

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



**SMITH-STERLING DENTAL LABORATORIES**

**“Actualización de la gestión de mantenimiento para el cumplimiento de la norma ISO  
9001”**

**Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título  
Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura**

**Erik Solano Cervantes**

**Cartago, Junio 2017**

## **Información del Estudiante**

Nombre: Erick Gabriel Solano Cervantes  
Cédula o No. Pasaporte: 3-458-368

Carné ITCR: 200945132

Dirección de su residencia en época lectiva:  
Cartago, Paraíso, 100 Norte y 250 Oeste de la estación de Bomberos.

Dirección de su residencia en época no lectiva:  
Cartago, Paraíso, 100 Norte y 250 Oeste de la estación de Bomberos.

Teléfono en época lectiva:  
8864-6667

Teléfono época no lectiva:  
8864-6667

Email: gabrielcer04114@gmail.com

Fax:

## **Información del Proyecto:**

Nombre del Proyecto:  
“Actualización de la gestión de mantenimiento para el cumplimiento de la norma ISO 9001”

Profesor Asesor:  
Ing. Rodolfo Elizondo Hernández

Horario de trabajo del estudiante:  
Lunes a Viernes de 7:00 am – 4:00 pm

## **Información de la Empresa:**

Nombre:  
Smith-Sterling Dental Lab.

Zona:  
Higuito, San Isidro del Guarco en la provincia de Cartago

Dirección:  
50 metros Sur y 25 metros al Oeste de la iglesia de San Isidro del Guarco.

Teléfono:  
800-278-9947

Fax:

Apartado:  
30802

Actividad Principal:  
Empresa dedicada a realizar diferentes tipos de implantes odontológicos con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes.

## **Dedicatoria**

*A Dios, por haberme dado la fuerza y persistencia para llegar a terminar una carrera profesional.*

*A mi mamá, por todo el apoyo, la paciencia y el amor que me ha demostrado por tantos años, sin su ayuda este logro no hubiera podido ser posible.*

*A mi familia por apoyarme y alentarme a conseguir mi sueño.*

*A Priscilla por brindarme su amor, comprensión y paciencia en todo momento.*

## **Agradecimiento**

*A todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Electromecánica en especial a mi profesor asesor Ing. Rodolfo Elizondo, por la paciencia y disposición a colaborar con este proyecto.*

*A la empresa Smith-Sterling, a su departamento de mantenimiento, sobre todo al Ing. Sergio Alfaro, por todas las facilidades, consejos y colaboración para el desarrollo de este proyecto.*

*A todos mis compañeros de clases, amigos y allegados que de una u otra manera me ayudaron a alcanzar esta meta en mi vida.*

# Índice general

I.	Introducción .....	1
A.	Identificación de la empresa.....	1
1.	Generalidades .....	1
2.	Misión y Visión. ....	2
3.	Ubicación Geográfica .....	2
4.	Organigrama General .....	3
5.	Organigrama del Departamento.....	4
6.	Jornada Laboral .....	6
7.	Política de Calidad.....	7
8.	Proceso Productivo .....	7
9.	Productos .....	16
B.	Justificación del proyecto.....	17
C.	Objetivos del Proyecto .....	21
1.	Objetivo General.....	21
2.	Objetivos Específicos .....	21
II.	Marco teórico .....	22
A.	ISO .....	22
1.	ISO 9000.....	25
2.	ISO 9001:2015.....	25
3.	Certificación ISO 9001:2015.....	25
B.	Mantenimiento Preventivo .....	27
C.	RCM.....	30
1.	Normas para la aplicación del rcm. ....	33
2.	Normas SAE JA 1011 y SAE JA 1012.....	33
D.	Aplicación del RCM.....	34
1.	Funciones.....	36
2.	Fallas funcionales .....	37
3.	Modos de falla .....	38
4.	Efectos de falla .....	39
5.	Consecuencia de falla .....	41

6.	Acciones Proactivas.....	42
E.	Balanced scorecard.....	43
1.	Historia del balanced score card.....	44
2.	Estructura del Balanced Scorecard.....	45
3.	Metodología.....	49
F.	FODA.....	50
G.	Criticidad.....	51
III.	Análisis de criticidad en mantenimiento.....	53
IV.	Desarrollo del programa de mantenimiento preventivo basado en rcm. ....	55
A.	Selección de equipos.....	55
B.	Codificación de equipos.....	58
C.	Formación del archivo técnico.....	59
D.	Disponibilidad Operacional de los equipos.....	60
E.	Aplicación de la metodología RCM.....	62
F.	Manual de Mantenimiento Preventivo.....	62
G.	Costos de implementación.....	67
V.	Propuesta de sistema de índices basada en el balanced score card.....	74
A.	FODA.....	75
B.	Definición de objetivos.....	76
C.	Mapa estratégico.....	81
D.	Determinación de los indicadores.....	83
E.	Diseño del Balanced Scorecard.....	90
VI.	Estudio de Manpower.....	97
A.	Aplicación del modelo.....	99
VII.	Diseño de una base de datos.....	101
VIII.	Conclusiones.....	107
A.	Conclusiones.....	107
B.	Recomendaciones.....	108
IX.	Bibliografía.....	109
X.	Apéndices.....	111
A.	Apéndice 1. Ubicación de equipos dentro de la empresa.....	111
B.	Apéndice 2. Encuestas de los análisis de criticidad.....	112
C.	Apéndice 3. Hojas de trabajo rcm.....	115

D.	Apéndice 4. Manual de Mantenimiento preventivo.....	144
E.	Apéndice 5. Manual de la Base de Datos.....	167
F.	Apéndice 6. Imágenes de los equipos críticos.....	226

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b>	<b>Ubicacion Geografica Smith-Sterling.....</b>	<b>2</b>
<b>Figura 2.</b>	<b>Organigrama Smith-Sterling.....</b>	<b>3</b>
<b>Figura 3.</b>	<b>Organigrama departamento de mantenimiento.....</b>	<b>5</b>
<b>Figura 4.</b>	<b>Proceso Productivo Smith Sterling.....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 5.</b>	<b>Orden de trabajo online.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 6.</b>	<b>Trabajo de moldeado finalizado.....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 7.</b>	<b>Trabajo de rasurado y equilibrado finalizado.....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 8.</b>	<b>Trabajo diseño finalizado.....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 9.</b>	<b>Pastilla de Bruxzir milleada.....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 10.</b>	<b>Placa de piezas dentales Perfactory.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 11.</b>	<b>Pieza hecha de Bruxzir finalizada.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 12.</b>	<b>Diagrama de flujo establecimiento normas ISO.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 13.</b>	<b>Grupo de trabajo RCM.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 14.</b>	<b>Llenado de formato de funciones.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 15.</b>	<b>Llenado de formato de las fallas funcionales.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 16.</b>	<b>Llenado de formato de modo de falla y causas.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 17.</b>	<b>Formato de llenado hoja RCM.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 18.</b>	<b>Tipos de efectos de las fallas funcionales.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 19.</b>	<b>Tipos de acción proactiva.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 20.</b>	<b>Ejemplo de codificación.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 21.</b>	<b>Ejemplo Orden de trabajo contradictoria.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 22.</b>	<b>Analisis FODA.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 23.</b>	<b>Mapa estratégico propuesto.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 24.</b>	<b>Panel de control base de datos.....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 25.</b>	<b>Requisición de repuestos digital.....</b>	<b>103</b>
<b>Figura 26.</b>	<b>Datos de mantenimiento correctivo recolectados en la base de datos.....</b>	<b>105</b>
<b>Figura 27.</b>	<b>Horno de sinterizado.....</b>	<b>226</b>
<b>Figura 28.</b>	<b>Colector de polvos.....</b>	<b>226</b>
<b>Figura 29.</b>	<b>Horno de prensado.....</b>	<b>227</b>
<b>Figura 30.</b>	<b>Maquina fresadora CNC.....</b>	<b>227</b>
<b>Figura 31.</b>	<b>Bomba de agua alternante.....</b>	<b>227</b>
<b>Figura 32.</b>	<b>Compresor de tornillo.....</b>	<b>227</b>
<b>Figura 33.</b>	<b>Bomba de vacío recíprocante.....</b>	<b>227</b>

Figura 34. Mezcladora.....	227
Figura 35. Condensadora York .....	227
Figura 36. Manejadora York .....	227
Figura 37. Recortadora de modelos.....	227
Figura 38. Dispensadora de yeso y agua .....	227
Figura 39. Impresora 3D .....	227

## Índice de tablas

Tabla 1. Preguntas claves del RCM.....	35
Tabla 2. Tipos de modos de falla .....	39
Tabla 3. Criterios de evaluación de criticidad .....	54
Tabla 4. Equipos críticos seleccionados.....	57
Tabla 5. Significado de la codificación .....	59
Tabla 6. Nomenclatura periodo de mantenimiento preventivo .....	65
Tabla 7. Nomenclatura personal de mantenimiento.....	66
Tabla 8. Horas trabajadas por tipo de personal .....	68
Tabla 9. Costo por personal.....	68
Tabla 10. Lista de costos de repuestos .....	69
Tabla 11. Lista de costos de repuestos (continuación) .....	70
Tabla 12. Total de costos generados por el plan de mantenimiento preventivo .....	71
Tabla 13. Estimación de horas no productivas .....	72
Tabla 14. Total estimado de ganancias no percibidas .....	73
Tabla 15. Objetivos perspectiva financiera.....	77
Tabla 16. Objetivos Perspectiva de Procesos.....	78
Tabla 17. Objetivo perspectiva de clientes .....	79
Tabla 18. Objetivo perspectiva de Aprendizaje .....	80
Tabla 19. Indicadores Perspectiva Financiera .....	83
Tabla 20. Indicadores perspectiva clientes .....	85
Tabla 21. Indicadores Perspectiva de procesos internos.....	87
Tabla 22. Indicadores Perspectiva de Aprendizaje.....	89
Tabla 23. Codificación de Perspectiva .....	91
Tabla 24. Ejemplo codificación de indicadores .....	91
Tabla 25. Balanced Scorecard Perspectiva Financiera y de Cliente.....	94
Tabla 26. Balanced Scorecard Perspectiva de Proceso y Aprendizaje .....	95
Tabla 27. Balanced Scorecard del departamento de mantenimiento .....	96
Tabla 28. Resultados del MTTR.....	105

## Resumen

Este proyecto fue desarrollado en la empresa Smith-Sterling, cuya principal actividad es el diseño y fabricación de restauraciones dentales. El presente estudio se planteó como objetivo actualizar la gestión de mantenimiento de modo que permitiera al Departamento de Mantenimiento cumplir con los estándares de la norma ISO 9001. Esto se logró estableciendo una serie de acciones proactivas, que disminuyen el tiempo perdido por las fallas funcionales de los equipos e implementando un sistema de índices que permite la mejora continua del departamento.

El proceso para implantar un plan de mantenimiento preventivo, se inició con un análisis de criticidad para la selección del equipo a incluir en el programa, este se basó en criterios como flexibilidad operacional, frecuencia de falla, costo de reparación, entre otros. Luego de conocer los equipos por estudiar, se decidió utilizar la metodología RCM, presente en las normas SAE JA1011 y SAE JA1012. A los activos se les realizó una investigación, para descubrir cuáles eran los modos de falla más recurrentes, las causas y efectos de estos y se propuso, junto con un grupo de trabajo conformado con personal de la empresa, un conjunto de acciones para mejorar la disponibilidad de las máquinas. A partir de esas acciones planteadas, la frecuencia de su realización y la designación de trabajos al personal de mantenimiento, se dio origen a un manual de mantenimiento preventivo.

Luego de elaborar el plan de mantenimiento se propuso un sistema de indicadores basado en la metodología del Balanced Scorecard. Como parte del diseño de dicho sistema, se realizó un análisis FODA y un mapa estratégico para identificar áreas de mejora, se plantearon objetivos enfocados en perspectivas como aprendizaje, procesos internos, finanzas y clientes que desembocaron en la escogencia de trece indicadores que evalúan el impacto de la gestión del departamento dentro de la empresa.

Por último, se diseñó una base de datos en Microsoft Access y se realizó un estudio de manpower, basado en la metodología presente en el libro Gestión de proyectos de activos industriales de Luis Amendola, que permitió calcular la cantidad idónea de técnicos con los que debe contar el departamento de mantenimiento.

## **Abstract**

This project was developed in Smith-Sterling, whose main activity is the design and manufacture of dental restorations. The objective of the present study was to update maintenance management in a way that would allow the Maintenance Department to comply with ISO 9001 standards. This was achieved by establishing a series of proactive actions, which reduce the time lost by the functional failures of the gear and implementing an index system that allows the continuous improvement of the department.

The process to implement a preventive maintenance plan was initiated with a criticality analysis to select the equipment to be included in the program, based on criteria such as operational flexibility, failure rate, repair cost, among others. After knowing the equipment to study, it was decided to use the RCM methodology, present in SAE JA1011 and SAE JA1012. Assets were investigated to find out which were the most recurring fault modes, causes and effects of these, and proposed, together with a work group conformed of company personnel, a set of actions to improve the availability of machines. Based on these actions, the frequency of their implementation and the assignment of work to maintenance personnel, a preventive maintenance manual was created.

After elaborating the maintenance plan, a system of indicators based on the Balanced Scorecard methodology was proposed. As part of the design of this system, a SWOT analysis and a strategic map were carried out to identify areas for improvement. Objectives were focused on perspectives such as learning, internal processes, finances and clients, leading to the selection of thirteen indicators that evaluate the impact of the department's management within the company.

Finally, a database was designed in Microsoft Access and a study of manpower was carried out, based on the methodology present in the book *Management of projects of industrial assets* of Luis Amendola, that allowed to calculate the suitable amount of technicians with whom the maintenance department must count.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **A. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA**

### **1. GENERALIDADES**

Smith Sterling Dental Lab fue fundado en Costa Rica en agosto de 1994, es una empresa dedicada a la elaboración de restauraciones dentales y coronas de alta calidad, sus productos son de exportación ya que el 98% de los trabajos que llegan a la planta son para clientes de Estados Unidos y su casa matriz está ubicada en Miami, Florida. Actualmente, además de la planta mencionada, hay otros laboratorios en Alemania, Colombia, Chile y California.

La compañía es parte de un conglomerado mundial llamado Glidewell, es de origen estadounidense y fue fundado en el año 1970 por Jim Glidewell. Actualmente el laboratorio principal de Glidewell está ubicado en Irvine, California y cuenta con casi 5000 empleados en todo el mundo.

Gran parte de los profesionales que laboran en Smith Sterling son técnicos de laboratorio dental formados en el Colegio Universitario de Cartago (CUC), por eso la ubicación de la empresa en esta provincia. En los últimos años Smith Sterling se ha preocupado por modernizar su línea de producción por lo que ha adquirido tecnología CAD/CAM para el diseño de las piezas dentales, además de scanner e impresora en 3D y el uso de CNC para el corte de dicho producto.

## 2. MISIÓN Y VISIÓN.

Nuestra misión:

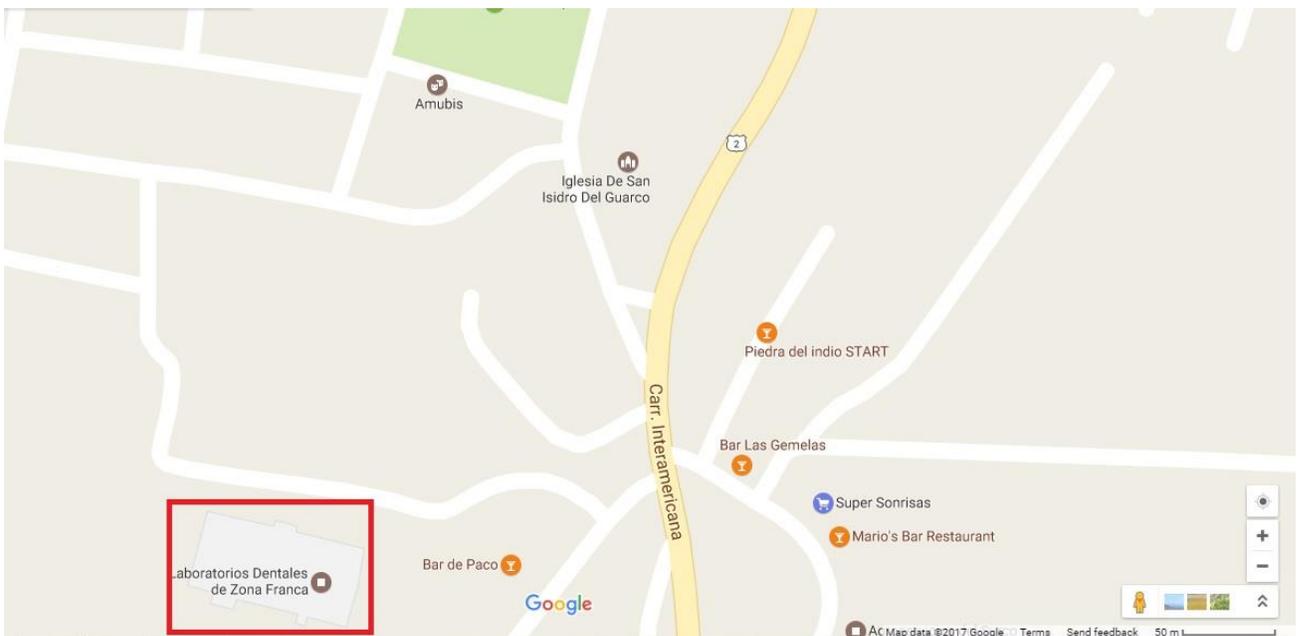
Funcionar como una empresa dedicada a realizar diferentes tipos de implantes odontológicos con el fin de satisfacer las necesidades de nuestros clientes y mantenernos en el mercado comercial.

Nuestra visión:

Ser reconocidos como una empresa de servicios de producción de implantes odontológicos de mejor calidad y atención a nuestros clientes.

## 3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Actualmente la empresa se encuentra ubicada en Higuito, San Isidro del Guarco en la provincia de Cartago. Específicamente 50 metros Sur y 25 metros al Oeste de la iglesia de San Isidro del Guarco.



**Figura 1. Ubicación Geográfica Smith-Sterling**

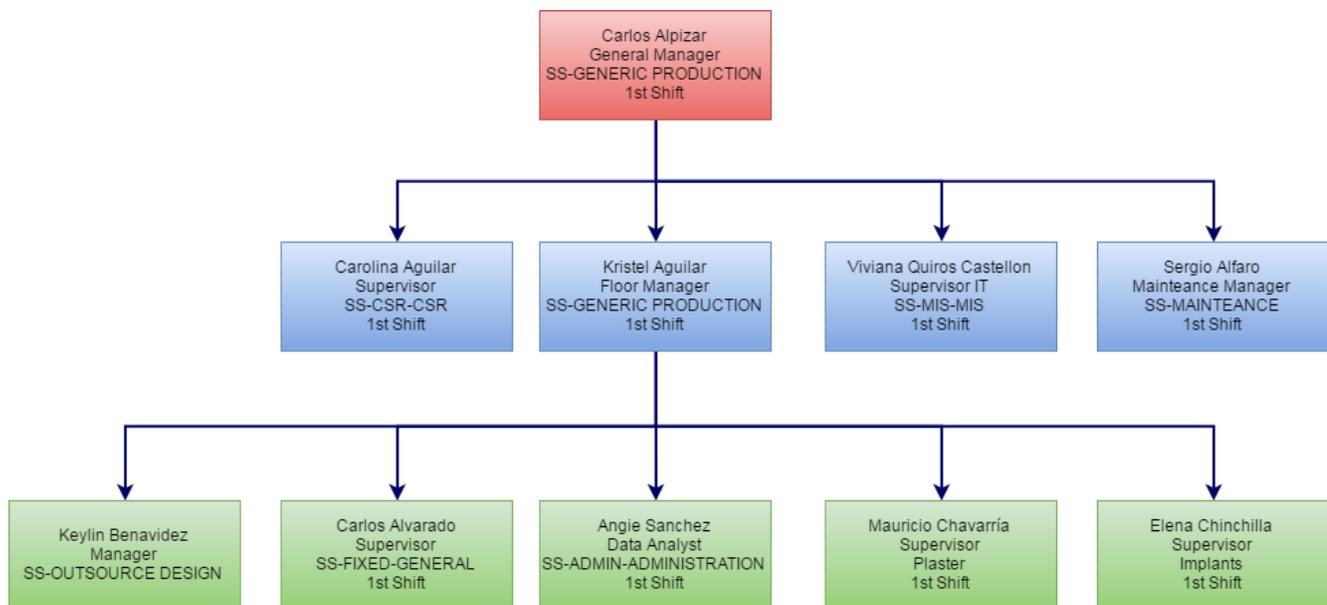
Fuente: Google Maps

#### 4. ORGANIGRAMA GENERAL

En la imagen se muestra el organigrama general de la empresa Smith Sterling.

