad de estos en el proceso producto de los clientes.
- La implementación de la plataforma “OPTIMO”, ha facilitado el desarrollo de las actividades rutinarias de mantenimiento, haciendo una correcta distribución del personal técnico en el desarrollo de estas. Es así, como a través del seguimiento continuo se ha podido realizar más actividades con el mismo personal técnico, garantizando el cumplimiento de los cronogramas, la disponibilidad de los reportes de mantenimiento y como producto la satisfacción del cliente.
- En gran medida la satisfacción de los clientes ha aumentado conforme han sido capacitados en el uso de la plataforma OPTIMO, la cual les brinda la información completa de sus equipos, permitiéndoles tomar decisiones con sus sistemas productivos basados en el conocimiento continuo de la disponibilidad y confiabilidad con la que puede operar cada uno de ellos.
- El desarrollo de las actividades diarias asignadas al personal técnico se ha optimizado, mediante el apoyo que les brinda la plataforma OPTIMO, la cual les recuerda las actividades diarias a realizar y les permite desde sus dispositivos SMART, ingresar a desarrollar el informe de mantenimiento, el cual contiene las actividades estandarizadas de acuerdo al equipo, donde solo requiere diligenciar datos técnicos, adjuntar fotos y crear observaciones mientras ejecutan cada servicio.

- La efectividad de las rutinas de mantenimiento preventivo establecidas para cada cliente, son evaluadas constantemente bajo los indicadores de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad, permitiendo establecer una mejora continua en ellas, con el fin de reducir las probabilidades de falla en los equipos y prologar su vida útil.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR LEÓN, Mauricio. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. 2017, p. 102-103.

BORRAS PINILLA, Carlos. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. 2017, p. 4-47.

GARCÍA GARRIDO, Santiago, RATIA GOMEZ, Pablo y PEREA SAMPER, Jorge. Operación y Mantenimiento de Centrales de Ciclo Combinado. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A. 2008. p. 81-118. ISBN 978-84-7978-842-1.

GARCÍA GARRIDO, Santiago. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A. 2003. p. 13-36. ISBN 978-84-7978-548-2.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. 2004, p. 87-99.

MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Industrial Efectivo. Medellín, Colombia: Coldi. 2012, p. 26-30. ISBN 978-958-98902-0-2.

PENNY, Grubb y ARMSTRONG, Takang. Software Maintenance Concepts and Practice. Londres, Inglaterra: World Scientific Publishing Co. 2003. p. 81-118. ISBN 981-238-425-1.

ANEXOS

ANEXO A. ACTIVIDADES PREVENTIVAS Y RECURSOS PARA EL BAÑO DE VISCOSIDAD CINEMÁTICA.

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	200	1
2	Desenergización y despiece de carcasas del equipo.	5		
3	Inspección y revisión del sistema de transmisión mecánica del motor a la paleta de agitación.	10		
4	Limpieza interna del equipo.	15		
5	Inspección del motor.	5		
6	Inspección de la resistencia de calentamiento, sensores de temperatura, sensor de nivel de flotador, soportes para muestras.	20		
7	Limpieza y lubricación del carro de desplazamiento de la paleta de agitación.	10		
8	Inspección de controlador de temperatura.	5		
9	Inspección del sistema de iluminación.	5		
10	Inspecciones de componentes de protección eléctrica.	15		
11	Cambio de silicona usada como medio de calentamiento (si es requerido).	15		
12	Energización y verificación de valores de la temperatura del controlador vs Patrón de temperatura.	50		

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
13	Pruebas de estabilidad de la temperatura con +/- 0.01 °C de error.	5		
14	Ajuste de parámetros PID del controlador de temperatura (si es requerido).	20		
15	Lectura y registro de valor de voltaje y corriente de consumo de las resistencias de calentamiento, motor de agitación e iluminación.	5		
16	Pruebas de funcionamiento generales.	5		
17	Entrega del equipo al operador.	5		

**ANEXO B. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA
PLANCHA DE CALENTAMIENTO.**

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	60	1
2	Desenergización y despiece de tapa inferior del equipo.	3		
3	Revisión de motor de agitación.	10		
4	Medición y registro del valor en ohmios de la resistencia de calentamiento.	5		
5	Limpieza de la tarjeta electrónica de control.	5		
6	Ajuste de terminales de conexión eléctrica de la tarjeta de control.	10		
7	Limpieza de cerámica de la superficie de calentamiento.	5		
8	Energización del equipo.	2		
9	Lectura y registro de valor de voltaje y corriente de consumo de la resistencia de calentamiento y motor de agitación.	3		
10	Armado de tapa inferior.	2		
11	Pruebas de funcionamiento generales.	5		
12	Entrega del equipo al operador.	5		

ANEXO C. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA CABINA EXTRACCIÓN.