La compañía es dirigida por Don Carlos Alpizar, que funge como gerente general a nivel latinoamericano, a nivel nacional la señora Khristell Aguilar es la que ocupa ese puesto, además hay supervisores en áreas de producción como diseño, modelado, finish, entre otros. También existen Managers en departamentos como Recursos Humanos, Mantenimiento, Shipping, IT, etc.

Semanalmente se hace una reunión de gerentes y supervisores para evaluar la situación de la empresa y el cumplimiento de objetivos de cada departamento.



**Figura 2. Organigrama Smith-Sterling**

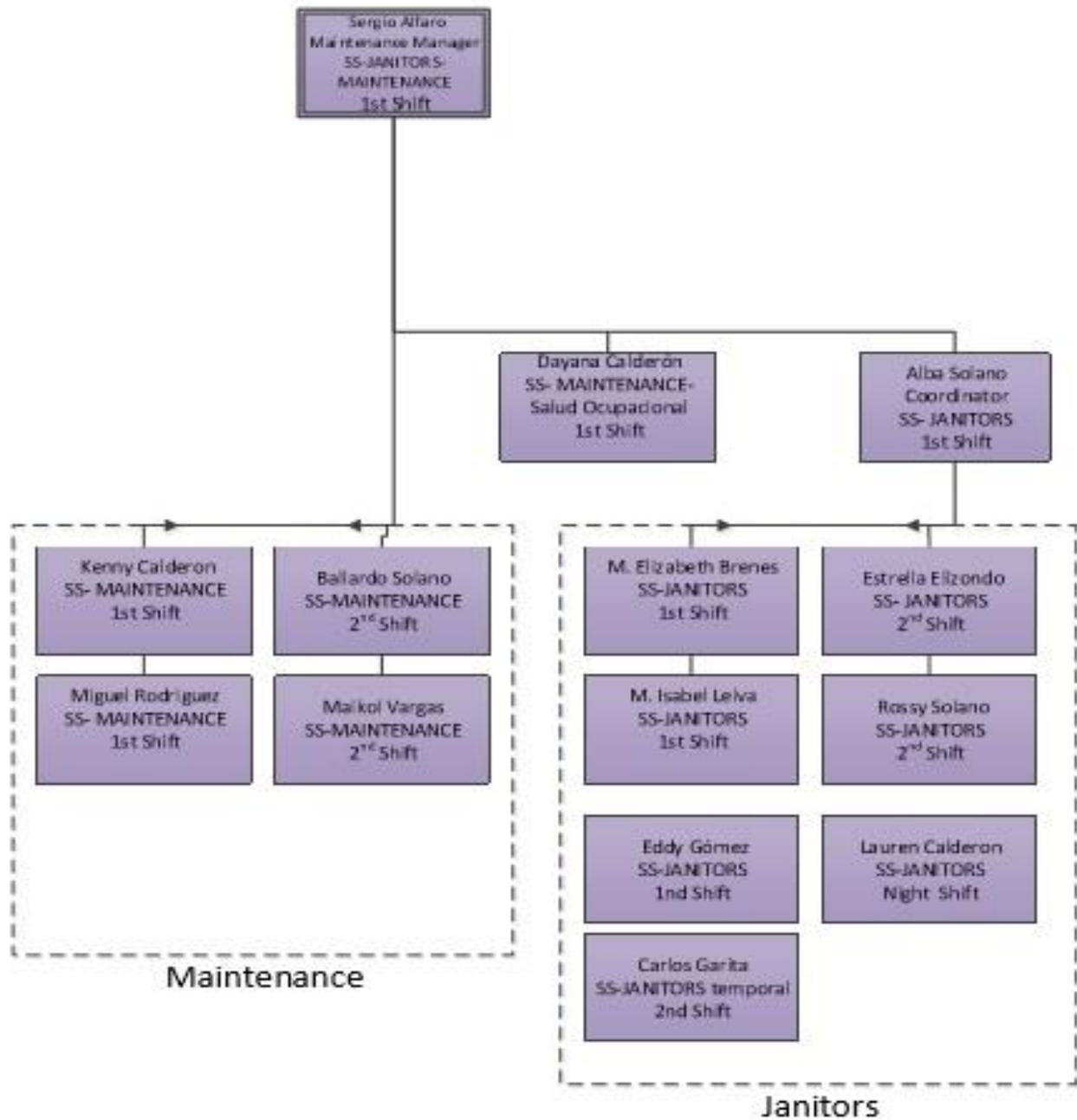
Fuente: Smith-Sterling Human Resources

## 5. ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO

La figura que se presenta a continuación presenta la organización del departamento de Mantenimiento, lo encabeza el Maintenance Manager Ing. Sergio Alfaro, él cuenta con 4 técnicos, con conocimientos electromecánicos, electrónicos y empíricos. Los técnicos trabajan en dos turnos, dos técnicos por turno, siendo el turno 1 donde hay mayor presencia del personal de producción, por lo que se hacen trabajos mayoritariamente de mantenimiento correctivo y calibraciones. En el turno 2 se aprovecha para trabajos de mantenimiento preventivo y calibraciones. Además de los técnicos el departamento cuenta con personal de limpieza distribuido en las mismas dos jornadas mencionadas anteriormente y una ingeniera en salud ocupacional que labora en horario ordinario.

El departamento debe cumplir con las siguientes funciones:

- Mantener, reparar, modificar y reubicar los equipos con los que cuenta la empresa para que se pueda trabajar de la manera más eficiente, cumpliendo las expectativas y la calidad que demanda el producto.
- Encargarse de la limpieza y mantenimiento de las instalaciones de la compañía.
- Realizar el control de activos, tanto las compras de equipos, como las salidas y las ubicaciones de cada equipo dentro de la planta.
- Llevar a cabo las calibraciones a los equipos que lo requieren, como los hornos de sinterizado, impresora 3D y máquinas de milling.



**Figura 3. Organigrama departamento de mantenimiento**

Fuente: Smith-Sterling Human Resources

## 6. JORNADA LABORAL

En este momento la empresa cuenta con un aproximado de 250 colaboradores, tomando en cuenta administrativos, técnicos y operarios, los cuales cuentan con diferentes horarios.

En el caso de los colaboradores administrativos, es decir recursos humanos, recepción, contaduría, control de calidad y gerencia labora en la jornada ordinaria de 8:00 a.m. a 5:00 p.m. de lunes a viernes.

Los operarios laboran en los siguientes horarios:

### Turno 1:

Lunes a sábado: 6:00 a.m. - 3:00 p.m.

En este turno se cuenta con 2 técnicos, pero de lunes a viernes

### Turno 2:

Lunes a sábado: 3:00 p.m. – 11:00 p.m.

En este turno se cuenta con 2 técnicos, pero de lunes a viernes

### Turno 3:

Lunes a sábado: 11:00 p.m. – 6:00 a.m.

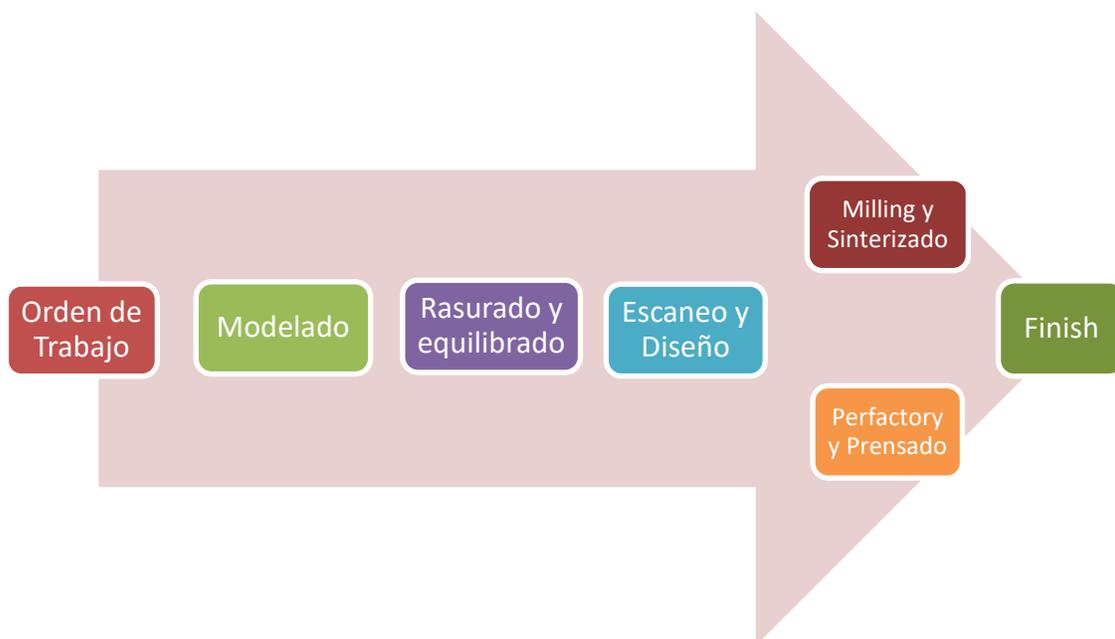
En el caso de los técnicos, aunque ya se especificó el horario que cumplen, cabe destacar que se presentan frecuentemente sábados de 7:00 a.m. a 3:00 p.m. para realizar mantenimiento a máquinas que funcionan las 24 horas entre semana.

## 7. POLÍTICA DE CALIDAD

Nuestra meta es fabricar restauraciones dentales de calidad que sean seguras y eficaces. Escuchar al cliente y proveerle un producto de calidad que este fabricado de acuerdo a las especificaciones es nuestra prioridad. Nosotros estamos comprometidos a mantener un Sistema de Calidad que sea efectivo y cumpla con los requisitos domésticos e internacionales de regulación.

Actualmente el laboratorio principal de Glidewell cuenta con la certificación ISO 9001 y el laboratorio ubicado en el país tiene un sistema de gestión basado en dicha norma, aunque no se ha buscado obtener la certificación.

## 8. PROCESO PRODUCTIVO



**Figura 4. Proceso Productivo Smith Sterling**

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Word

## Orden de trabajo

El proceso da inicio cuando un doctor completa una prescripción u orden de trabajo, especificando las características más importante de la pieza como el color, el tipo de material a utilizar en la restauración, el número de diente a producir, entre otros. Luego se necesita que el doctor empaque cuidadosamente la impresión de la mordida del paciente junto con la prescripción y haga llegar por correo ese paquete a la empresa. Una vez que el paquete ingresa a la empresa. se le asigna el tiempo de demora que va transcurrir para el envío del producto finalizado y se lleva la impresión de la mordida con la información más importante sobre el trabajo al área de modelado.

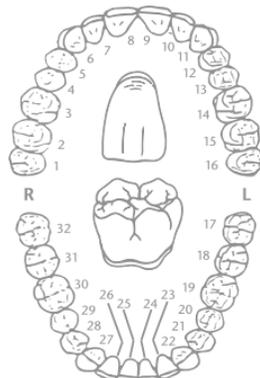
 <b>SMITH-STERLING</b> Laboratorios Dentales De Zona Franca™ Entrada a Higuillo San Isidro del Guarco, 30802 Cartago, Costa Rica <b>800-278-9947</b> www.smithsterling.cr • mail@smithsterling.com	Nombre del profesional _____ Teléfono _____ Cta. N.º _____ Nombre del paciente _____ Dirección/Correo electrónico _____
COLOR _____ DIENTE N.º _____  <b>DISEÑO DE PÓNTICO</b> 	<p><i>Se incluyen con el caso:</i> <input type="checkbox"/> Impresiones <input type="checkbox"/> Modelos <input type="checkbox"/> Mordida <input type="checkbox"/> Fotos ___ <input type="checkbox"/> Otro: Pruebas: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p><b>Rx INSTRUCCIONES ESPECÍFICAS</b> <i>NOTA: Enviar un modelo de estudio para todos los trabajos que involucren dientes anteriores</i></p>  <p><b>SI NO HAY ESPACIO INTEROCCLUSAL</b> <input type="checkbox"/> Llamar al doctor <input type="checkbox"/> Desgastar el antagonista <input type="checkbox"/> Oclusión en metal <input type="checkbox"/> Isla metálica <input type="checkbox"/> Agregar como preferencia</p>
<b>CARACTERIZACIÓN OCLUSAL</b> <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Claro* <input type="checkbox"/> Mediana <input type="checkbox"/> Oscura	Firma _____ (ver detalles de garantía limitada en el reverso) Licencia N.º _____
<b>TODO PORCELANA</b> <input type="checkbox"/> BruxZir Solid Zirconia* <input type="checkbox"/> BruxZir Anterior <input type="checkbox"/> IPS e.max	<b>Pegar etiqueta de seguimiento de guía aérea aquí</b>

Figura 5. Orden de trabajo online

Fuente: www.smithsterling.com

## Modelado

En el departamento de modelado se toma la impresión de la mordida del paciente y se convierte en un modelo 3D de su dentadura, con el que se trabaja en el resto del proceso productivo. Esto se logra primeramente preparando el material del que se hace el modelo, es una mezcla de yeso y agua en proporciones previamente establecidas. Esa mezcla debe ser precisa, por lo que se hace por medio de una dispensadora.

Cuando se cuenta con la cantidad adecuada de yeso y agua, esta se deposita en una mezcladora para que el material sea lo más homogéneo posible. Después de que la mezcla está lista se vierte sobre la impresión de la mordida, luego de un tiempo de secado al modelo se le hace un primer desbaste, con una recortadora, para eliminar la mayor parte de los excesos que permanecen del formado.



**Figura 6. Trabajo de moldeado finalizado**

Fuente: Elaboración propia

## Rasurado y equilibrado

Posterior al formado del modelo, este es colocado en una base que emula el movimiento de la quijada para una mejor manipulación, también pasa al proceso de rasurado y equilibrado, que es cuando se hace un desbaste manual y más fino del modelo. Con este último proceso se debe dejar la dentadura hecha de yeso lo más parecida posible a la dentadura real, de este modo el diseño del reemplazo dental es el adecuado y se puede dar un producto de calidad.

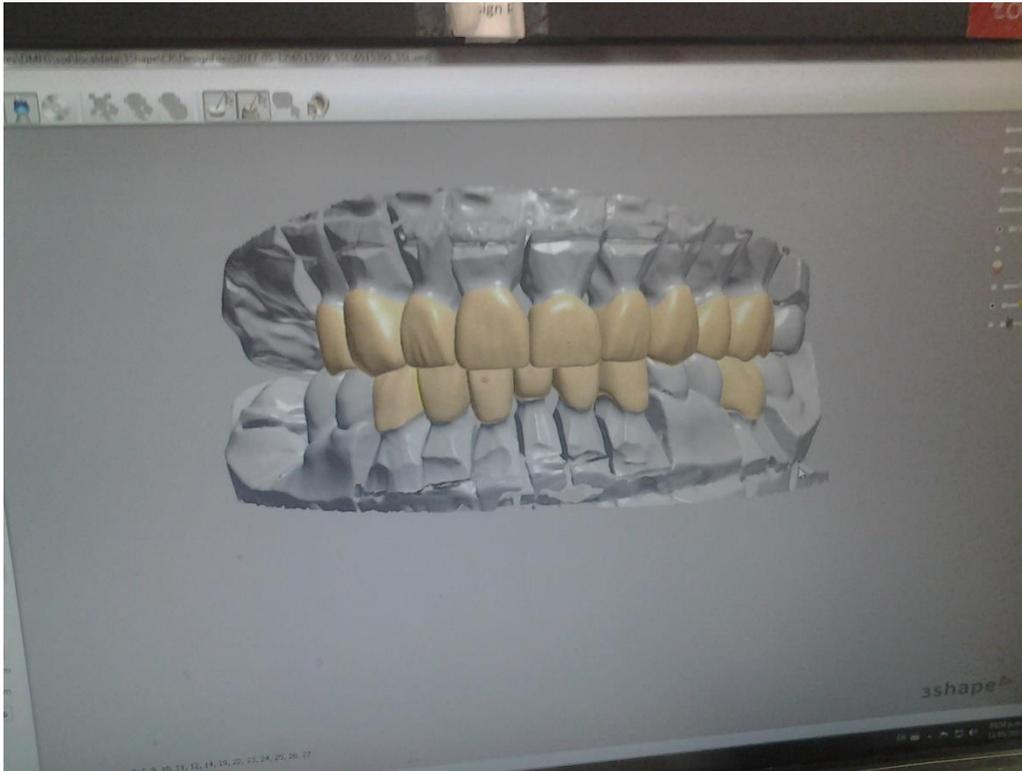


**Figura 7. Trabajo de rasurado y equilibrado finalizado**

Fuente: Elaboración propia

## Escaneo y diseño

Luego de que el modelo ha sido finalizado, se comienza la etapa de diseño. Esta inicia con el escaneo del prototipo físico, al hacerlo se consigue una imagen digital en 3D idéntica a la dentadura realizada con yeso, los diseñadores pueden manipular esta imagen para facilitar la creación del reemplazo dental. Para el diseño se utiliza tecnología CAD (Computer-Aided Design), por lo que el diseño se ha facilitado y depurado, una vez que el reemplazo ha sido finalizado el archivo digital es enviado al departamento de perfactory o al departamento de milling según sea el material a utilizar.



**Figura 8. Trabajo diseño finalizado**

Fuente: Elaboración propia

## Milling y Sinterizado

Este proceso se aplica cuando se utilizan productos que tienen una consistencia similar al polvo, en este caso, la mayoría de trabajos se realizan con Bruxzir, que es zirconio sólido compacto en forma de pastilla de unos 20 cm de diámetro. Cuando varios diseños llegan al departamento de milling, los operarios por medio de un software, distribuyen las restauraciones dentales en un espacio idéntico en medidas al cilindro de Bruxzir, de esta manera pueden aprovechar al máximo el material. Luego de que este paso está completo, se utiliza tecnología CAM (Computer-Aided Manufacturing) y se envía esa distribución a las fresas CNC (Control Numérico Computarizado) que se encargan del mecanizado (milling) de las piezas. La empresa cuenta con CNC de cuatro y cinco ejes para poder llevar a cabo los trabajos, al ser trabajos relativamente pequeños pero muy precisos, las brocas utilizadas son delgadas y cortas por lo que se cambian frecuentemente.

Cuando el milling es finalizado, las piezas pasan a sinterizado, este es un proceso a alta temperatura en el que el compuesto pasa de tener consistencia similar al polvo a una más cercana a la cerámica, además de mejorar el aspecto este tratamiento térmico permite mejorar la resistencia mecánica, manteniendo la forma sin generar residuos. En la empresa este proceso se lleva a cabo en hornos que alcanzan una temperatura de 1580 °C, luego para evitar la contaminación, oxidación o un choque térmico, la pieza se va enfriando progresivamente en el mismo horno de sinterizado, completar todo este procedimiento tarde aproximadamente 6 horas, aunque hay materiales que resisten un sinterizado rápido de 3 horas pero son la minoría.



**Figura 9. Pastilla de Bruxzir milleada**

Fuente: [http://img.medicaexpo.com/images\\_me/photo-g/102660-9358966.jpg](http://img.medicaexpo.com/images_me/photo-g/102660-9358966.jpg)

### Perfactory y Prensado

Este proceso es otra forma de hacer restauraciones dentales pero con otros materiales como la porcelana, luego de que el diseño es terminado y enviado al departamento de Perfactory, los operarios, por medio de un software, distribuyen los trabajos en un área rectangular, que es donde las impresoras 3D realizan un tipo de carcasa o molde sin relleno de las piezas por medio de la proyección de las mismas en una placa que contiene un polímero fotosensible. La impresora, al recibir las imágenes de las piezas dentales, las desmantela en capas de un grosor de 70 micrómetros y lo que proyecta al polímero son dichas capas el tiempo suficiente para que este material pase de estado líquido a sólido, este procedimiento dura aproximadamente tres horas.

Una vez que la carcasa de plástico ha sido finalizada se le aplica un tipo de resina o cera que ayuda en el proceso de termo formado que se da en los hornos de prensado. En estos hornos se insertan, en un cilindro especial, dos moldes por vez junto con dos pastillas de cerámica, la función de este equipo es alcanzar 900 °C de temperatura, en esta condición las pastillas de porcelana pasan a un estado líquido, por medio de vacío y de un plunger, que es un tipo de pistón, ese fluido se logra adaptar a la forma de la carcasa de la pieza dental. Al igual que en el proceso de sinterizado el enfriamiento se hace dentro del horno y de manera controlada para evitar algún daño a la pieza.



**Figura 10. Placa de piezas dentales Perfactory**

Fuente: [http://rapid3d.co.za/wp-content/uploads/2016/07/Rapid\\_3D-Envisiontec\\_Dental\\_12-1024x768.jpg](http://rapid3d.co.za/wp-content/uploads/2016/07/Rapid_3D-Envisiontec_Dental_12-1024x768.jpg)

## Finish

Por último, una vez que la pieza ya está formada, se pasa a darle los toques estéticos finales, esto se hace manualmente. Además de los retoques al acabado y al color, a la pieza se le sustrae el soporte, que es una extensión en la base de la restauración que se utiliza para la manipulación de esta. Cuando el proceso de finish concluye las piezas son sometidas a un control de calidad para luego ser reenviadas al doctor que había completado la orden de trabajo.



**Figura 11. Pieza hecha de Bruxzir finalizada**

Fuente: <http://www.smithsterling.com/images/services/bruxzir@2.png>

## 9. PRODUCTOS

### Corona BruxZir

BruxZir Solid Zirconia (Zirconio Solido) es una corona monolítica, puente, corona de implante atornillado, incrustaciones sin recubrimiento de porcelana. En la actualidad, las restauraciones BruxZir exhiben una translucencia y color más naturales, hecho que las convierte en una opción viable para la restauración de piezas dentales anteriores.

Diseñado y fresado con tecnología CAD/CAM, BruxZir Solid Zirconia se sinteriza durante 2.5 horas a 1.580 °C para alcanzar la resistencia óptima. Las coronas y puentes de BruxZir Solid Zirconia cuentan con el respaldo de reemplazo sin costo alguno por siete años de Glidewell Laboratories.

### Implantes

Como parte de los servicios de implantes que presta Laboratorios Dentales Smith-Sterling, ofrecemos los pilares para implantes personalizados Inclusive. Disponemos de opciones de titanio y zirconio con base de titanio para responder a las necesidades individuales de sus pacientes. Los pilares para implantes Inclusive se pueden fresar de forma precisa mediante la tecnología CAD/CAM.

### Obsidian PTM

Las restauraciones de cerámica de silicato de litio de Obsidiana son PFM's (coronas de Porcelana Fusionado a Metal) de vanguardia. Son 5 veces más fuertes y consiguen más de 2 veces más resistencia a los chips que sus predecesores. Estas restauraciones de apariencia natural resistentes a virutas son ideales para áreas donde las restauraciones monolíticas están contraindicadas.

### IPS e.max

IPS e.max es una alternativa accesible y sin metal a las unidades de metal porcelana. Su estructura única de disilicato de litio aporta mayor resistencia (360 MPa) a las coronas individuales tanto anteriores como posteriores.

## **B. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto a realizar es una actualización de la gestión del mantenimiento, la necesidad de hacerla radica en la iniciativa de la empresa de cumplir con los estándares y adquirir la certificación de la norma ISO 9001. Dentro de dicha norma existe el apartado "6.3 Infraestructuras" donde se estipula que la empresa deberá determinar, suministrar y mantener las infraestructuras necesarias para lograr la conformidad con los requisitos del producto, incluyendo:

- Edificios, espacio de trabajo y servicios asociados.
- Equipos para los procesos (hardware y software).
- Servicios de apoyo (tales como transporte, comunicación o sistemas de información). (ISO,2008)

Esa sección de la norma influye en el departamento, pues establece la necesidad de dar mantenimiento adecuado a los equipos, tanto los que están involucrados en el proceso de producción como a los que brindan servicios o de facilidades, además de que se debe tener y actualizar los sistemas de información, software y hardware necesarios para que el departamento funcione eficientemente y la calidad del producto no se vea afectada.

Cabe destacar que el ente encargado de dicha certificación en el país es INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica), como primer paso para la concesión del certificado establece la recepción de documentación del sistema de calidad implantado, lo cual quiere decir que mantenimiento debe documentar pruebas del cumplimiento de su función dentro de dicho sistema.

Actualmente, el departamento solo aplica mantenimiento correctivo a pesar de que cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, el ingeniero a cargo decidió dejar de ejecutarlo debido a que está desactualizado, una parte del equipo que contempla ya no se utiliza y además no se cuenta con la cantidad de personal necesario para ejecutar las tareas propuestas de los equipos restantes, el departamento cuenta con un ingeniero y 4 técnicos. Además, se cuenta con una base de datos, creada en el programa Access, dicha base de datos por el momento cuenta con los equipos presentes en la empresa, debidamente codificados y con el historial de órdenes de trabajo para las reparaciones de estos, sin ninguna otra información adicional.

A partir de lo expuesto anteriormente, la actualización de la gestión del mantenimiento propuesta consistiría, entre otras cosas, en el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo, además de que se cumpliría un requisito de la normativa ISO, se alcanzaría la disponibilidad del 90% deseado por la empresa y se extendería la vida útil de los equipos. Para empezar se realizaría un análisis de criticidad, esto con el fin de determinar en qué equipos es rentable aplicar este tipo de mantenimiento y en que equipos es mejor seguir con el mantenimiento correctivo.

Este plan de mantenimiento se centrará en el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), para realizarlo se utilizarán las normas JA1011, JA1012 y se coordinará con el departamento de producción la programación de dichas actividades. Lo que no se puede medir no se puede gestionar, bajo esta consigna un departamento de mantenimiento que no identifique o proponga índices para medir su desempeño no va a cumplir con su función de buscar una mejora continua para dar el mejor servicio posible al cliente, debido a esto se propone el diseño y la implementación de un sistema de índices, estos índices deben brindar información valiosa, ser sencillos de obtener y sencillos de interpretar, para establecer estos índices se utilizará la metodología del Balance Scorecard. También se podría tener apoyo de la norma VDI-2893 y de la norma UNE-EN 15341.

Además, se plantea la expansión de las funciones de la base de datos con la que cuenta el departamento, como se mencionó actualmente solo se utiliza para el historial de reparaciones, para la codificación e información general de los equipos. Se pretende agregar información a la orden de trabajo, como la hora de inicio, hora del final del trabajo, repuestos utilizados, se cambiará en este mismo documento del uso de cuadros de texto a cuadros combinados para mayor facilidad a la hora de introducir datos, también se pretende que los datos del sistema de índices se desarrolle en esta base y se puedan realizar gráficos para evaluar el progreso e identificar tendencias más fácilmente.

Además, agregar la opción de hacer consultas e informes sobre información relevante como costos mensuales o anuales, número de reparaciones de una máquina, cantidad de órdenes de trabajo generadas en un intervalo de tiempo, entre otros. Todas estas modificaciones se harán en busca de dar al departamento una herramienta tecnológica más completa, que disminuya los tiempos de demora administrativos y que les permita conocer el rendimiento o calidad de servicio que se ofrece. Por último es importante contar con el personal suficiente y adecuado que se encargue de ejecutar las labores programadas y no programadas que existan en la empresa, de no ser así se podría caer en la mala práctica de dejar de lado el mantenimiento preventivo por cumplir con los trabajos que surgen en el día, con el fin de evitar que esta situación se repita y también por requerimiento del encargado de mantenimiento se realizará un estudio de manpower en el departamento.

## **C. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1. Objetivo General**

- Actualizar la gestión de mantenimiento de modo que permita al Departamento de Mantenimiento cumplir con los estándares de las normas ISO 9001.

### **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar las tareas de mantenimiento preventivas necesarias, mediante la técnica de RCM, que permitan cumplir con lo estipulado en la norma ISO, en los equipos seleccionados según un análisis de criticidad.
- Establecer el índice de Tiempo Medio para Reparación (MTTR) mediante la implementación de una base de datos.
- Determinar los indicadores de mantenimiento que le permitan al departamento evaluar el impacto de su gestión mediante la metodología del Balanced Scorecard.
- Determinar la cantidad de mano de obra requerida a través de un análisis de manpower.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **A. ISO**

ISO (*International Organization for Standardization*) es una organización internacional independiente y no gubernamental que a través de sus miembros, reúne a expertos para compartir conocimientos y desarrollar estándares internacionales voluntarios, basados en el consenso y relevantes para el mercado que apoyan la innovación y proporcionan soluciones a los retos globales. ISO se deriva del griego *isos*, que significa igual.

ISO ha publicado 21571 Normas Internacionales y documentos relacionados, que abarcan casi todas las industrias, desde la tecnología hasta la seguridad alimentaria, la agricultura y la sanidad. Estos estándares ofrecen especificaciones de clase mundial para productos, servicios y sistemas, para garantizar la calidad, la seguridad y la eficiencia. Los reguladores y los gobiernos cuentan con normas ISO para ayudar a desarrollar una mejor regulación, sabiendo que tienen una base sólida gracias a la participación de expertos de nivel mundial.

Actualmente cuenta con miembros de 162 países y 3922 cuerpos técnicos para cuidar el desarrollo de estándares. Más de 135 personas trabajan a tiempo completo para la Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza.

La historia de la ISO empezó en 1946, cuando delegados de 25 países se reunieron en el Instituto de Ingenieros Civiles de Londres y decidieron crear una nueva organización internacional para facilitar la coordinación internacional y la unificación de los estándares industriales.

El 23 de febrero de 1947, la nueva organización, ISO, comenzó oficialmente sus operaciones con la idea de responder a una pregunta fundamental: "¿cuál es la mejor manera de hacer esto?"

El proceso de creación de las normas comienza cuando los expertos forman un comité técnico que es responsable de un tema específico, una vez conformado se empieza el desarrollo de un proyecto que satisface una necesidad específica del mercado. Esto se comparte para comentar y discutir más.

El proceso de votación es la clave del consenso. Si eso se logra entonces el proyecto está en camino de convertirse en un estándar ISO. Si no se llega a un acuerdo, el borrador se modificará y se votará nuevamente. Desde la primera propuesta hasta la publicación final, el desarrollo de un estándar suele tardar unos 3 años.

Los principales principios que son aplicados a la hora de crear una norma son los siguientes:

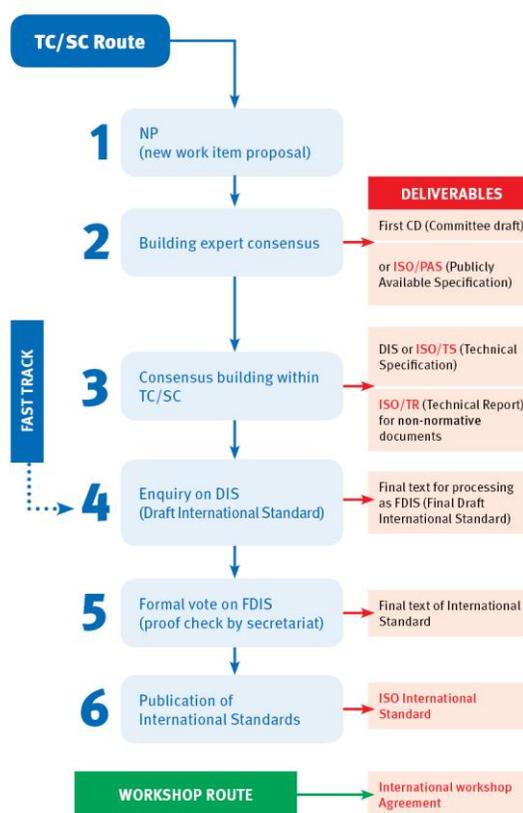
**1. Las normas ISO responden a una necesidad en el mercado:** La ISO no decide cuándo desarrollar una nueva norma, sino que responde a una solicitud de la industria u otras partes interesadas, tales como grupos de consumidores. Normalmente, un sector o grupo de la industria comunica la necesidad de un estándar a su miembro nacional que luego contacta con ISO.

**2. Las normas ISO se basan en la opinión de expertos mundiales:** Las normas ISO son desarrolladas por grupos de expertos de todo el mundo, que forman parte de grupos más grandes llamados comités técnicos. Estos expertos negocian todos los aspectos de la norma, incluyendo su alcance, definiciones clave y contenido.

3. **Las normas ISO se desarrollan a través de un proceso de múltiples partes interesadas:** Los comités técnicos están formados por expertos de la industria pertinente, pero también de asociaciones de consumidores, académicos, ONG y el gobierno.

4. **Las normas ISO se basan en un consenso:** El desarrollo de las normas ISO es un enfoque basado en el consenso y se tienen en cuenta los comentarios de todas las partes interesadas.

El diagrama de flujo a continuación detalla las principales etapas del proceso.



**Figura 12. Diagrama de flujo establecimiento normas ISO**

Fuente: <https://www.iso.org/developing-standards.html>

## **1. ISO 9000**

La familia ISO 9000 aborda diversos aspectos de la gestión de la calidad y contiene algunos de los estándares más conocidos de ISO. Las normas proporcionan orientación y herramientas para las empresas y organizaciones que quieren asegurarse de que sus productos y servicios cumplan constantemente con los requisitos del cliente y que la calidad se mejore constantemente.

## **2. ISO 9001:2015**

ISO 9001: 2015 establece los criterios para un sistema de gestión de calidad y es el único estándar en la familia que puede ser certificado (aunque esto no es un requisito). Puede ser utilizado por cualquier organización, grande o pequeña, independientemente de su campo de actividad. De hecho, hay más de un millón de empresas y organizaciones en más de 170 países certificados ISO 9001.

Esta norma se basa en una serie de principios de gestión de la calidad que incluyen un fuerte enfoque en el cliente, la motivación y la implicación de la alta dirección, el enfoque de proceso y la mejora continua.

## **3. CERTIFICACIÓN ISO 9001:2015**

El proceso se inicia tras la recepción de una solicitud que se remite a las empresas interesadas. Dicho proceso consta de una serie de fases que culminan en la concesión del Certificado. Pueden resumirse así:

**Análisis de la documentación:** La documentación de carácter general del sistema de la calidad de la empresa es sometida a un análisis por parte de los auditores, reflejando en un informe las observaciones detectadas. Esta fase puede realizarse en la empresa o en las oficinas de INTECO, según decisión del solicitante.

**Visita previa (opcional):** Los objetivos de la visita por parte de los auditores son:

- Comprobar el grado de implementación y adecuación del sistema de la empresa.
- Coordinar el plan de auditoría inicial.
- Aclarar cuantas dudas le puedan surgir sobre el proceso de certificación.

**Auditoría inicial:** El equipo auditor evalúa el sistema conforme a los requisitos de la norma aplicable. Las no conformidades encontradas se reflejan en un informe que será comentado y entregado a la empresa, en la reunión final de auditoría.

**Plan de acciones correctivas:** La empresa dispone de un plazo de tiempo establecido para presentar a INTECO un plan de acciones correctivas dirigido a subsanar las no conformidades encontradas en la auditoría.

**Concesión:** Los servicios de INTECO evalúan el informe de auditoría y el plan de acciones correctivas, procediendo en su caso, a la concesión del Certificado de INTECO de Registro de Empresa.

## **B. MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El mantenimiento preventivo es una parte esencial de las labores que la norma ISO 9001 referencia para cumplir con un sistema de gestión de calidad apropiado para los estándares mundiales, por lo que se presentará información general de éste.

Según Grupo Electrotecnia “Es un mantenimiento basado en inspecciones regulares a las máquinas, de forma planificada, programada y controlada, con el fin de anticipar desgastes y fallas funcionales. Consiste en prevenir o corregir el deterioro sufrido en un equipo, por variables como el uso normal, el clima, o fallas de algún accesorio que no repercuta en la función principal, en tanto las actividades se ejecutan previendo que el equipo presente fallas mayores.”

Otra definición que se le puede dar a este tipo de mantenimiento es “pretende disminuir la frecuencia de las paradas no programadas aprovechando el momento más oportuno, tanto para producción como para mantenimiento. Se realiza a espacios de tiempo, horas, ciclos, etc. Regulares bien definidos y sin importar el estado del ítem a mantener. Normalmente con el equipo o instalación fuera de servicio y sustituyendo o reparando cíclicamente los componentes” (Pistarelli, 2010)

El mantenimiento preventivo tuvo sus orígenes en los años cincuentas, debido a la creciente demanda global de bienes de consumo, la producción industrial se volvió más crítica por lo que el paro de algún equipo se convertía en una pérdida económica considerable. A partir de la necesidad de producir en todo momento y de la desaparición de los tiempos muertos donde se podía dar mantenimiento a la máquina, se empezó a desarrollar la idea de prevenir fallas y se comenzaron a identificar comportamientos previsibles, en cuanto a la duración o vida útil, en ciertos componentes.

Estas ideas dieron como resultado el mantenimiento preventivo de recambio o restauración, que fue largamente difundido en los años sesentas, como la estrategia para mantener la confiabilidad y disponibilidad más aceptada.

Dentro de los objetivos que el autor (Pistarelli, 2010) menciona para este tipo de mantenimiento se encuentran:

- Aumentar la disponibilidad de los activos industriales a través de la disminución de las detenciones no programadas.
- Minimizar las averías imprevistas de los equipos.
- Mejorar el aprovechamiento de mano de obra por medio de la programación de tareas.
- Mejorar la calidad de productos y servicios.
- Disminuir el riesgo para el personal en las operaciones de producción y mantenimiento.
- Minimizar los gastos debido a reparaciones de emergencia.
- Disminuir el impacto ambiental por medio de una mejor planificación de tareas.

Aunque el mantenimiento planificado traiga muchos beneficios, también con lleva correr riesgos como:

- No aprovechar totalmente la vida útil de un activo.
- Se puede llegar a disminuir la disponibilidad de la maquina si la frecuencia de las intervenciones no es la adecuada.
- Si no se realiza un estudio técnico financiero anteriormente puede ser un mantenimiento muy costoso.
- Se requiere de personal calificado para que su ejecución sea efectiva.

Para poder implementar un programa de mantenimiento exitosamente se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos que menciona (Gómez,2015) en su presentación estrategias de mantenimiento

**1- Responsable del programa:** Debe ser una persona preparada tanto profesional como técnicamente, capaz de remarcar la importancia del plan de mantenimiento preventivo para el éxito de la empresa y calar esa idea tanto en la gerencia como en los mismos empleados.