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	180	2
2	Desenergización del equipo.	2		
3	Limpieza interior y exterior de la cabina.	30		
4	Limpieza de ventana de vidrio templado.	10		
5	Revisión de banda elástica, contra pesos y poleas de la ventana de vidrio.	20		
6	Revisión de luminaria.	20		
7	Revisión de toma corrientes.	20		
8	Revisión de motor del sistema de extracción, impulsor, caracol y ductos.	40		
9	Energización del equipo.	2		
10	Medición y registro de la velocidad de aire al 100, 75, 50 y 25% de abertura de la ventana (velocidad mínima 0.37m/s), usando un anemómetro.	15		
11	Medición y registro de voltaje y corriente de consumo del motor e iluminación.	5		
12	Pruebas de funcionamiento generales.	6		
13	Entrega del equipo al operador.	5		

**ANEXO D. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
HORNO DE SECADO.**

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	180	1
2	Desenergización y despiece de carcasas del equipo.	5		
3	Limpieza interna y externa del equipo.	20		
4	Inspección del motor y aspa del homogeneizador de temperatura.	15		
5	Inspección de la resistencia de calentamiento, sensor de temperatura y termostato.	15		
6	Inspección de controlador de temperatura.	5		
7	Inspecciones de componentes de protección eléctrica.	10		
8	Ajuste de la puerta del equipo.	15		
9	Verificación de estado del empaque de la puerta.	5		
10	Energización y verificación de valores de la temperatura del controlador vs Patrón de temperatura.	40		
11	Pruebas de estabilidad de la temperatura con +/- 0.5 °C de error.	20		
12	Ajuste de parámetros PID del controlador de temperatura (si es requerido).	10		

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
13	Lectura y registro de valor de voltaje y corriente de consumo de las resistencias de calentamiento, motor de homogenización de temperatura.	5		
14	Pruebas de funcionamiento generales.	5		
15	Entrega del equipo al operador.	5		

ANEXO E. ACTIVIDADES PREVENTIVAS Y RECURSOS PARA LA BOMBA DE VACÍO.

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	120	2
2	Desenergización del equipo.	5		
3	Drenaje de aceite de la recamara de vacío.	5		
4	Drenaje de residuos del tanque pulmón de entrada a la bomba.	5		
5	Despiece, lavado y armado de indicador de nivel de aceite.	15		
6	Eliminación de residuos de aceite en las carcasas.	15		
7	Inspección del motor, condensador de arranque y sostenimiento.	20		
8	Ajuste de conexiones eléctricas del motor.	5		
9	Revisión del sistema de arrastre (poleas y correas).	5		
10	Inspecciones de arrancador eléctrico directo.	3		
11	Llenar la recamara de vacío con aceite Turbina ultra Premium.	10		
12	Energización del equipo.	2		
13	Lectura y registro de valor de voltaje y corriente de consumo de las resistencias de calentamiento, motor de agitación e iluminación.	5		
14	Verificación de vacío en puntos de uso.	10		

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
15	Pruebas de funcionamiento generales.	5		
16	Entrega del equipo al operador.	5		

**ANEXO F. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
BAÑO DE ULTRASONIDO.**

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	60 minutos	1
2	Desenergización del equipo.	2		
3	Drenaje de agua del recipiente de muestras.	5		
4	Despiece de carcasa inferior.	5		
5	Revisión de tarjeta electrónica de control.	5		
6	Revisión de transductores piezoeléctricos de ultrasonido.	6		
7	Cierre de tapa inferior y llenado de agua el recipiente de muestras.	10		
8	Energización del equipo.	2		
9	Lectura y registro de valores de voltaje y corriente de consumo del equipo.	5		
10	Pruebas de frecuencia de ultrasonido.	5		
11	Pruebas generales de funcionamiento.	5		
12	Entrega del equipo al operador.	5		

**ANEXO G. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA
CENTRIFUGA.**

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	120 minutos	1
2	Desenergización del equipo y despiece de carcasas.	5		
3	Limpieza de residuos en el interior del equipo.	15		
4	Inspección de escobillas de motor.	10		
5	Revisión de estado del motor de centrifugado.	10		
6	Revisión de la resistencia de frenado del motor.	8		
7	Limpieza de la tarjeta electrónica de control.	10		
8	Ajuste de terminales eléctricos de la tarjeta de control y encoder.	10		
9	Revisión de temporizador analógico.	5		
10	Revisión de sensor de seguridad de la puerta.	5		
11	Revisión de protecciones eléctricas del equipo.	5		
12	Armado de carcasas y ajuste mecánico de porta muestras del equipo.	5		
13	Energización del equipo.	2		
14	Verificación de indicación de rpm del equipo, usando tacómetro digital.	10		