**2- Acciones eficientes antes y después de la inspección:** El programa de mantenimiento debe considerar acciones antes y después del trabajo que vaya a realizarse, deben ser especificadas de la forma más clara y concisa posible para que sean ejecutadas de la mejor manera.

**3- Concepto de flexibilidad:** Se refiere a la disponibilidad de recursos económicos, técnicos y materiales para el desarrollo del plan de mantenimiento, esto debe tomarse en cuenta a la hora de planificar y establecer objetivos. Además se debe tener una buena comunicación con el departamento de producción para determinar las fechas en que el equipo estaría disponible.

**4- Aplicación del mantenimiento preventivo con criterio:** A partir del análisis técnico de los especialistas, debe evaluarse la decisión de sustituir o reparar (acción proactiva) considerando riesgos, costos de no producción y otras implicaciones para el departamento de mantenimiento y producción.

**5- Concepto de mentalidad preventiva:** Tiene mucho que ver con la cultura organizacional, las inspecciones deben realizarse a conciencia siguiendo las instrucciones del programa, de manera que se puedan obtener buenos resultados, esto implica capacitación, concientización de personal, en algunos casos la aplicación del MP, significa un cambio en la cultura del trabajo de las personas.

**6- Seguimiento del PMP-RCM:** su control y seguimiento, permiten retroalimentarlo y fortalecerlo para hacerlo mejor, más funcional y que tenga mayor impacto, esto le permite más credibilidad al departamento de mantenimiento y convicción por parte del personal

### **C. RCM**

“EL RCM es un método estructurado, deductivo y participativo que define la estrategia de mantenimiento más apropiada para cada equipo. Esta técnica establece cuando una tarea es posible desde el punto de vista técnico y cuando es económicamente viable para un horizonte de validez definido.” (Pistarelli,2010)

Otra forma de definir al RCM que se encuentra en la literatura es “mantenimiento centrado en la confiabilidad es un proceso usado para determinar que debe hacerse para asegurar que todo bien físico continúe funcionando como sus usuarios lo desean en el presente contexto operativo.” Ambas definiciones señalan puntos vitales del RCM, al ser este un proceso que requiere un profundo análisis que no solo ayuda a preservar la función de un equipo sino que conlleva un cambio cultural en la empresa, ya que se pasa de una mentalidad reactiva a una proactiva, donde no es preciso que las fallas sucedan para prevenirlas.

El mantenimiento centrado en confiabilidad surge como una adaptación a la industria, desde el ámbito aeronáutico. Durante la década de 1960 los operadores aéreos sumaron esfuerzos para reducir los costos en mantenimiento de las flotas pero principalmente, para reducir el riesgo de accidentes que, por entonces, era mayor que el actual. Esto motivó la creación de grupos de análisis y mejora conocidos como MSG (Grupo de Dirección del Mantenimiento) integrados por personal altamente, calificado (operadores, mantenedores y proveedores aeronáuticos). El resultado reveló una gran carga de mantenimiento preventivo, aunque sólo unos pocos componentes obedecían al patrón de fallas de la curva de bañera. (Pistarelli, 2010).

Sin embargo, los primeros antecedentes filosóficos datan de un documento publicado en 1978 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y escrito por F.S. Nowlan y H.F.Heap. A través de los años estas ideas innovadoras se fueron mejorando y adaptando a distintas aplicaciones hasta convertirse en lo que se conoce como RCM. Los resultados fueron tan alentadores que en este momento, se aplica con éxito en sectores tales como la industria nuclear, militar, petróleo, transporte, minería, manufactura, servicios, etc. (Pistarelli, 2010).

En lo que respecta al sector aeronáutico, el método culminó con el documento MSG-3 publicado en 1980 en Estados Unidos. Este documento es la base científica para establecer los programas de mantenimiento programado de los nuevos aviones comerciales.

Para llevar a cabo el RCM de manera correcta se necesita formar un grupo de análisis, para esto se recurre a las personas que más conocen la máquina. Éstos son operadores, técnicos, supervisores de producción y mantenimiento, lubricadores, proveedores, especialistas en seguridad e higiene, etc. La experiencia y conocimiento de los analistas es esencial para el éxito del proceso.

Este grupo no debe ser mayor a 7 personas, se deben buscar personas con conducta expeditiva y pensamiento profundo más que solamente las personas con mayor experiencia.

A continuación se presenta como se conforma el típico grupo de análisis:



**Figura 13. Grupo de trabajo RCM**

Fuente: Moubray, 1997

Algunos de los beneficios de aplicar el mantenimiento centrado en confiabilidad son:

- Establecer las rutinas de mantenimiento más efectivas para el activo buscando hacer exclusivamente lo necesario.
- Reducir el riesgo de accidentes a niveles tolerables y satisfacer normas, leyes y reglamentos referidos al cuidado del medio ambiente.
- Aumentar la disponibilidad y confiabilidad.
- Mejorar la calidad de los productos.
- Promover el trabajo en equipo y el espíritu participativo de los colaboradores.

## **1. NORMAS PARA LA APLICACIÓN DEL RCM.**

Dentro de la ISO 9001 existe el apartado “6.3 Infraestructuras” donde se estipula que “la empresa deberá determinar, suministrar y mantener las infraestructuras necesarias para lograr la conformidad con los requisitos del producto, incluyendo:

- Edificios, espacio de trabajo y servicios asociados.
- Equipos para los procesos (hardware y software).
- Servicios de apoyo (tales como transporte, comunicación o sistemas de información).”

Partiendo de ese enunciado se hace indispensable el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo para poder cumplir la norma a cabalidad. Al ser el mantenimiento centrado en confiabilidad una de las técnicas más reconocidas para lograr este objetivo, es la que se aplicará con los equipos previamente seleccionados con el análisis de criticidad.

## **2. NORMAS SAE JA 1011 Y SAE JA 1012**

Según (Pistarelli, 2010) “Un proceso sistemático de análisis y decisión puede llamarse RCM sólo si satisface las normas internacionales SAE JA1011 “*Evaluation Criteria for Realiability-Centered Maintenance (RCM) Processes*” y SAE JA 1012 “*A Guide to Realiability-Centered Maintenance (RCM)*.”

Tanto la norma SAE JA 1011 como la SAE JA 1012 fueron publicadas por la Sociedad Americana de Ingenieros, ambas surgieron de la necesidad internacional de normas que establecieran los criterios que se deben llevar a cabo para desarrollar correctamente un RCM. Fueron basadas en el libro de 1978, "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad" de Nowlan y Heap, el documento EE.UU. MIL-STD-2173 (Centrado en Confiabilidad requisitos de mantenimiento de aeronaves navales, sistemas de armas y equipo de apoyo) y su sucesor, EE.UU. Naval Air Systems Mando Manual de Gestión de 00-25-403 (Directrices para el proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Naval y de Aviación), y "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM 2)", de John Moubray.

La norma SAE JA 1011 "Criterios de evaluación para el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)" fue publicada en Agosto de 1999 y básicamente ofrece las pautas mínimas para que un proceso sea un RCM.

La norma SAE JA 1012 "Una Guía para el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)", fue publicada en Enero de 2002, su objetivo es amplificar y aclarar cada uno de los criterios clave listados en SAE JA1011, además resume problemas adicionales que deben ser abordados en orden de aplicar el RCM exitosamente.

#### **D. APLICACIÓN DEL RCM**

Bajo los criterios de estas normas, el RCM debe responder 7 preguntas en el orden presentado en la tabla a continuación:

**Tabla 1. Preguntas claves del RCM**

Pregunta	Descripción	Tópico/Paso
1	¿Cuáles son las funciones del sistema?	Funciones
2	¿De qué forma no se cumplen las funciones?	Fallas funcionales
3	¿Cuáles son las causas que provocan las fallas funcionales?	Modos de falla
4	¿Qué sucede cuando ocurre cada modo de falla?	Efecto de fallos
5	¿Qué consecuencias provoca cada modo de falla?	Consecuencia de los fallos
6	¿Qué se puede hacer para evitar, predecir o detectar cada modo de falla?	Acciones pro-activas
7	¿Cómo se debe proceder si no es posible evitar, predecir o detectar el modo de falla?	Acciones reactivas

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

La hoja de información utilizada es una pequeña modificación de la creada por el Ing. Jorge Valverde, quien fue profesor del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Seguidamente se detallará como responder a las preguntas fundamentales planteadas en la tabla anterior, con el objetivo de presentar lo más claro posible la información que se utilizará en la hoja de trabajo.

## 1. FUNCIONES

Una función según la SAE JA 1011 se define como “Lo que el propietario o usuario de un activo físico o sistema quiere que haga.” Su planteamiento debe constar de un verbo, un objeto y un nivel de desempeño deseado. Se debe tener en cuenta su contexto operacional a la hora de definir ese estándar requerido.

Todos los activos físicos cuentan con más de una función, por lo que se pueden encontrar:

- **Funciones primarias:** Son la razón por la que se adquirió el activo, generalmente son las más sencillas de reconocer, se definen con parámetros como volumen producido, velocidad, calidad del producto y servicio al cliente.
- **Funciones secundarias:** Se refieren a funciones menos evidentes como control, seguridad, ambiente, apariencia, capacidad de contención, información, apariencia, eficiencia integridad, entre otros. A pesar de ser menos obvias son muy importantes debido a que la pérdida de alguna de estas funciones puede traer consecuencias serias.

Para completar la información en la hoja creada por el Ing. Jorge Valverde se debe escribir en la primera columna el número de función del sistema y en la segunda la descripción de ésta, normalmente se empieza por la función primaria.

FUNCIONES	
1	

**Figura 14. Llenado de formato de funciones**

Fuente: Formato Ing. Jorge Valverde

## 2. FALLAS FUNCIONALES

Una falla, Moubray, la define como la incapacidad de un bien para cumplir una función a un nivel de desempeño aceptable por el usuario. Se pueden identificar diferentes tipos de falla, como lo son fallas totales y parciales. La primera se refiere a los casos cuando el equipo pierde su funcionamiento completamente, mientras que la otra se refiere a las situaciones donde el equipo trabaja fuera de los límites esperados por el usuario. Se recomienda no utilizar la falla del activo como un todo, sino especificar la falla en término de la función que se perdió.

Para llenar la hoja de información se debe escribir una codificación alfabética en la primera columna y una descripción de la falla, según la función, en la segunda columna como se muestra en la figura.

FUNCIONES		FALLAS FUNCIONALES	
1		A	

**Figura 15. Llenado de formato de las fallas funcionales**

Fuente: Formato Ing. Jorge Valverde

### 3. MODOS DE FALLA

Un modo de falla es un evento que puede ocurrir en un componente y provocar una falla funcional en el equipo al que pertenece. Es importante mencionar que una falla funcional puede ser causada por varios modos de falla y un modo de falla puede causar varias fallas funcionales. Al menos, la descripción de un modo de falla debe consistir de un sustantivo y un verbo.

En cuanto a los verbos usados para describir modos de falla, la norma SAE JA 1012 recomienda que “deben ser escogidos con cuidado, porque estos influyen fuertemente en la subsecuente selección de la política de administración de fallas. Por ejemplo, verbos como “falla”, “se rompe” o “funciona mal” deben ser usados escasamente, porque estos dan poca o ninguna indicación de lo que podría ser una forma adecuada de manejar los modos de falla. El uso de verbos más específicos hace posible seleccionar de un rango completo de opciones de manejo”.

No se deben tomar en cuenta solo las causas físicas, se debe listar todas las probables causas que provocarían una falla, incluyendo errores humanos, de diseño o los problemas administrativos. También hay que incluir en el análisis las fallas que han ocurrido en el pasado y las que están siendo evitadas por cualquier tipo de mantenimiento.

Cuando se llene la hoja de información de RCM se debe indicar la subparte donde ocurriría la falla, además se utilizará una codificación numérica para cada modo de falla, una clasificación que se presenta en la tabla, una descripción según lo descrito anteriormente y la causa raíz que lo provocó. El posicionamiento de cada ítem descrito se puede observar en la figura.

FUNCIONES		FALLAS FUNCIONALES		SUBPARTE	MODOS DE FALLA		CAUSAS
1		A			1		

**Figura 16. Llenado de formato de modo de falla y causas**

Fuente: Formato Ing. Jorge Valverde

**Tabla 2. Tipos de modos de falla**

Nomenclatura	Tipo de falla	Definición
I	Interna	El modo de falla ocurre dentro de los límites del sistema en análisis.
E	Externa	El modo de falla ocurre fuera de los límites del sistema en análisis.

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

#### 4. EFECTOS DE FALLA

Los efectos de falla describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla. La descripción de los efectos de falla incluye la información necesaria para ayudar a la evaluación de las consecuencias de las fallas. (Moubray, 1997).

La norma SAE JA 1012, sugiere que los efectos de falla deben incluir toda la información requerida para respaldar la evaluación de las fallas que ocurran, por ejemplo:

- **La evidencia (si la hubiera) de que se ha producido una falla:** debe describir si hay alguna evidencia de que el modo de falla bajo consideración ha ocurrido por sí mismo y que forma toma la evidencia. También debe describir si el modo de falla está acompañado (o precedido) por efectos físicos obvios como sonidos altos, fuego, humo, escape de vapor, olores inusuales, o charcos de líquidos en el suelo.

- **Las maneras (si las hubiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.**

- a. Riesgo aumentado de fuego o explosión
- b. Escape de químicos peligrosos
- c. Electrocutación
- d. Accidentes vehiculares o descarrilamientos
- e. Ingreso de polvo dentro de alimentos o productos farmacéuticos
- f. Exposición a bordes afilados o maquinaria de movimiento

- **Las maneras (si las hubiera) en que afecta a la producción o a las operaciones.**

- Tiempo de inactividad
- Velocidad de operación
- Calidad
- Otros sistemas
- Costos operacionales totales

- **Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla.**

- **¿Qué debe de hacerse para reparar una falla?**

Cuando se va a completar la hoja de trabajo en la primera columna se escribe un número consecutivo, en el segundo el tipo de consecuencia de fallo, que se desarrollará en seguida y luego la descripción del efecto.

FUNCIONES		FALLAS FUNCIONALES		SUBPARTE	MODOS DE FALLA		CAUSAS	EFECTOS	
1		A			1			1	3

**Figura 17. Formato de llenado hoja RCM**

Fuente: Formato Ing. Jorge Valverde

## 5. CONSECUENCIA DE FALLA

Hacer una evaluación de las consecuencias de la falla es un punto importante en el proceso de RCM, más aún que describir las características técnicas que la provocaron, debido a que si algunos de estos modos de falla no son anticipados o prevenidos afecta a la organización, porque repararlos consume recursos que se pueden usar en algún otro lugar.

Algunos modos de falla afectan la salida, calidad de producto o servicio al cliente. Otros amenazan la seguridad o el ambiente. Algunos incrementan los costos operacionales, por ejemplo incrementando el consumo de energía, mientras que unos pocos tienen un impacto en cuatro, cinco o seis de todas estas áreas. Otros pueden parecer no tener efectos del todo si ocurren por sí mismos, pero pueden exponer a la organización al riesgo de modos de falla mucho más serios.

En la siguiente tabla se presenta la información con la que se debe llenar la columna correspondiente a la consecuencia

<b>Tipos de efecto</b>	
1	La seguridad de las personas
2	El medio ambiente
3	La eficiencia de la producción
4	Las pérdidas del producto
5	La calidad del producto
6	La propia máquina

**Figura 18. Tipos de efectos de las fallas funcionales**

Fuente: Formato Ing. Jorge Valverde

## 6. ACCIONES PROACTIVAS

Los planes de mantenimiento están constituidos por acciones del tipo Proactivas. Tienen como objetivo impedir que se manifiesten los modos de falla, que no ocurran tan a menudo o minimizar sus consecuencias. Las áreas de mantenimiento manejan modos de falla tanto durante acciones Reactivas como Proactivas. Sin lugar a dudas, gestionar un evento (modo de falla) antes que suceda, significa llevar acciones proactivas. (Pistarelli, 2010)

El RCM divide en tres categorías las tareas proactivas.

- Tareas de reacondicionamiento cíclicas
- Tareas de sustitución cíclicas. (Mantenimiento Preventivo)
- Tareas a condición. (Mantenimiento Predictivo)

Los tipos de acciones proactivas que se registran en la hoja de trabajo RCM se presentan a continuación:

<b>Tipos de acción proactiva</b>	
0	Se definirá posteriormente
1	Inspección de mantenimiento predictivo
2	Inspección de mantenimiento preventivo
3	Procedimiento de operación
4	Trabajo de rediseño
5	Dejar fallar. Trabajo de mantenimiento correcto.

**Figura 19. Tipos de acción proactiva**

Fuente: Formato Ing. Jorge Valverde

Cuando se va a completar la hoja de trabajo de RCM, en la primera columna se escribe una numeración alfanumérica, en la segunda columna se designa para el número de la categoría de la acción proactiva y la tercera se designa para la descripción de la acción a tomar.

### **E. BALANCED SCORECARD**

Hoy en día, en un mundo altamente competitivo, donde se tiene una gran presión por mejorar continuamente para generar valor a la empresa e incrementar la rentabilidad de las operaciones, hay una búsqueda que se centra en una herramienta que facilite una transición hacia un manejo más estratégico, orientada a la visión de la empresa, con amplia participación del personal y que relacione las perspectivas del cliente, la excelencia en los procesos con los resultados financieros. El Balanced Score Card responde a esas exigencias.

## 1. **HISTORIA DEL BALANCED SCORE CARD**

El Balanced Scorecard fue desarrollado por Robert Kaplan, un profesor de contabilidad en la Universidad de Harvard y David Norton, un consultor también del área de Boston. En 1990, Kaplan y Norton dirigieron un estudio de investigación de una docena de empresas que exploraban nuevos métodos de medición del desempeño. El motivo del estudio era una creencia creciente de que las medidas financieras de funcionamiento eran ineficaces para la empresa comercial moderna. Las compañías involucradas, junto con Kaplan y Norton, estaban convencidas de que la dependencia de las medidas financieras de rendimiento estaba afectando su capacidad de crear valor.

El grupo discutió una serie de posibles alternativas, pero se basó en la idea de un Scorecard con medidas de desempeño capturando las actividades de toda la organización, los clientes, los procesos internos de negocio, las actividades de los empleados y, por supuesto, las preocupaciones de los accionistas. La nueva herramienta fue nombrada como el Balanced Scorecard y fue publicada en varios artículos del Harvard Business Review.

Durante los próximos cuatro años varias organizaciones adoptaron el Balanced Scorecard y lograron resultados inmediatos. Kaplan y Norton descubrieron que estas organizaciones no sólo estaban utilizando el Scorecard para complementar las medidas financieras, sino que también estaban comunicando sus estrategias a través de las medidas que seleccionaron para su Balanced Scorecard. A medida que el Scorecard ganó prominencia con organizaciones de todo el mundo como una herramienta clave en la implementación de la estrategia, Kaplan y Norton resumieron el concepto y el aprendizaje hasta ese punto en su libro de 1996, *The Balanced Scorecard*.

## 2. ESTRUCTURA DEL BALANCED SCORECARD

El Cuadro de Mando Integral (Balanced Scorecard) consiste en traducir la estrategia en cuatro perspectivas: Cliente, Negocio Interno, Innovación y Aprendizaje y Perspectiva Financiera, sustentadas cada una de ellas en un set de objetivos, indicadores de gestión, metas e iniciativas interactivamente conectadas en una relación causa efecto. Esto quiere decir que es una herramienta de comunicación, que traduce la estrategia organizacional, la cual solo el 5% de los trabajadores entiende y aplica según Paul Niven en su libro *Balanced Scorecard Step by Step*, en un conjunto de acciones más simples de comprender. Esas acciones pueden ser planteadas en objetivos en cada una de las perspectivas del BSC y los indicadores son una forma de comprobar que tan cerca se está de cumplirlos.

Dentro de los beneficios más destacables de esta aplicación es la reorientación del enfoque gerencial, vinculando las estrategias de corto plazo con las de largo plazo, mediante la integración de los siguientes cuatro procesos:

- Visión compartida.
- Comunicación y enlace.
- Elaboración del plan de negocios.
- Retroalimentación y aprendizaje.

Kaplan y Norton al desarrollar el Cuadro de Mando Integral propusieron utilizar cuatro perspectivas básicas de proceso, son las que comúnmente se utilizan al tratar de implementar esta aplicación pero se pueden configurar si la empresa así lo requiere. Para plantear cuales son las adecuadas se requiere un profundo análisis de la estrategia, misión y visión. Los enfoques primarios se presentan a continuación:

- **Perspectiva Financiera:** Es la perspectiva utilizada más regularmente, los objetivos e indicadores seleccionados en este aspecto deben responder si la estrategia ejecutada hasta el momento está improvisando los resultados. Esto quiere decir que indica si los objetivos e indicadores de las otras perspectivas están añadiendo un valor agregado a la compañía.

La pregunta que debería responder sería la siguiente. “Qué esperan de nosotros los accionistas”

Esta perspectiva utiliza mayoritariamente indicadores de retraso, es decir indicadores que determinan el grado de cumplimiento de un objetivo, respondiendo a parámetros financieros como: rentabilidad, retorno sobre la inversión, crecimiento de ganancias y aprovechamiento de activos.

- **Perspectiva al cliente:** Esta perspectiva es la que permite en un mayor porcentaje cumplir con la perspectiva financiera, si se evidencia un mal rendimiento o algún problema es un indicativo de problemas económicos en un futuro. Se basa en la proposición de valor diferencial que consta de tres partes, pero solo se enfoca en una:

- Excelencia Operacional: Son las empresas que se enfocan en ofrecer precios bajos.
- Liderazgo de producto: Son las empresas que se enfocan en ofrecer el mejor producto del mercado, sin importar nada más.
- Intimidad con el consumidor: Son las empresas que se enfocan en establecer una relación a largo plazo con los clientes, no en realizar una sola transacción espontánea.

Abarca indicadores ya conocidos, como lo son: satisfacción del cliente, lealtad del cliente, poder de adquisición del mercado al que se apunta y competencia en el mercado.

Las preguntas claves de esta perspectiva, que busca alinear la empresa con sus consumidores, serían las siguientes:

¿A quiénes va dirigido nuestro producto? ¿Qué esperan o demandan los clientes de nuestro producto? ¿Cuál es el valor agregado que resalta nuestro producto para los clientes?

- **Perspectiva de procesos internos de negocios:** En esta perspectiva se plantean los objetivos e indicadores asociados a los procesos clave de la organización o empresa, de estos dependerá el éxito en la búsqueda por añadir valor para los clientes y para los accionistas.

Usualmente, estos procesos internos claves se tienen que identificar y se deben escoger los objetivos e indicadores que reflejen de la mejor manera posible el progreso. Es recomendable no intentar mejorar el rendimiento de actividades predeterminadas antes de esta análisis, sino descubrirlas en el desarrollo del Balanced Scorecard.

Las cuestiones claves de esta perspectiva serían: ¿En qué procesos de la cadena de valor se quiere destacar? ¿Qué objetivos se derivan de los procesos desarrollados por la empresa y que son necesarios para cumplir los objetivos económicos y con los clientes?

Algunos de los procesos representados son: Desarrollo de productos, producción, manufactura, entregas de productos y apoyo al cliente luego de su compra.

- **Perspectiva de aprendizaje y crecimiento:** Esta perspectiva se enfoca en objetivos e indicadores que nos dan una clara señal si el resto de perspectivas se van a cumplir. Estos son la base en la que se desarrolla el Cuadro de Mando Integral, normalmente luego de implementar los demás énfasis, se encuentra una brecha en lo que se tiene y lo que se requiere para lograr el éxito, en competencias como: las habilidades o conocimientos del personal, el uso de la tecnología como instrumento generador de valor, disponibilidad de información estratégica que asegure la oportuna toma de decisiones y la creación de un ambiente laboral capaz de facilitar o mantener el nivel de éxito esperado.

En muchas organizaciones se tiene la creencia de que esta perspectiva es la menos importante, la que debe desarrollar el departamento de recursos humanos, pero si se toma de esa manera todo el sistema de índices y por lo tanto el Balanced Scorecard puede fallar y no cumplir su objetivo.

Las preguntas esta perspectiva serían: ¿Qué objetivos deben establecerse con respecto a las capacidades potenciales de la empresa para hacer frente a los retos actuales y futuros? ¿Con qué recursos estratégicos se cuenta? ¿Se puede seguir mejorando y creando valor?

### 3. **METODOLOGÍA**

Como se ha expuesto el Balanced Scorecard busca la mejora continua del departamento de mantenimiento, implementando una cultura de análisis de resultados y evaluación de procesos. En general se busca una gestión equilibrada entre los activos tangibles y los intangibles, al estar mantenimiento continuamente en contacto con los activos físicos se convierte en un protagonista del éxito del negocio y por lo tanto del sistema de indicadores.

El objetivo de implantar el Cuadro de Mando Integral en el departamento es contar con una representación gráfica de su gestión, que permita tomar acciones concretas para impactar positivamente las metas corporativas.

Los pasos que se siguieron para plantear el sistema de índices del departamento de mantenimiento fue el siguiente:

- Se buscó la misión y visión del departamento con el objetivo de determinar los objetivos estratégicos.
- Se llevó a cabo un análisis FODA, con el fin de develar puntos fuertes y puntos a mejorar del departamento.
- Se crearon los objetivos estratégicos, estos se debieron alinear con los objetivos y estrategias de la empresa en cada una de las perspectivas, se involucró a los empleados de mantenimiento en este punto para crear un compromiso.
- Se identificaron los indicadores necesarios para cumplir con los objetivos estratégicos, además se establecieron metas y niveles de rendimiento.
- Finalmente se realizó un prototipo de Balanced Scorecard, este se colocará en la pizarra de información del departamento.

## F. FODA

Un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es aplicable a cualquier tipo de negocio y favorece el desarrollo de una planeación formal, ya que es basado en la situación real de la empresa, no en supuestos, por lo que incrementa las posibilidades de éxito de un proyecto.

Las siglas que conforman el nombre FODA tienen el siguiente significado:

**Fortaleza:** Es algo en lo que la organización es competente, son aquellos elementos o factores que estando bajo su control, se mantiene un alto nivel de desempeño, generando ventajas o beneficios, con posibilidades atractivas en el futuro. Las fortalezas pueden ser aspectos como: recursos humanos maduros, capaces y experimentados, habilidades y destrezas importantes para hacer algo, activos físicos valiosos, finanzas sanas, sistemas de trabajo eficientes, costos bajos, productos y servicios competitivos, imagen institucional reconocida, convenios y asociaciones estratégicas con otras empresas, etc.

**Debilidad:** Significa una deficiencia o carencia, algo en lo que la organización que presenta bajos niveles de desempeño y por tanto es vulnerable, denota una desventaja ante la competencia, con posibilidades pesimistas o poco atractivas para el futuro. Constituye un obstáculo para alcanzar los objetivos, aun cuando está bajo el control de la organización. Al igual que las fortalezas éstas pueden manifestarse a través de sus recursos, habilidades, tecnología, organización, productos, imagen, etc.

Las oportunidades y amenazas son variables externas que constituyen los límites determinados por el sector productivo a que pertenece una entidad, y el entorno general que define el ambiente competitivo.

**Oportunidades:** Son aquellas circunstancias del entorno que son potencialmente favorables para la organización y pueden ser cambios o tendencias que se detectan y que pueden ser utilizados ventajosamente para alcanzar o superar los objetivos. Las oportunidades pueden presentarse en cualquier ámbito, como el político, económico, social, tecnológico, etc., dependiendo de la naturaleza de la organización, pero en general, se relacionan principalmente con el aspecto mercado de una empresa. El reconocimiento de oportunidades es un reto para los administradores debido a que no se puede crear ni adaptar una estrategia sin primero identificar y evaluar el potencial de crecimiento y utilidades de cada una de las oportunidades prometedoras o potencialmente importantes.

**Amenazas:** Son factores del entorno que resultan en circunstancias adversas que ponen en riesgo el alcanzar los objetivos establecidos, pueden ser cambios o tendencias que se presentan repentinamente o de manera paulatina, las cuales crean una condición de incertidumbre e inestabilidad en donde la empresa tiene muy poca o nula influencia, las amenazas también, pueden aparecer en cualquier sector como en la tecnología, competencia agresiva, productos nuevos más baratos, restricciones gubernamentales, impuestos, inflación, etc. La responsabilidad de los administradores con respecto a las amenazas, está en reconocer de manera oportuna aquellas situaciones que signifiquen riesgo para la rentabilidad y la posición futura de la organización.

## **G. CRITICIDAD**

Un análisis de criticidad es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Este tipo de análisis se recomienda cuando se requiere fijar prioridades en sistemas complejos, administrar recursos escasos, crear valor, determinar impacto en el negocio y aplicar metodologías de Confiabilidad Operacional.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se calcula generalmente de la siguiente manera:

$$\textit{Criticidad} = \textit{Consecuencia} * \textit{Probabilidad de Ocurencia}$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y la consecuencia está referida con el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. Algunos de los criterios más utilizados para evaluar la criticidad se encuentran:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costos
- Frecuencia de falla
- Tiempo promedio para reparar

Para realizar un estudio de criticidad de forma adecuada se debe definir un alcance y un propósito para lo que se está realizando, establecer criterios de importancia entre los que pueden ser tomados en cuenta los mencionados anteriormente y por último seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de sistemas objetos del análisis.

### III. ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN MANTENIMIENTO

Un análisis de criticidad permite generar una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total de un conjunto analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, media criticidad y baja criticidad.

Una vez que estas zonas son identificadas es mucho más fácil diseñar una estrategia para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, la programación y ejecución de órdenes de trabajo, tomando en cuenta mayoritariamente los elementos que forman parte de la zona de alta criticidad, que es donde se ubica la mejor oportunidad de agregar valor y aumentar la rentabilidad del negocio.

En la tabla 3, se muestran los criterios de evaluación, utilizados para este análisis de criticidad.

El modelo de la encuesta realizada para el análisis se muestra en el apéndice 1.

La ecuación utilizada para el cálculo de criticidad fue la siguiente:

$$(Flex\ Oper + TPPR + Imp\ produ + Costo\ repa + Imp\ segu + Imp\ amb) * Frec. Fa$$

Fuente: (Amendola, 2010)

Donde:

Flex Oper = Flexibilidad operativa.  
TPPR= Tiempo Promedio para reparar.  
Imp produ= Impacto en la producción.  
Costo repa= Costos de reparación.  
Imp segu= Impacto en la seguridad laboral.  
Imp amb= Impacto ambiental.  
Frec Fa= Frecuencia de falla.

**Tabla 3. Criterios de evaluación de criticidad**

	Departamento de mantenimiento Análisis de los equipos Tabla de valores de criticidad
<b>Guía de Criticidad</b>	
<b>Frecuencia de falla</b>	<b>Puntaje</b>
No más de una al año	1
Entre 2 y 20	2
Entre 20 y 52	3
Más de 52 (Mayor a un paro por semana)	4
<b>Flexibilidad operacional</b>	<b>Puntaje</b>
No existe un equipo que cumpla con la misma función/ Sin equipo redundante	4
Existe un equipo que cumple parcialmente con la función/ Redundancia parcial	2
Existen equipos que cumplen con la función a cabalidad/ Redundancia total	1
<b>Tiempo promedio para reparar (TPPR)</b>	<b>Puntaje</b>
Menos de 4 horas	1
Entre 4 y 12 horas	2
Entre 12 y 24 horas	3
Más de 24 horas	4
<b>Impacto en la producción (Por falla)</b>	<b>Puntaje</b>
No afecta	1
25 %	3
50%	5
75%	7
Afecta totalmente la producción	10
<b>Costo de reparación</b>	<b>Puntaje</b>
Menos de \$200	1
Entre \$200 y \$500	2
Entre \$500 y \$1000	3
Más de \$1000	4
<b>Impacto en la seguridad del personal (Lesiones, accidentes, fatalidades)</b>	<b>Puntaje</b>
No	0
Si	4
<b>Impacto ambiental</b>	<b>Puntaje</b>
No	0
Si	4

Fuente: Elaboración propia

## **IV. DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN RCM.**

Un programa de mantenimiento preventivo basado en RCM debe ser capaz de presentar una planificación completa de las inspecciones de mantenimiento necesarias para lograr que los equipos funcionen de la manera que sus usuarios quieren que lo haga. Además debe dar a conocer un listado de causas, consecuencias e ideas para la erradicación de fallas, expone carencias en la capacitación del personal y propone mejoras en el diseño de ser necesario.

Para aplicar la técnica de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, se pondrá en práctica la metodología propuesta por Ing. Jorge Valverde Vega, se utiliza como guía su folleto "Administración de Mantenimiento I".

### **A. SELECCIÓN DE EQUIPOS**

A petición del departamento de mantenimiento de la empresa Smith-Sterling, para la realización del plan de mantenimiento preventivo, se tomaron en cuenta tanto equipos de producción como equipos de facilidades. Esto debido a que el conglomerado Glidewell favorece la mentalidad de trabajar "in house", es decir minimizar el uso de servicios outsourcing y generar conocimiento y experiencia en los empleados directos de la compañía.

La selección de los equipos a contemplar en el estudio, se hace con base en un análisis de criticidad realizado a los equipos que presentaron fallas en el periodo comprendido de 01 de enero de 2016 al 31 de diciembre de 2016, este periodo se escoge debido a que es el más reciente y para el cual se tienen la mayor cantidad de órdenes de trabajo en la base de datos para realizar el estudio. Es importante mencionar que algunos de los equipos no cuentan con un archivo histórico, debido al uso inconstante que hasta el momento se le da a la base de datos, además que no existe un documento físico que respalde la orden de trabajo digital. Por este motivo, se tuvo que apelar a la opinión experta del Ing. Sergio Alfaro, él ha sido el encargado del departamento por más de tres años y cuenta con amplia experiencia en la industria.

El análisis de criticidad se basó en los procedimientos expuestos en el libro Gestión de proyectos y activos industriales y en el artículo Modelo de Criticidad Operacional en Generadores de Parques Eólicos de Luis José Amendola, se eligieron ambos debido a que plantean un modelo sencillo pero integral, que relaciona siete criterios diferentes que permiten asignar un puntaje de criticidad a cada equipo y poder identificar cuales tienen un mayor impacto en el proceso productivo. Aunque ambas fuentes presentan casos dirigidos a la industria de la energía, resaltan que los aspectos que se evalúan son los más comunes en el análisis de criticidad de cualquier sistema. La ecuación que relaciona dichos aspectos puede presentar distintas variantes dependiendo del énfasis que se requiera hacer en algunos de los criterios que se califican, pero siempre conserva la forma estándar que se muestra en la sección II-6-E, la elegida para este caso se puede encontrar en el capítulo anterior.

La metodología empleada para seleccionar los equipos, comienza a partir de la encuesta presentada en el capítulo anterior, en esta se asigna un puntaje de criticidad a cada equipo basado en distintos criterios como: frecuencia de falla, flexibilidad operacional, tiempo promedio para reparar (TPPR), impacto en la producción, impacto en seguridad, impacto ambiental y costo de reparación. En el caso de TPPR aunque no se tienen los datos concretos para su cálculo, se le solicitó al ingeniero a cargo y a los técnicos de la empresa rangos de tiempo de reparación, por lo que el valor presentado es aproximado basado en la experiencia. Los valores de criticidad permiten generar un gráfico de barras que resume y muestra los equipos debidamente categorizados.

El siguiente paso que sugiere el método seleccionado consiste en subdividir el gráfico de criticidad en tres zonas: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. En el apéndice 1, se muestra un gráfico con los resultados del análisis de criticidad realizado, en este se identifica cuál es la zona de alta criticidad y a partir de ahí se seleccionan los equipos que entran en el análisis RCM, estos equipos se listan en la tabla 4.

**Tabla 4. Equipos críticos seleccionados**

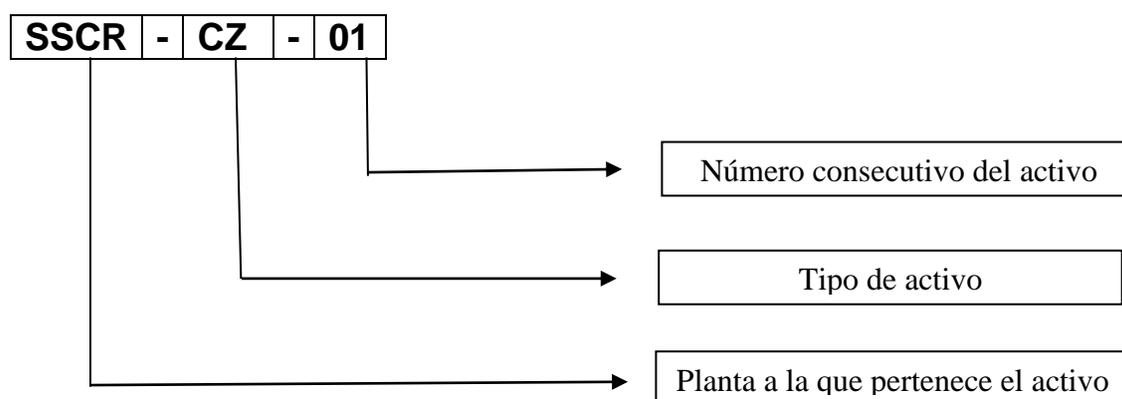
Equipos críticos	Puntaje critico
SSCR- CZ	57
SSCR- DH	50
SSCR-PO	48
SSCR-MI	48
SSCR- WP	46
SSCR-AC	46
SSCR- PM	45
SSCR- MC	45
SSCR-CO	42
SSCR-MA	42
SSCR-SP	42
SSCR-SX	39
SSCR-PF	38

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word

Los equipos más críticos se utilizaron en el análisis RCM con el fin de elaborar planes de mantenimiento que más adelante puedan aplicarse a equipos similares y que operan en un contexto operativo similar.

## B. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

Actualmente, la empresa tiene ya establecido un sistema de codificación para ubicar los equipos dentro de la planta, pues una función del departamento es el control de activos. Esta codificación se respetará para el desarrollo de este proyecto. Esta codificación se detalla a continuación.



**Figura 20. Ejemplo de codificación**

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Word

El sistema de enumeración de la compañía está conformado de la siguiente manera, las primeras cuatro letras representan la planta de la que forma parte el activo, Smith-Sterling cuenta también con sucursales en Chile y en Colombia, cuando se necesitan hacer reparaciones mayores, las máquinas son enviadas a la sede principal del conglomerado en California para llevarlas a cabo, por lo que es importante distinguir entre las distintas sedes.

Las siguientes dos letras denotan el tipo de activo, estas dos letras son utilizadas además en la codificación de los repuestos. Por último, los siguientes dos dígitos corresponden a una enumeración consecutiva.

Para el equipo seleccionado anteriormente se tiene:

**Tabla 5. Significado de la codificación**

Código	Significado
SSCR	Sede Smith-Sterling Costa Rica
CZ	Horno de Sinterizado
01	Número consecutivo

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

### **C. FORMACIÓN DEL ARCHIVO TÉCNICO**

El archivo técnico utilizado para el desarrollo de los manuales de mantenimiento preventivo se compone fundamentalmente de los manuales del fabricante de los diferentes equipos; en algunos casos, Glidewell es el creador de las máquinas y no realizan estos documentos, para estos casos se hizo una búsqueda de equipos con características similares. Además de los manuales, se hacen inspecciones en el sitio, se asiste a cada una de las intervenciones por parte de los técnicos y como resultado de las inspecciones se adquiere conocimientos en las diferentes partes de cada uno de los equipos. El objetivo de esta investigación es el de familiarizarse con el funcionamiento de las máquinas, para lograr un RCM de calidad y con esto preservar la vida útil del equipo la mayor cantidad del tiempo posible.