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
15	Lectura y registro de valores de voltaje y corriente de consumo del equipo.	5		
16	Pruebas de funcionamiento generales.	5		
17	Entrega del equipo al operador.	5		

**ANEXO H. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
DESTILADOR DE AGUA.**

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	120	1
2	Desenergización del equipo.	2		
3	Desconexión de suministro de agua.	2		
4	Despiece de componentes de vidrio.	15		
5	Eliminación de incrustaciones en recipientes de vidrio con ácido acético al 10% (máximo 30 minutos), y realizar enjuague con carbonato de sodio al 15% (si lo requiere).	20		
6	Revisión de elemento calefactor.	7		
7	Revisión de condensador y evaporador.	7		
8	Revisión de juntas de caucho del equipo (cambiar si lo requiere).	5		
9	Ajuste de conexiones eléctricas.	10		
10	Armado total del equipo.	15		
11	Conexión a suministro de agua.	5		
12	Energización del equipo.	2		
13	Lectura y registro de valores de voltaje y corriente de consumo del equipo.	5		
14	Pruebas de funcionamiento generales.	15		
15	Entrega del equipo al operador.	5		

**ANEXO I. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
PUNTO DE CHISPA COPA ABIERTA.**

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	60	1
2	Desenergización y desconexión de línea de gas natural del equipo.	2		
3	Inspección de carcasa y cerámica de la resistencia de calentamiento.	2		
4	Inspección y lectura en ohmios de la resistencia de calentamiento.	5		
5	Revisión de conexiones eléctricas de la tarjeta electrónica de control y Dial.	5		
6	Ajuste mecánico del quemador de gas y rancores de conexión.	10		
7	Eliminación de residuos en el equipo.	5		
8	Conexión de línea de gas natural.	4		
9	Energización del equipo.	2		
10	Lectura y registro de valores de voltaje y corriente de consumo del equipo.	5		
11	Verificación de rampa de calentamiento, usando el dial y registrando los valores de corriente en cada punto.	5		
12	Pruebas de funcionamiento generales.	5		
13	Entrega del equipo al operador.	5		

**ANEXO J. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA
LAMPARA DE FOTOCURADO.**

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	60	1
2	Desenergización del equipo.	2		
3	Despiece de carcasas.	8		
4	Limpieza de extractor de calor y tarjeta de control.	5		
5	Armado de carcasas.	5		
6	Inspección y limpieza de la fibra de vidrio (limpiar los extremos con una cuchilla de afeitar).	10		
7	Energización del equipo.	5		
8	Lectura y registro de valores de voltaje y corriente de consumo del equipo.	5		
9	Verificación de estado del bombillo usando el radiómetro (lectura mínima 300mW/cm ²).	10		
10	Entrega del equipo al operador.	5		

**ANEXO K. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
CAVITRON.**

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	60	1
2	Desenergización del equipo.	2		
3	Desconexión de suministro de agua y despiece de carcasas.	4		
4	Revisión de válvula reguladora de agua.	5		
5	Revisión de potenciómetro lineal de ajuste de frecuencias.	5		
6	Eliminación de material particulado en la tarjeta de control.	5		
7	Ajuste de terminales eléctricos internos.	5		
8	Revisión de la pieza de mano.	5		
9	Revisión del pedal de activación del equipo.	5		
10	Armado de carcasas.	5		
11	Energización del equipo.	2		
12	Lectura y registro de valores de voltaje y corriente de consumo del equipo.	5		
13	Chequeo de irrigación de agua sobre la punta del inserto.	2		
14	Entrega del equipo al operador.	5		

**ANEXO L. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
AMALGAMADOR.**

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	60	1
2	Desenergización del equipo.	2		
3	Despiece de carcasa inferior.	5		
4	Revisión de motor y escobillas.	10		
5	Ajuste mecánico de tapa del porta muestras.	5		
6	Ajuste mecánico del sujetador de la muestra.	9		
7	Eliminación de material particulado de tarjeta de control y display indicador de rpm.	5		
8	Armado de carcasa inferior.	5		
9	Energización del equipo.	2		
10	Lectura y registro de valores de voltaje y corriente de consumo del equipo.	5		
11	Pruebas de funcionamiento.	2		
12	Entrega del equipo al operador.	5		