En el apéndice 6 se adjunta una imagen de cada equipo para ofrecer un mayor entendimiento, además del modelo de cada máquina y demás información relevante.

## **D. DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LOS EQUIPOS**

“Se define disponibilidad operacional de un equipo o línea de producción, al porcentaje del tiempo en que estuvo disponible para el proceso de operación en las condiciones de seguridad y calidad establecidas”. (Pistarelli, 2010)

En la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo es importante poder calcular la disponibilidad de los equipos, pues este índice permite realizar un diagnóstico de la situación actual de la maquinaria, de la calidad del mantenimiento que se ha estado implementando y deja proponer objetivos realistas y alcanzables para el programa.

Además es muy útil si se quiere realizar un análisis financiero del plan de mantenimiento, esto debido a que se comparan las ganancias por el tiempo de paro que se convierte en tiempo productivo, contra los gastos de implementación.

Normalmente este cálculo se lleva a cabo de manera individual a cada equipo y se realiza a partir de los datos que se encuentran en las órdenes de trabajo, en el caso de Smith-Sterling este índice no fue considerado apropiado calcularlo, debido al uso restringido que se le dio a la base de datos y a los tiempos de parada erróneos que se ingresaron. Al conversar con el encargado del departamento de mantenimiento sobre esta situación comenta que por el trabajo diario, las eventualidades y la falta de una mejor organización tanto el ingreso de información, como el mantenimiento preventivo a ciertos equipos había sido cesado, también aclara que el tiempo ingresado en las órdenes de trabajo es el de la duración de la reparación, es decir el que tarda el técnico diagnosticando, arreglando y en muchos casos no corresponde con el tiempo no productivo.

En el siguiente ejemplo se puede evidenciar la situación mencionada:

TIPO MANTENIMIENTO	CORRECTIVO	REPUESTOS UTILIZADOS
REALIZADO POR	KENNY CALDERON	Fuente de poder del input box, enviada desde Glidewell
DURACION	1:00 hh:mm	
PRIORIDAD		
ESTATUS		
TRABAJO REALIZADO	cambio de fuente de poder en input box de la lampara, problema de comunicacion: " communication error. Projector gives no feed back! La maquina se detuvo el lunes 9 de mayo y se volvió a poner en operación el miercoles 11 de mayo.	
<a href="#">MODIFICAR ORDEN DE TRABAJO</a>		<a href="#">GUARDAR ORDEN DE TRABAJO</a>
		<a href="#">Ir al Panel de Control</a>

**Figura 21. Ejemplo Orden de trabajo contradictoria**

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, se necesita más tiempo para establecer de manera correcta este índice, se propone utilizar los resultados que arroje el plan de mantenimiento realizado en este proyecto como una base, para plantear los objetivos o mejoras que el departamento considere adecuados en este aspecto. Además con la ayuda y el compromiso de todo el personal de mantenimiento lograr la retroalimentación necesaria, con la información adecuada, en busca de la mejora continua del programa.

## **E. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM**

En la sección II-B se describió el procedimiento básico para la elaboración de un análisis basado en la metodología RCM, para los equipos seleccionados en el análisis de criticidad, se diseña la hoja de trabajo que tabula los resultados de aplicar las 7 preguntas que formula la técnica. Debido al tamaño, se divide la información en varias hojas de manera tal que se pueda mostrar toda apropiadamente, las cuales se presentan en la sección de apéndices, de estas se extraen las acciones proactivas para el manual de mantenimiento preventivo.

De la implementación del análisis RCM se originan beneficios para la gestión del departamento, entre los que se pueden mencionar están el planteamiento de las inspecciones y rutinas de mantenimiento y los procedimientos necesarios para la realización de los trabajos preventivos que se detallan en el manual de mantenimiento descrito posteriormente, las mejoras o rediseños a los equipos y la capacitación del personal de mantenimiento. Estos dos últimos puntos, aunque se obtienen con la ayuda del grupo de trabajo, no están presentes en el manual de preventivo, son sugerencias que surgen con la detección de modos de falla muy específicos.

## **F. MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Un manual de mantenimiento preventivo provee una excelente herramienta para programar tareas de rutinas de inspección, chequeos, rutas de lubricación y calibración para las máquinas, diagnosticadas en ciclos de mantenimiento, que definen partes a revisar, cambiar o reparar, garantizando mejoras en el funcionamiento del equipo.

Las fichas técnicas y las hojas de trabajo RCM son la base fundamental para la elaboración del manual, facilitando la puesta en marcha de acciones que garanticen el buen funcionamiento de los equipos de producción como los de facilidades. En este proyecto el manual se puede encontrar en el apéndice 4.

Todo manual de mantenimiento debe contener la siguiente información básica

- Código y nombre de la máquina
- Nombre y código de parte
- Nombre y código de subparte
- Código de inspección
- Diseño de la inspección
- Período de inspección
- Frecuencia de inspección
- Duración de inspección
- Cantidad de personal
- Especialidad técnica

### **Código y nombre de la maquina**

Es parte de la información básica que se encuentra en el encabezado tanto de las hojas de inspección como de la hoja de trabajo RCM, ayuda a separar los documentos de cada equipo.

## **Código de la inspección**

El código de la inspección cuenta con dos columnas, la primera es un número consecutivo de la tarea a realizar, la segunda es el número de acción proactiva propuesta en la hoja de RCM, de esta manera, se puede hacer un control cruzado entre ambos documentos. Este tipo de codificación también ayuda a la hora de evaluar el plan de mantenimiento, pues se puede valorar, a partir de la eficacia de la inspección, el modo de falla y el efecto en el equipo.

## **Diseño de la inspección**

La inspección define los trabajos de mantenimiento preventivo que detecta la falta que conduce a la falla, estas son planteadas a partir del estudio técnico que con lleva el mantenimiento centrado en la confiabilidad, el número de tareas depende de cada máquina y deben ser las necesarias para tener bajo control al equipo y garantizar su funcionamiento. Dentro de las inspecciones se incluyen tanto trabajos de mantenimiento preventivo, como de predictivo, estas cuentan con distinto tipos de orientación, que se presentan a continuación:

**-Informar:** se utiliza cuando se requiere hacer un trabajo mayor, el personal encargado de la inspección no realiza la corrección solamente verifica e informa sobre la falla o la condición encontrada, en estos casos una corrección programada es necesaria la cual se realizará vía orden de trabajo.

**-Corregir si es necesario:** mediante valoración técnica, se corrige la falla o condición encontrada inmediatamente, dentro de la misma inspección, la corrección se basa en el criterio técnico preventivo.

**-Cambiar:** el trabajo se limita a cambiar el componente sin mayor análisis, solamente se ejecuta el trabajo.

**-Limpieza, ajuste y lubricación:** Estas son acciones de conservación para mantener los activos dentro estándares básicos de condición y apariencia. Son de bajo costo, pero retornan muchos beneficios.

### **Ciclo de mantenimiento**

El programa de mantenimiento preventivo es diseñado para un periodo determinado, en este caso es de un año el cual convertido en semanas corresponde a 52 semanas calendario.

### **Periodo de las inspecciones**

El periodo corresponde al tiempo transcurrido entre una inspección y otra, es decir, cada cuanto se realiza la inspección. En la empresa Smith-Sterling hay algunas máquinas en el que definir inspecciones semanalmente es lo más conveniente, hay otras que, por su contexto operacional, se sugiere que se realicen por horas de funcionamiento; sin embargo, al no contar con un horímetro que pueda llevar ese dato con exactitud se programarán todas las actividades semanalmente.

En la siguiente tabla se muestra la nomenclatura del periodo de las inspecciones para poder identificarlas en el manual.

**Tabla 6. Nomenclatura periodo de mantenimiento preventivo**

Periodo	Nomenclatura
Semanal	S
Mensual	M
Trimestral	T
Semestral	E
Anual	A

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

## Frecuencia de las inspecciones

En el manual de mantenimiento además del periodo, también se determina la frecuencia de cada inspección, esta corresponde a cuantas veces se repite cada inspección en el horizonte planteado, el cual corresponde a 52 semanas; por ejemplo, si una inspección es mensual (cada cuatro semanas), la frecuencia será  $52/4= 13$ , esto quiere decir que se realizará 13 veces al año.

## Personal requerido

Smith-Sterling cuenta con cuatro técnicos electromecánicos que se encargan de todas las reparaciones, inspecciones y calibraciones. Los trabajos se dividen dependiendo de la experiencia y grado académico, dentro del departamento el personal podría identificarse de la siguiente manera:

**Tabla 7. Nomenclatura personal de mantenimiento**

Personal	Nomenclatura
Técnico 1	T1
Técnico 2	T2
Ingeniero	IN
Tercerizado	TE

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

Los técnicos 1 se encargarán de los trabajos técnicamente más avanzados, que abarcarían inspecciones en las máquinas CNC, los hornos de prensado, las bombas de agua, el colector de polvos y las impresoras 3D.

Los técnicos 2 se encargarán de las inspecciones de las recortadoras, las mezcladoras, las dispensadoras, los hornos de sinterizado y las bombas de vacío.

El ingeniero sería el encargado de llevar a cabo las actividades de mantenimiento predictivo que se plantean en el programa, como los alineamientos de ejes y las medidas de vibraciones.

Es importante mencionar que por el momento el mantenimiento de las manejadoras, las condensadoras y los compresores estará a cargo de servicios outsourcing. Esto debido a que la carga para los empleados directos sería excesiva, además que por la importancia de estos equipos en la empresa y la profundidad del análisis requerido se recomienda que sea personal especializado el que se encargue de esas rutinas.

### **Tiempo requerido para realizar las inspecciones**

En la lista de inspecciones se muestra el tiempo para realizar cada inspección, este tiempo es aproximado y se asigna dependiendo de la complejidad de la tarea a realizar, debido a la poca disponibilidad que tienen los equipos para aplicarles mantenimiento, algunas de las rutinas se deben hacer en un mismo día.

Los tiempos de las inspecciones se deben revisar luego de la implementación del programa de mantenimiento preventivo, esto para tener una retroalimentación integral de todo el plan, de este manera se pueden ajustar para un mayor aprovechamiento de los recursos.

### **G. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN**

Una parte importante para la implementación del proyecto es tener el apoyo de la gerencia, pues se requerirá de la colaboración de todos los departamentos de la empresa para que éste tenga éxito. Para lograr este apoyo se debe demostrar los beneficios de aplicar mantenimiento preventivo, no solo desde una perspectiva técnica, pero también desde una perspectiva de negocios y la forma de lograrlo es con un análisis de costos.

Por ello, se plantea comparar los costos directos que generaría el plan de mantenimiento preventivo, es decir los costos de mano de obra y el de los repuestos, con las ganancias que se obtendrían del tiempo que pasaría de no productivo a tiempo de trabajo. De esta manera, se puede tener una relación de costo beneficio bastante realista.

Para empezar se necesita identificar al personal requerido para ejecutar el plan, el tiempo requerido para las inspecciones y la frecuencia de las rutinas, dicha información es presentado en la siguiente tabla:

**Tabla 8. Horas trabajadas por tipo de personal**

Personal de mantenimiento	Número de horas al año dedicadas a ejecutar el plan de mantenimiento
Técnico 1	249 horas
Técnico 2	58 horas
Tercerizado	136 horas

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

Una vez que se tiene el total de tiempo que se tardaría en ejecutar la rutina, se calcula el costo de mano de obra, multiplicando la cantidad de horas trabajadas por el valor de la hora hombre, esa información se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 9. Costo por personal**

Personal de mantenimiento	Número de horas al año	Costo por hora (en colones)	Costo total (en colones)
Técnico 1	249 horas	2742	682758
Técnico 2	58 horas	2742	159036
Tercerizado	136 horas	2900	394400
Costo total por personal utilizado			1236194

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

Para calcular el costo de los materiales se tomaron en cuenta todos los repuestos considerados necesarios para la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo, esto con el fin de que existan en bodega y reducir el tiempo por atrasos logísticos o administrativos.

La lista de estos repuestos se elaboró con el ingeniero encargado del departamento de mantenimiento y con la encargada de manejar los inventarios, además se agregó la opción de añadirlos a la orden de trabajo de las inspecciones mediante una simple selección. Esta serie de repuestos es presentada a continuación:

**Tabla 10. Lista de costos de repuestos**

Maquina	Repuestos	Precio unitario (Dólares)	Unidades al año	Precio total (Dólares)
Bomba de vacío	Nice	10	1	1
	Kit (sellos, válvulas check)	445	5	2225
	mufla	3500	1	3500
Bomba	Sello mecánico	80	1	80
	roles	30	2	60
CNC	Tool holder	187	37	6919
	Spindle	1415	4	5660
	Actuadores	649	1	649
	Servos	39	2	78
	Collect	30	10	300
Colector	Filtros	360	32	11520
	Unión	10	1	10
	Roles	80	2	160
Compresor	Mantenimiento completo (Anual de 2000 horas)	2200	1	2200
	Filtros	30	2	60
	Electroválvula	250	1	250

**Tabla 11. Lista de costos de repuestos (continuación)**

<b>Maquina</b>	<b>Repuestos</b>	<b>Precio unitario (Dólares)</b>	<b>Unidades al año</b>	<b>Precio total (Dólares)</b>
Condensador	Fajas	38	128	4864
	Limpiador	30	2	60
Dosificadora	Bomba	178	2	356
Horno prensado	Fitting	7	4	28
	Fusible	3	40	120
	Sellos	168	12	2016
	Cabezal completo	1000	2	2000
Horno sinterizado	Resistencias	25	90	2250
	Termocupla	450	9	4050
	Aislante techo	150	2	300
	Aislante espalda	40	6	240
	Aislante laterales	135	4	540
	Aislante de puerta	95	5	475
	Fajón doble	18	13	234
	Fajón simple	6	12	72
	Tiristor	70	3	210
Impresora	Lámpara	380	42	15960
Mezcladora	Faja	23	12	276
	Roles	60	2	120
	poleas	60	2	120
Recortadora	Válvula de control	48	2	96
	Electroválvula	57	2	114
	Interruptor del motor	20	12	240
Manejadora	Roles	20	40	800
	Filtros	30	12	360
<b>Total de inversión en repuestos</b>				<b>\$69582</b>

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

Los costos directos totales se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 12. Total de costos generados por el plan de mantenimiento preventivo**

Costos Directos	Total (Dólares)
Personal	2132
Repuestos	69582
Total de costos	71713

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

El último paso en este análisis es el del cálculo de las pérdidas que está teniendo la compañía por el paro de labores causado por la falla de un equipo crítico. Como se comentó antes, por ahora no se cuenta con la información adecuada para realizar una estimación exacta, por lo que se va a efectuar un aproximado del tiempo no productivo. Se recomienda volver a hacer este análisis cuando se tenga la información.

Cabe destacar que solo se consideraron las ganancias no percibidas por la venta del producto, no se tomaron en cuenta aspectos como personal ocioso, materia prima arruinada y el caso que podría presentar la pérdida de clientes.

Para explicar la estimación que se va a realizar, se tomaron datos económicos de varios meses para realizar un promedio representativo de los supuestos que se deben hacer para calcular las pérdidas por equipos no productivos. Se llegó al resultado de que el 70 % de las ganancias de Smith-Sterling lo genera el proceso de milling y sinterizado, el resto lo generan los procesos de perfactory y prensado, por lo que la pérdida de un equipo a otro varía. También se obtuvo la ganancia promedio por cada pieza fabricada, ya que hay equipos que afectan solo un porcentaje de la producción. Se usarán disponibilidades altas ya que si es atractivo económicamente con esos números lo es aún más con cifras más bajas.

La aproximación de disponibilidad se muestra en la siguiente tabla, se toman 1000 horas al año como el máximo de tiempo posible a producir por cada equipo, a las máquinas que brindan de servicios de facilidades se les ha asignado un tiempo no productivo muy bajo debido al impacto negativo tan grande que con lleva perder una de estas comodidades.

**Tabla 13. Estimación de horas no productivas**

Tipo de activo	Disponibilidad supuesta	Horas no productivas al año
SSCR- CZ	95%	50
SSCR- DH	99%	10
SSCR-PO	95%	50
SSCR-MI	95%	50
SSCR- WP	99%	10
SSCR-AC	99%	10
SSCR- PM	99%	10
SSCR- MC	95%	50
SSCR-CO	99%	10
SSCR-MA	99%	10
SSCR-SP	95%	50
SSCR-SX	95%	50
SSCR-PF	95%	50

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

Basándose en los datos mencionados, la estimación de ganancias no percibidas se presenta detallada por equipo, en la siguiente tabla:

**Tabla 14. Total estimado de ganancias no percibidas**

Tipo de activo	Horas no productivas al año	Ganancia no percibida estimada por hora	Total
SSCR- CZ	50	\$160	\$8000
SSCR- DH	10	\$2454	\$24540
SSCR-PO	50	\$100	\$5000
SSCR-MI	50	\$160	\$8000
SSCR- WP	10	\$1225	\$12250
SSCR-AC	10	\$1225	\$12250
SSCR- PM	10	\$800	\$8000
SSCR- MC	50	\$160	\$8000
SSCR-CO	10	\$1000	\$10000
SSCR-MA	10	\$1000	\$10000
SSCR-SP	50	\$160	\$8000
SSCR-SX	50	\$160	\$8000
SSCR-PF	50	\$100	\$5000
Total de ganancias estimadas no percibidas			\$127040

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

Como se puede ver, la diferencia entre los gastos directos por la implementación del plan de mantenimiento y el monto de las ganancias no percibidas, es de aproximadamente \$50000, aún con disponibilidades tan altas se puede obtener un resultado positivo económicamente hablando al aplicar el plan de mantenimiento preventivo. Aunque el cálculo es un poco burdo debido a la falta de datos, esta estimación permite demostrar los beneficios financieros de aplicar mantenimiento preventivo.

## **V. PROPUESTA DE SISTEMA DE ÍNDICES BASADA EN EL BALANCED SCORE CARD.**

Dentro de la norma ISO 9001:2015 hay todo un capítulo enfocado a la mejora continua tanto del sistema de gestión de calidad, como de la empresa. Este fue recientemente añadido, pues antes era parte del capítulo medición, análisis y mejora, dentro de lo que se plantea en esa nueva sección se encuentra el siguiente párrafo “La organización debe tener en cuenta los resultados de análisis y evaluación, así como los resultados de revisión por la dirección, para confirmar si hay áreas de bajo rendimiento u oportunidades que deben ser abordadas en el marco de la mejora continua. En su caso, la organización debe seleccionar y utilizar las herramientas y metodologías aplicables para la investigación de las causas del bajo rendimiento y por apoyar la mejora continua”. (ISO, 2015)

En el marco de lo expuesto en el párrafo anterior, el departamento de mantenimiento tomó la iniciativa de implantar un sistema de indicadores, que les permitiera cumplir objetivos y medir el desempeño del servicio que se está ofreciendo. No solo se quiere desarrollar este sistema para cumplir con la norma, sino para presentar resultados a la gerencia con datos debidamente cuantificados, más simples de comprender.

La ejecución de las rutinas de mantenimiento, una vez planificadas y programadas, tiene que ser evaluada para orientarla continuamente hacia los objetivos del negocio. Muchos de los indicadores clave de mantenimiento de clase mundial, están contruidos o compuestos de otros indicadores técnicos y económicos más básicos. Por lo tanto, es muy importante asegurarse que la organización capture los datos necesarios y que estos se encuentren correctamente archivados.

En la administración del departamento es importante medir, pues la información recopilada debería explicar el estado del proceso de mantenimiento, su desarrollo y la evolución en el entorno donde el mantenimiento opera. El objetivo está en la búsqueda de la efectividad y la eficiencia del proceso de mantenimiento, individualizando sus actividades, organización y cooperación con otras unidades de la empresa.

La metodología utilizada para la implementación del sistema de índices basado en el balanced scorecard se encuentra en la sección G-3 del marco teórico.

## **A. FODA**

El análisis FODA es una herramienta que fue creada con el objetivo de realizar un estudio interno y externo de un departamento o una compañía. Otra forma de explicar su significado es la siguiente: “Herramienta que posibilita la recopilación y uso de datos que permiten conocer el perfil de operación de una empresa en un momento dado, y a partir de ello establecer un diagnóstico objetivo para el diseño e implantación de estrategias tendientes a mejorar la competitividad de una organización”. (Rojas,2009)

A continuación, se presenta el FODA del departamento de mantenimiento de la empresa Smith-Sterling:



**Figura 22. Análisis FODA**

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

## **B. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS**

Los objetivos fueron basados en la misión y visión del departamento de mantenimiento, se crearon metas para cada perspectiva que ayudarán a evaluar integralmente el impacto que se tiene sobre el éxito del negocio. El análisis FODA mostró debilidades que se tomaron como puntos importantes para el proceso de mejora continua, que pueden ayudar a trazar un rumbo más adecuado, de mayor eficiencia.

Por cada perspectiva se plantearon 2 objetivos, de cada uno de ellos se derivaron indicadores que se incorporarán al Cuadro de Mando Integral. Los objetivos seleccionados por cada perspectiva son los siguientes:

## Perspectiva Finanzas

**Tabla 15. Objetivos perspectiva financiera**

Objetivo 1	Objetivo 2
Reducir en un 5% los costos anuales del departamento de mantenimiento, implementando un control de gastos que permita la toma de decisiones.	Implementar un plan de ahorro energético que permita reducir la facturación eléctrica de la empresa en un 3%.

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

*-Reducir en un 5% los costos anuales del departamento de mantenimiento, implementando un control de gastos que permita la toma de decisiones:* La reducción de costos anuales que se plantea está basada en la mejora de la gestión del departamento, aprovechando de mejor manera los recursos para generar valor, se puede lograr controlando el gasto en servicios de tercerización, aprovechando más apropiadamente las horas hombre y disminuyendo la cantidad de horas extras.

*- Implementar un plan de ahorro energético que permita reducir la facturación eléctrica de la empresa en un 3%:* Este objetivo puede ser alcanzado mediante la propuesta y ejecución de proyectos de ahorro energético, que pueden abarcar temas como lámparas y balastos de alta eficiencia, sensores de movimiento y temporizadores para la iluminación de ciertos aposentos, mejor control de la temperatura del aire acondicionado, adquirir motores de mejor eficiencia, entre otras opciones.

## Perspectiva Procesos internos

**Tabla 16. Objetivos Perspectiva de Procesos**

Objetivo 1	Objetivo 2
Reducir la cantidad de horas extras laboradas en un 10% mejorando la planificación del mantenimiento	Implementar un plan de mantenimiento preventivo que permita limitar las horas dedicadas a eventualidades a un 4%.

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

*-Reducir la cantidad de horas extras laboradas en un 10% mejorando la planificación del mantenimiento:* Actualmente en el departamento un 40% de las horas laboradas son en tiempo extraordinario, dicha situación se ha presentado por la falta de comunicación entre departamentos, la poca disponibilidad de tiempo para que los equipos reciban mantenimiento y la gran cantidad de actividades que debe realizar el personal día a día. Mejorando los puntos que se mencionaron se puede aliviar esta situación y se pueden alcanzar las metas financieras impuestas.

*-Implementar un plan de mantenimiento preventivo que permita limitar las horas dedicadas a eventualidades a un 4%:* Aplicar un plan de mantenimiento preventivo es una de las disposiciones principales de la norma ISO 9001, ejecutarlo de manera correcta permite mejorar la disponibilidad de los equipos, disminuir gastos directos del departamento y evitar eventualidades que retrasen la producción. Mantener los mantenimientos correctivos bajo control es importante para cualquier departamento que quiera dar un servicio de calidad.

## Perspectiva Clientes

**Tabla 17. Objetivo perspectiva de clientes**

Objetivo 1	Objetivo 2
Garantizar un 100 % de disponibilidad en los equipos de facilidades (aire acondicionado, aire comprimido, extracción de polvo) y un 90 % en los equipos de producción para asegurar la calidad del producto.	Completar el 100 % de los trabajos, dentro de un rango de tiempo aceptable, establecido en los procedimientos de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

- *Garantizar un 100 % de disponibilidad en los equipos de facilidades (aire acondicionado, aire comprimido, extracción de polvo) y un 90 % en los equipos de producción para asegurar la calidad del producto:* Garantizando dichos estándares de funcionamiento se pueden minimizar pérdidas por degradación de materia prima, por baja calidad de producto, por personal que no puede realizar su labor asignada y por la potencial pérdida de clientes por atrasos en entregas.

-*Completar el 100 % de los trabajos, dentro de las 8 horas siguientes al reporte de la falla:* Actualmente, el departamento no cuenta con un sistema de recepción de órdenes de trabajo desde las demás áreas de la empresa, por lo que todo reporte se hace de forma oral o por correo electrónico. Esta situación ha ocasionado que algunos trabajos queden sin respuesta o simplemente incompletos, al tener que atender otros trabajos de mayor importancia. Se requiere que mantenimiento cumpla con las exigencias del cliente por lo que este objetivo es vital, se recomienda el uso de algún tipo de tablero de tareas, que permita una organización adecuada.

## Perspectiva Aprendizaje y Crecimiento

**Tabla 18. Objetivo perspectiva de Aprendizaje**

Objetivo 1	Objetivo 2
Incrementar a 40 horas anuales las dedicadas a la capacitación del personal, para aumentar el nivel de motivación y de complejidad de trabajos realizados.	Conseguir que no existan incapacidades debido a accidentes laborales en el personal del departamento de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

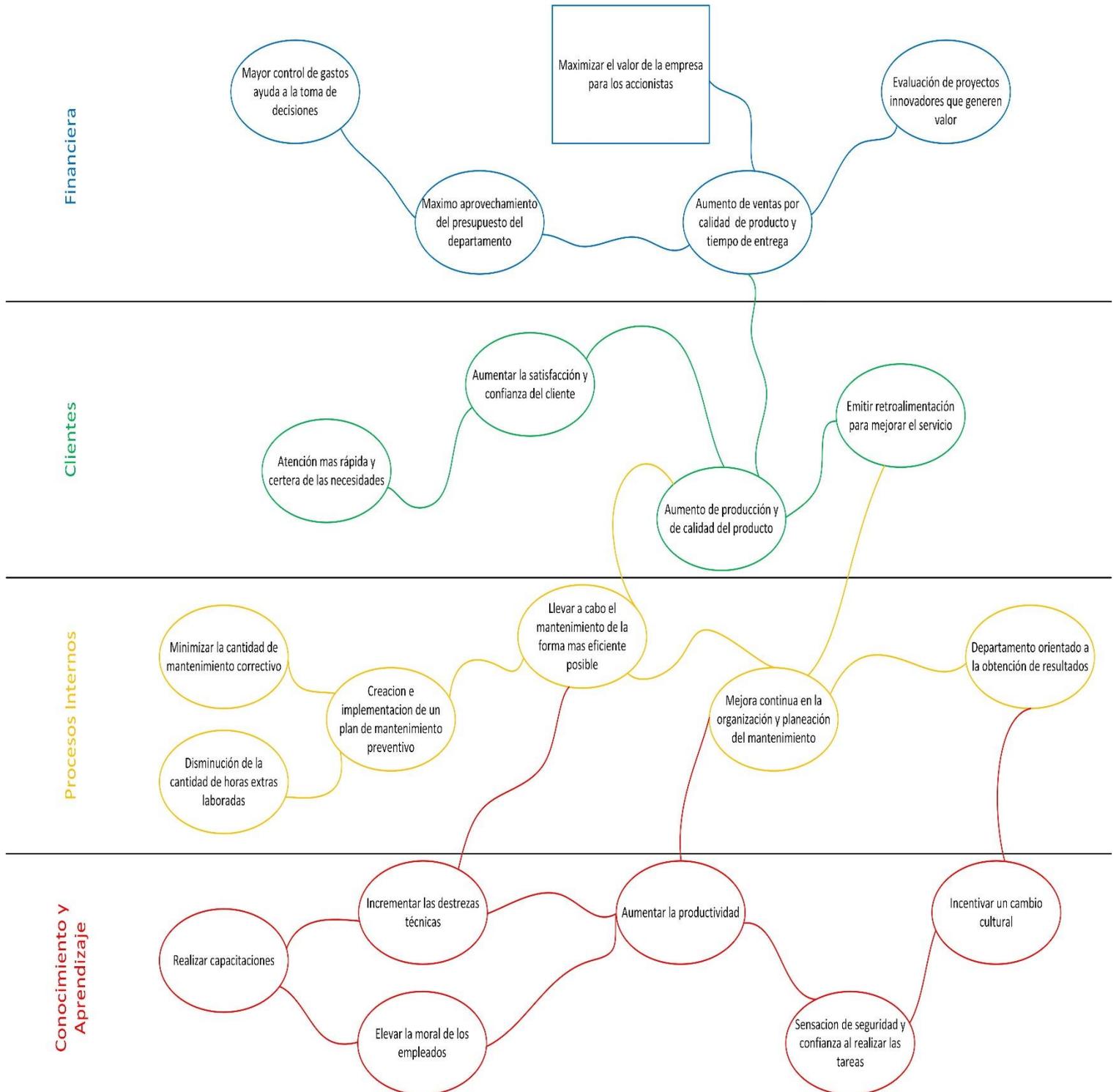
*-Incrementar a 40 horas anuales las dedicadas a la capacitación del personal, para aumentar el nivel de motivación y la capacidad del personal para enfrentar trabajos complejos:* La motivación es importante para el ser humano en cualquier actividad que realice, en el trabajo se puede conseguir mediante capacitaciones, haciendo sentir al personal valorado, generando un sentido de pertenencia que se podría traducir en mayor esfuerzo y dedicación. Al mismo tiempo se estarían mejorando sus destrezas técnicas e intelectuales que, en sí mismo, genera valor dentro de la empresa.

*- Establecer la meta de cero accidentes en el departamento de mantenimiento:* La seguridad del personal es lo más importante en la empresa, garantizar su seguridad en el cumplimiento de sus labores es esencial, por lo que dar seguimiento a este objetivo va a permitir tomar acciones, como capacitaciones o charlas para evitar que este tipo de situaciones se presenten. Es aún más crítico, pues garantizar la seguridad laboral es parte de las responsabilidades de mantenimiento en esta empresa. Se puede implementar el uso de una pizarra donde se lleve el un conteo de los días laborados versus los accidentes sufridos por el personal de mantenimiento.

### **C. MAPA ESTRATÉGICO**

Un mapa estratégico se puede describir como “una representación gráfica de una página de lo que se debe hacer bien en cada una de las cuatro perspectivas del Balanced Scorecard, para ejecutar su estrategia con éxito. No tomamos ninguna medida en el Mapa de Estrategia, aún no hay resultados. En su lugar estamos comunicando a todas las audiencias, internas y externas, lo que debemos hacer bien si esperamos lograr nuestros objetivos finales. De ahí la descripción del Mapa Estratégico como una poderosa herramienta de comunicación, definiendo caminos causales que se entrelazan a través de las cuatro perspectivas que nos llevarán a la implementación de nuestra estrategia”. (Niven,2002)

A continuación, se presenta el mapa estratégico basado en los objetivos previamente planteados, como resalta la cita se divide en las cuatro perspectivas del Cuadro de Mando Integral y se pueden observar las relaciones entre cada aspecto que se valoró



**Figura 23. Mapa estratégico propuesto**

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio.

## D. DETERMINACIÓN DE LOS INDICADORES

Como se indicó en la metodología de la implantación del sistema de indicadores, a partir de la determinación de los objetivos se seleccionarían los indicadores. Para decidir que indicadores formarían parte de la evaluación del departamento se tomaron en cuenta aspectos como viabilidad del indicador, facilidad de toma de datos, encargado de la recolección y análisis de la información, entre otros. Al igual que los objetivos, los indicadores se presentan en relación con cada perspectiva.

### Perspectiva financiera

**Tabla 19. Indicadores Perspectiva Financiera**

Objetivos	Indicadores
Reducir en un 5% los costos anuales del departamento de mantenimiento, implementando un control de gastos que permita la toma de decisiones.	Porcentaje de mantenimiento por terceros
	Porcentaje de costos del personal de mantenimiento
	Reducción de la tasa de costos de mantenimiento
Implementar un plan de ahorro energético que permita reducir la facturación eléctrica de la empresa en un 3%.	Proyectos de ahorro energético.

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

*-Porcentaje de mantenimiento por terceros:* Este indicador permite calcular el porcentaje de los costos totales que pertenece a trabajos realizados por terceros, este indicador es anual, pero se medirá de forma mensual para obtener un promedio representativo y la información se obtendrá del reporte económico que debe realizar el departamento, teniendo de respaldo las facturas necesarias. La fórmula para calcular este indicador es la siguiente:

$$\%MT = \frac{\text{Costo servicio de terceros}}{\text{Costos totales de mantenimiento}} \times 100$$

Donde:

%MT: Porcentaje de mantenimiento por terceros

*-Porcentaje de costos del personal de mantenimiento:* Este indicador permite calcular el porcentaje de los costos totales que pertenece al pago de planilla, este indicador es anual, pero se medirá de forma mensual para obtener un promedio representativo y la información se obtendrá del reporte económico que debe realizar el departamento, teniendo de respaldo el número de horas laboradas según lo marcado por los empleados en el sistema de la compañía. La fórmula para calcular este indicador es la siguiente:

$$\%CPM = \frac{\text{Costo de planilla}}{\text{Costos totales de mantenimiento}} \times 100$$

Donde:

%COM: Porcentaje de costos de personal de mantenimiento

*-Reducción de la tasa de costos de mantenimiento:* Este indicador permite calcular el porcentaje que aumenta o disminuye el costo total del departamento, este indicador es anual, la información se obtendrá de los reportes económicos mensuales que debe realizar el departamento, en este se reflejarán los resultados de los otros dos indicadores, además de la efectividad de otras medidas a tomar para la mejora de la gestión. La fórmula para calcular este indicador es la siguiente:

$$\%TRCM = \frac{\text{Costos totales de mantenimiento año anterior}}{\text{Costos totales de mantenimiento año en curso}} \times 100$$

Donde:

%TRCM: Reducción de la tasa de costos de mantenimiento

Proyectos de ahorro energético: Este indicador representa el número de proyectos de ahorro energético que son planificados y ejecutados en la empresa.

### Perspectiva cliente

**Tabla 20. Indicadores perspectiva clientes**

Objetivos	Indicadores
Garantizar un 100 % de disponibilidad en los equipos de facilidades (aire acondicionado, aire comprimido, extracción de polvo) y un 90 % en los equipos de producción para asegurar la calidad del producto.	Disponibilidad
	MTTR (Mean Time To Repair)
Completar el 100 % de los trabajos, dentro de un rango de tiempo aceptable, establecido en los procedimientos de mantenimiento.	Razón de rendimiento

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

-*MTTR (Mean Time To Repair)*: El MTTR o tiempo medio para reparar, es la relación entre el tiempo total empleado en la reparación de fallas de un conjunto de equipos y el número de fallas que se presentaron. Es decir, es la relación entre todo el tiempo utilizado en mantenimiento correctivo y el número de trabajos que se atendieron. Está involucrado en el cálculo de disponibilidad de los equipos pero por solicitud del encargado de mantenimiento se desarrollará por aparte. La fórmula para calcular este indicador es la siguiente:

$$MTTR = \frac{\sum HMC}{NTF}$$

Donde:

MTTR: Tiempo Medio para Reparar

HMC: Total de horas de Mantenimiento Correctivo

NTF: Número total de fallas atendidas

### *Disponibilidad*

MTBF (Mean Time Between Fails): MTBF o tiempo medio entre reparaciones es la relación entre el producto del número de equipos por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos equipos, en un periodo determinado. La fórmula para calcular es la siguiente:

$$MTBF = \frac{NTE * TRO}{NTF}$$

Donde

MTBF: Tiempo Medio entre fallas

NTE: Número total de equipos

TRO: Tiempo real de operación.

NTF: Número total de fallas atendidas

La disponibilidad es un indicador que permite estimar el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté en condiciones para cumplir la función para el cual fue destinado.

$$Disp = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

-*Razón de rendimiento:* Este indicador permite calcular el porcentaje de órdenes de trabajo terminadas entre el número de órdenes de trabajo emitidas, este indicador es mensual, la información se obtendrá de la base de datos del departamento, por medio de uno de los informes que fue diseñado. La fórmula para calcular este indicador es la siguiente:

$$RDR = \frac{OTT}{OTE} \times 100$$

Donde

RDR: Razón de Rendimiento.

OTT: Órdenes de trabajo terminadas.

OTE: Órdenes de trabajo emitidas.

### Perspectiva proceso interno

**Tabla 21. Indicadores Perspectiva de procesos internos**

Objetivos	Indicadores
Reducir la cantidad de horas extras laboradas en un 10% mejorando la planificación del mantenimiento	Porcentaje de horas extra
Implementar un plan de mantenimiento preventivo que permita limitar las horas dedicadas a eventualidades a un 4%.	Cumplimiento del mantenimiento planeado
	Proporción de urgencia

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

*-Porcentaje de horas extra:* Este indicador permite calcular el porcentaje del tiempo total laborado que pertenece a tiempo extraordinario, este indicador es anual, pero se medirá de forma mensual para obtener un promedio representativo y la información se obtendrá del reporte de planilla, teniendo de respaldo el número de horas laboradas según lo marcado por los empleados en el sistema de la compañía. La fórmula para calcular este indicador es la siguiente:

$$\%HE = \frac{\text{Total de horas extras}}{\text{Total de horas laboradas}} \times 100$$

Donde

%HE: Porcentaje de Horas Extras.

*-Cumplimiento del mantenimiento planeado:* Este indicador permite calcular la proporción de órdenes planificadas que se terminaron, con respecto al total de órdenes de trabajo planificadas, es decir, mide el grado de cumplimiento en la planificación. Este indicador es mensual, pero se medirá de forma semanal para obtener un promedio representativo y la información se obtendrá de la base de datos. La fórmula para calcular este indicador es la siguiente:

$$\%CMP = \frac{\text{Total de tareas preventivas terminadas}}{\text{Total de tareas preventivas planeadas}} \times 100$$

Donde

%CMP: Cumplimiento del mantenimiento planeado

*-Proporción de urgencia:* Este indicador permite calcular el porcentaje de órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo emitidas, con respecto al total de órdenes de trabajo del departamento; este indicador es anual, pero se medirá de forma mensual para obtener un promedio representativo y la información se obtendrá de la base de datos. La fórmula para calcular este indicador es la siguiente:

$$PDU = \frac{OTMC}{OTE} \times 100$$

Donde

PDU: Proporción de urgencia.

OTMC: Órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo.

OTE: Órdenes de trabajo emitidas.

## Perspectiva de conocimiento y aprendizaje

**Tabla 22. Indicadores Perspectiva de Aprendizaje**

Objetivos	Indicadores
Incrementar a 40 horas anuales las dedicadas a la capacitación del personal, para aumentar el nivel de motivación y de complejidad de trabajos realizados.	Horas de capacitación
Conseguir que no existan incapacidades debido a accidentes laborales en el personal del departamento de mantenimiento.	índice de enfermedad
	índice de seguridad laboral

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

*-Horas de capacitación:* Este indicador representa el número de horas anuales que un empleado es enviado a capacitaciones o actualizaciones, para mejorar su destreza técnica, este es un indicador anual y será desarrollado manualmente.