**ANEXO M. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL
AUTOCLAVE.**

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	180	1
2	Desenergización del equipo.	2		
3	Drenaje de agua del calderín.	5		
4	Despiece de carcasa y lavado del calderín.	10		
5	Inspección y registro de lectura en ohmios de la resistencia de calentamiento.	5		
6	Revisión de empaque de la puerta.	2		
7	Limpieza de asientos de las electroválvulas de vapor.	30		
8	Eliminación de material particulado de la tarjeta electrónica de control.	10		
9	Llenado de calderín con agua destilada.	5		
10	Energización y activación de un ciclo de esterilización.	25		
11	Verificación de fugas internas de agua y vapor.	6		
12	Lectura y registro de valores de voltaje y corriente de consumo del equipo.	5		
13	Armado de carcasa.	5		
14	Pruebas de esterilizado.	60		
15	Entrega del equipo al operador.	5		

**ANEXO N. ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA
UNIDAD DE ODONTOLOGÍA.**

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	180	1
2	Desenergización, cierre de paso de agua y aire del equipo.	2		
3	Despiece, lavado y lubricación de pieza de alta velocidad.	20		
4	Despiece, lavado y lubricación de pieza de baja velocidad.	20		
5	Despiece, lavado y lubricación de jeringa triple.	15		
6	Revisión de conexiones neumáticas e hidráulicas del módulo instrumental.	18		
7	Revisión de conexiones neumáticas e hidráulicas de la salivadera.	20		
8	Revisión de lampara cialitica.	20		
9	Revisión de motores del espaldar y asiento.	20		
10	Eliminación de material particulado de la tarjeta de control.	5		
11	Ajuste de conexiones eléctricas de la tarjeta de control.	5		
12	Energización y activación de suministro de agua y aire al equipo.	5		
13	Lectura y registro de valores de voltaje y corriente de consumo del equipo.	5		
14	Medición de presión en la línea de	10		

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
	aire (rango 35-40 Psi).			
15	Pruebas de funcionamiento generales.	5		
16	Entrega del equipo al operador.	5		

ANEXO O.ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DE RAYOS X.

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	60	1
2	Desenergización del equipo.	1		
3	Revisión y ajuste de soporte de muro articulado.	8		
4	Revisión de cabezote y colimador.	15		
5	Limpieza general del equipo.	10		
6	Energización del equipo.	1		
7	Lectura y registro de valores de voltaje y corriente de consumo del equipo.	3		
8	Pruebas de placas de RX usando las diferentes escalas de Kvp (kilo voltaje pico).	12		
9	Entrega del equipo al operador.	5		

**ANEXO P. ACTIVIDADES PREVENTIVAS Y RECURSOS PARA EL
COMPRESOR DE AIRE SECO**

N°	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	RECURSOS		
		TIEMPO (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (MINUTOS)	PERSONAS
1	Inspección general del estado inicial del equipo.	5	120	1
2	Desenergización del equipo.	2		
3	Revisión de cheque de la recamara de compresión	10		
4	Purga de tanque pulmón.	5		
5	Drenaje de condensados.	5		
6	Cambio de filtro de aire.	10		
7	Revisión y ajuste de correa (cambiar si lo requiere).	11		
8	Revisión de sistema eléctrico.	15		
9	Revisión de motor eléctrico.	15		
10	Energización del equipo.	2		
11	Lectura y registro de valores de voltaje y corriente de consumo del equipo.	5		
12	Verificación del estado de la recamara de compresión, midiendo el tiempo de llenado del tanque pulmón (tiempo máximo 7 minutos).	10		
13	Ajuste de presostato (presión de operación 70-120 Psi)	15		
14	Pruebas de funcionamiento generales	5		
15	Entrega de equipo al operador	5		

ANEXO Q. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CONTRATO 1.

Equipo	Frecuencia	Contrato año 2017												Contrato año 2018											
		M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
Baño de viscosidad cinemática	Anual						X											X							
Plancha de calentamiento	Semestral			X						X						X					X				
Cabina de extracción	Anual		X											X											
Horno de secado	Anual			X											X										
Bomba de vacío	Semestral						X					X						X						X	
Centrifuga	Anual					X											X								
Destilador de agua	Anual		X											X											
Punto de chipa copa abierta	Cuatrimestral	X				X				X			X				X				X				

ANEXO R. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CONTRATO 2.

Equipo	Frecuencia	Contrato año 2017												Contrato año 2018											
		A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J
Lampara de fotocurado	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		
Cavitron	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		
Amalgamador	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		
Autoclave	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		
Unidad de odontología	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		
Equipo de rayos x	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		
Compresor de aire seco	Trimestral	X			X			X			X			X			X			X			X		