-*Índice de enfermedad*: Este índice representa el número de horas que se ausentan los empleados de mantenimiento por enfermedad, con respecto al número de horas planificadas para estas eventualidades, este indicador puede llevar a un estudio más profundo del sobre las condiciones de trabajo. Este indicador es anual y se calcula de la siguiente manera:

$$IDE = \frac{\text{Total de horas de ausencia por enfermedad}}{\text{Total de horas planeadas de ausencia por enfermedad}}$$

Donde

IDE: Índice de enfermedad.

*Índice de seguridad laboral*: Este índice representa el número de accidentes al año que reportan los empleados de mantenimiento, la seguridad laboral es extremadamente importante, ya que el personal está expuesto a máquinas con piezas en movimiento, con herramientas de corte, desbaste y con fluido eléctrico. Este indicador es anual y se calcula de la siguiente manera:

$$ISL = \frac{\text{Numero de lesiones}}{\text{Total de accidentes al año}}$$

Donde

ISL: Índice de seguridad laboral.

## **E. DISEÑO DEL BALANCED SCORECARD**

Una vez seleccionados los índices y los objetivos es necesario añadir otros aspectos para completar el Balanced Scorecard, de esta manera, la información se presenta de manera clara y hasta personas externas al departamento son capaces de entender el funcionamiento del sistema.

## Codificación de índices

Para identificar cada índice y que no haya ningún mal entendido con el manejo de la información y los resultados que este arroje, se le asigna a cada indicador un código, tomando en cuenta la perspectiva a la cual pertenece y dándole un número consecutivo según aparezca en el Cuadro de Mando Integral.

**Tabla 23. Codificación de Perspectiva**

Perspectiva	Código
Financiera	F
Cliente	C
Procesos Internos	P
Conocimiento y Aprendizaje	A

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

**Tabla 24. Ejemplo codificación de indicadores**

Indicadores	Abreviatura	Codificación
Porcentaje de mantenimiento por terceros	%MT	F1
Porcentaje de costos del personal de mantenimiento	%CPM	F2

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

## Descripción de indicadores

Como se mencionó anteriormente el Balanced Scorecard debe ser entendible para toda persona, externa o interna del departamento, por lo que cada índice debe contar con una breve descripción que indique que se busca medir con ese objetivo.

### **Fuente de los indicadores**

Las decisiones que se tomen a partir del resultado de los indicadores podría ser cruciales para el rumbo del departamento y de la empresa, por lo que mencionar la fuente de la información con la que se está trabajando le da validez al proceso. Además, en caso que el encargo, por alguna situación fuera de su control, no pueda llevar a cabo los cálculos requeridos alguien más podría hacerlos.

### **Unidad de medida**

Esto indica la forma esperada de expresar el resultado, al igual que la fuente de los indicadores, funciona como una guía, dando una mejor idea del proceso que debe llevar la información antes de aparecer en el Balanced Scorecard.

### **Frecuencia de medición**

La frecuencia de medición de indicadores es determinada según las necesidades del caso. Para el caso del departamento de mantenimiento de Smith-Sterling la gran mayoría son índices anuales, pero con un seguimiento mensual, esto para ir viendo una tendencia mientras se desarrolla el plan de mantenimiento preventivo. Esto fue determinado en coordinación con el encargado del departamento y la gerencia.

### **Responsables**

Los responsables de desarrollar este sistema de índices serán el Ing. Sergio Alfaro, encargado del departamento y la Ing. Dayana Calderón, encargada del área de seguridad laboral de la empresa, además contarán con asesoramiento del departamento de gestión de calidad.

## **Metas**

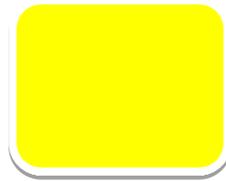
El establecimiento de metas permite elaborar niveles de aceptación de desempeño y da un propósito a los indicadores. Es importante que sean metas alcanzables, por lo que fueron establecidas en conjunto con el personal del departamento de mantenimiento, esto se hizo con la idea de crear motivación e involucrarlos en el proceso.

## **Señalización**

Como se dijo anteriormente, el establecimiento de metas permite el establecimiento de niveles de aceptación, para identificar cada uno de estos niveles se va a utilizar un color, como se presenta a continuación:



Alto



Medio



Bajo

Tabla 25. Balanced Scorecard Perspectiva Financiera y de Cliente

Perspectiva	Objetivo	Indicadores	Descripción	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta		
									Alto	Medio	Bajo
Financiera	Reducir en un 5% los costos anuales del departamento de mantenimiento, implementando un control de gastos que permita la toma de decisiones.	Porcentaje de mantenimiento por terceros	Permite calcular el porcentaje de los costos totales que pertenece a trabajos realizados por terceros	F1	$\%MT = \frac{\text{Costo servicio de terceros}}{\text{Costos totales de mantenimiento}} \times 100$	%	Mensual	Ingeniero en Mantenimiento	10%	> 10% < 20%	> 20%
		Porcentaje de costos del personal de mantenimiento	Permite calcular el porcentaje de los costos totales que pertenece al pago de planilla	F2	$\%CPM = \frac{\text{Costo de planilla}}{\text{Costos totales de mantenimiento}} \times 100$	%	Mensual	Ingeniero en Mantenimiento	20%	> 20% < 25%	> 25%
		Reducción de la tasa de costos de mantenimiento	Permite calcular el porcentaje que aumenta o disminuye el costo total del departamento	F3	$\%TCCM = \frac{\text{Costos totales de mantenimiento año anterior}}{\text{Costos totales de mantenimiento año en curso}} \times 100$	%	Anual	Ingeniero en Mantenimiento	> 5%	> 3% < 5%	< 3%
	Implementar un plan de ahorro energético que permita reducir la facturación eléctrica de la empresa en un 3%.	Proyectos de ahorro energético.	Representa el número de proyectos de ahorro energético que son planificados y ejecutados en la empresa	F4		#	Anual	Ingeniero en Mantenimiento	> 2	< 2 > 1	0
Clientes	Garantizar un 100 % de disponibilidad en los equipos de facilidades (aire acondicionado, aire comprimido, extracción de polvo) y un 90 % en los equipos de producción para asegurar la calidad del producto.	Disponibilidad	Permite estimar el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté en condiciones para cumplir la función para la cual fue destinado	C1	$Disp = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$	%	Mensual	Ingeniero en Mantenimiento	95%	< 95% > 85%	< 85%
		MTTR (Mean Time To Repair)	Es la relación entre el tiempo total empleado en la reparación de fallas de un conjunto de equipos y el número de fallas que se presentaron	C2	$MTTR = \frac{\sum HMC}{NTF}$	Horas	Mensual	Ingeniero en Mantenimiento	< 5	> 5 < 7	> 7
	Completar el 100 % de los trabajos, dentro de las 8 horas siguientes al reporte de la falla.	Razón de rendimiento	Permite calcular el porcentaje de órdenes de trabajo terminadas entre el número de órdenes de trabajo emitidas	C3	$RDR = \frac{OTT}{OTE} \times 100$	%	Mensual	Ingeniero en Mantenimiento	100%	: 100% > 80%	> 80%

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel.

**Tabla 26. Balanced Scorecard Perspectiva de Proceso y Aprendizaje**

Proceso Interno	Reducir la cantidad de horas extras laboradas en un 10% mejorando la planificación del mantenimiento	Porcentaje de horas extra	Permite calcular el porcentaje del tiempo total laborado que pertenece a tiempo extraordinario	P1	$\%HE = \frac{\text{Total de horas extras}}{\text{Total de horas laboradas}} \times 100$	%	Anual	Ingeniero en Mantenimiento	10%	> 10%	< 15%	> 15%
	Implementar un plan de mantenimiento preventivo que permita limitar las horas dedicadas a eventualidades a un 4%.	Cumplimiento del mantenimiento planeado	Permite calcular la proporción de órdenes planificadas que se terminaron, con respecto al total de órdenes de trabajo planificadas	P2	$\%MP = \frac{\text{Total de tareas preventivas terminadas}}{\text{Total de tareas preventivas planeadas}} \times 100$	%	Anual	Ingeniero en Mantenimiento	> 90%	< 90%	> 70%	< 70%
		Proporción de urgencia	Permite calcular el porcentaje de órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo emitidas, con respecto al total de órdenes de trabajo del departamento	P3	$PDU = \frac{OTMC}{OTE} \times 100$	%	Mensual	Ingeniero en Mantenimiento	< 4%	> 4%	< 5%	> 5%
Perspectiva de conocimiento y aprendizaje	Incrementar a 40 horas anuales las dedicadas a la capacitación del personal, para aumentar el nivel de motivación y la capacidad del personal para enfrentar trabajos complejos.	Horas de capacitación	Representa el número de horas anuales que un empleado es enviado a capacitaciones o actualizaciones, para mejorar su destreza técnica	A1		Horas	Anual	Ingeniero en Mantenimiento	40	< 40	> 20	< 20
	Establecer la meta de cero accidentes en el departamento de mantenimiento:	Índice de enfermedad	Es el número de horas que se ausentan los empleados de mantenimiento por enfermedad, con respecto al número de horas planificadas para estas eventualidades	A2	$IE = \frac{\text{Total de horas de ausencia por enfermedad}}{\text{Total de horas planeadas de ausencia por enfermedad}}$	%	Anual	Ingeniero en Seguridad Laboral	0%	1%	2%	
		Índice de seguridad laboral	Es el número de accidentes al año que reportan los empleados de mantenimiento, la seguridad laboral es extremadamente importante ya que el personal está expuesto a máquinas con piezas en movimiento, con herramientas de corte, desbaste y con fluido eléctrico	A3	$ISL = \frac{\text{Numero de lesiones}}{\text{Total de accidentes al año}}$	#	Anual	Ingeniero en Seguridad Laboral	0	1	2	

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel.

Tabla 27. Balanced Scorecard del departamento de mantenimiento

Perspectiva	Objetivo	Indicadores	Descripción	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta		
									Inicio	Medio	Fin
Financiera	Reducir en un 3% los costos anuales del departamento de mantenimiento, implementando un control de gastos que permita la toma de decisiones.	Porcentaje de mantenimiento por terceros	Permite calcular el porcentaje de los costos fijos que se tienen a trabajos realizados por terceros	F1	$F1 = \frac{\text{Costos fijos de terceros}}{\text{Costo total de mantenimiento}} \times 100$	%	Mensual	Ingeniero en Mantenimiento	10%	> 10% < 20%	> 20%
		Porcentaje de costos del personal de mantenimiento	Permite calcular el porcentaje de los costos fijos que se tienen a el pago de planta	F2	$F2 = \frac{\text{Costo planta}}{\text{Costo total de mantenimiento}} \times 100$	%	Mensual	Ingeniero en Mantenimiento	20%	> 20% < 25%	> 25%
		Reducción de la tasa de costos de mantenimiento	Permite calcular el porcentaje que aumenta o disminuye el costo total de los trabajos	F3	$F3 = \frac{\text{Costos de mantenimiento de 2017}}{\text{Costos de mantenimiento de 2016}} \times 100$	%	Anual	Ingeniero en Mantenimiento	> 95%	> 95% < 97%	< 97%
	Implementar un plan de ahorro energético que permita reducir la facturación eléctrica de la empresa en un 5%.	Proyectos de ahorro energético.	Representa el número de proyectos de ahorro energético que son planificados y ejecutados en la empresa	F4		#	Anual	Ingeniero en Mantenimiento	> 2	< 3 < 4	0
Clientes	Obrarían un 100% de disponibilidad en los equipos de fallas (para mantenimiento, aire acondicionado, aire acondicionado, aire acondicionado, aire acondicionado, aire acondicionado) y un 90% en los equipos de producción para asegurar la calidad del producto.	Disponibilidad	Permite evaluar el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté en condiciones para cumplir la función para la cual fue diseñado.	C1	$C1 = \frac{RTM}{MTBF + MTTR} \times 100$	%	Mensual	Ingeniero en Mantenimiento	95%	< 95% < 97%	< 97%
		MTTR (Mean Time To Repair)	Es la relación entre el tiempo total empleado en la reparación de fallas de un conjunto de equipos, y el número de fallas que se presentaron.	C2	$C2 = \frac{\sum RTM}{RTF}$	Horas	Mensual	Ingeniero en Mantenimiento	< 3	> 3 < 7	> 7
	Completar el 100% de los trabajos, dentro de un rango de tiempo aceptable, establecido en los procedimientos de mantenimiento.	Razón de cumplimiento	Permite calcular el porcentaje de órdenes de trabajo terminadas entre el número de órdenes de trabajo emitidas.	C3	$C3 = \frac{OT}{OTE} \times 100$	%	Mensual	Ingeniero en Mantenimiento	100%	< 100% < 105%	> 105%
Proceso Interno	Reducir la cantidad de horas extra laboradas en un 10% mejorando la planificación del mantenimiento.	Porcentaje de horas extra	Permite calcular el porcentaje del tiempo total laborado que pertenece a tiempo extraordinario.	F1	$F1 = \frac{\text{Total de horas extra}}{\text{Total de horas laboradas}} \times 100$	%	Anual	Ingeniero en Mantenimiento	10%	> 10% < 15%	> 15%
	Implementar un plan de mantenimiento preventivo que permita reducir las horas dedicadas a eventualidades a un 5%.	Cumplimiento del mantenimiento planificado	Permite calcular la proporción de órdenes planificadas que se terminaron, con respecto al total de órdenes de trabajo planificadas.	F2	$F2 = \frac{\text{Total de órdenes terminadas}}{\text{Total de mantenimiento planificado}} \times 100$	%	Anual	Ingeniero en Mantenimiento	> 90%	< 90% < 95%	< 95%
		Proporción de urgencia	Permite calcular el porcentaje de órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo emitidas, con respecto al total de órdenes de trabajo del departamento.	F3	$F3 = \frac{O P M C}{O T E} \times 100$	%	Mensual	Ingeniero en Mantenimiento	< 45%	> 45% < 55%	> 55%
Perspectiva de conocimiento y aprendizaje	Incrementar a 40 horas anuales las actividades de capacitación del personal, para aumentar el nivel de motivación y de competencia de trabajos realizados.	Horas de capacitación	Representa el número de horas anuales que un empleado es enviado a capacitaciones o actualizaciones, para mejorar su destreza técnica.	A1		Horas	Anual	Ingeniero en Mantenimiento	40	< 40 < 50	< 50
		Fallas de enfermedad	Es el número de horas que se ausentan los empleados de mantenimiento por enfermedad, con respecto al número de horas planificadas para estos eventuales.	A2	$A2 = \frac{\text{Total de horas ausentadas}}{\text{Total de horas planificadas para estos eventuales}}$	%	Anual	Ingeniero en Seguridad Laboral	5%	5%	5%
	Conseguir que no existan incapacidades debido a accidentes laborales en el personal del departamento de mantenimiento.	Fallas de seguridad laboral	Es el número de accidentes al año que injerirán los empleados de mantenimiento, la seguridad laboral es extremadamente importante ya que el personal está expuesto a riesgos con pilas en movimiento, con herramientas de corte, desbaste y con fluidos eléctricos.	A3	$A3 = \frac{\text{Número de lesiones}}{\text{Total de empleados al año}}$	#	Anual	Ingeniero en Seguridad Laboral	0	1	2

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel.

## VI. ESTUDIO DE MANPOWER

Actualmente, la empresa Smith-Sterling cuenta con un modelo de estimación del recurso humano basado en benchmarking, con respecto a la sede principal del conglomerado Glidewell. Para describir mejor esta situación se utilizará un ejemplo práctico, se supone que en Glidewell se producen al día 1000 piezas dentales y cuentan con un departamento de mantenimiento conformado por 8 técnicos electromecánicos y 2 ingenieros; en Costa Rica, se requiere una producción de 500 piezas dentales, por lo que siguiendo el modelo de benchmarking, el departamento debería estar compuesto por 4 técnicos electromecánicos y 1 ingeniero.

Este tipo de manejo del recurso humano presenta el problema de que si lo que se trata de emular está equivocado o desactualizado, se va a arrastrar el mismo error a nuestra compañía. En la Smith-Sterling, se presentan factores que llevaron al planteamiento de este estudio:

- Excesiva cantidad de horas extras.
- Paro de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo por falta de tiempo.
- Necesidad de contratar terceros, más de lo deseado, para dar abasto con las actividades diarias.

Para solucionar esta situación se propuso realizar la estimación de mano de obra implementando una metodología sistemática, esta considera factores como la cantidad de equipos a mantener, número de inspecciones preventivas para cada máquina, mantenimiento rutinario, tiempo para realizar esas inspecciones y mantenimientos, productividad el personal y horarios de trabajos permitidos para no impactar la producción. Esta metodología fue encontrada en el libro *Gestión de Activos Físicos* de Luis Amendola.

Dicho autor propone la siguiente expresión para la estimación de la cantidad de mano de obra:

$$X = \frac{\sum_{n=1}^N hen}{fp * h * 365 * (1 - \%v - \%nm - \%pr)}$$

Donde:

Fp= factor de productividad considerado.

h= 8 horas/hombre.

365= días del año en estudio.

X= número de operarios o ejecutores.

%v= porcentaje del tiempo gastado en vacaciones, bajas y tiempo libre.

%nm= porcentaje de actividades no relacionadas con el mantenimiento (actividades administrativas, formación, etc.)

%pr= porcentaje de actividades auxiliares de mantenimiento como desplazamiento, preparación, etc.

hen= horas de mantenimiento al año por activo en la planta.

N= total de activos que recibirán mantenimiento de la planta.

n= número del activo a recibir mantenimiento.

Algunos de los conceptos que abarca esa expresión no son del todo conocidos por las personas que laboran en mantenimiento o en ingeniería en general, por lo que es importante definirlos para que el procedimiento quede lo más claro posible.

El factor de productividad de mano de obra se puede considerar como “la relación de los resultados obtenidos de una actividad específica, y el total de tiempo y recursos empleados por el personal para realizarla.” (Amendola, 2010) Es decir que resultado se obtiene de un empleado comparándolo con los recursos que se utilizaron, esta estimación debe hacerse tomando en cuenta aspectos como habilidad, formación y motivación.

Los porcentajes de tiempo que se piden estimar son para calcular el índice de performance, dicho índice se calcula diciendo el número de horas estimadas entre el número de horas gastadas realizando una actividad. Es decir es una medida de la eficiencia de un trabajador, cabe destacar que este indicador puede ser afectado por la mala planificación de las actividades.

En general, las empresas no cuentan con datos como el porcentaje de tiempo transcurrido en actividades auxiliares de mantenimiento por lo que el libro ofrece datos estándares:

- %nm: 30% del tiempo se emplea en actividades no relacionadas con mantenimiento, como lo son tomar café, almuerzos, ir al baño, meriendas, etc.
- %v: 10% del tiempo anual deben tomarse en cuenta para vacaciones, licencias por enfermedad y asuntos personales.
- %pr: 15% del tiempo se gasta en la preparación de materiales, recorridos desde y hacia el equipo a mantener.

## **A. APLICACIÓN DEL MODELO**

Al no tener los datos necesarios para el cálculo del factor de productividad se realizará una estimación, basada en la experiencia, la formación y la motivación. En la empresa hay dos técnicos con formación de colegio vocacional, encargados de los trabajos más complejos, otros dos con formación empírica, pero con más de 6 años de experiencia con equipos de la compañía. Al tener algunos el grado de técnico y otros el tiempo laboral, además de una asignación de tareas de acuerdo con las habilidades y conocimientos, se espera un factor de productividad del 90%. Además de los reportes de planilla, del año pasado, que hace el ingeniero a cargo, donde se indica las horas laboradas de cada empleado, se sumó un total de 8500 horas de mantenimiento requeridas para alcanzar los requerimientos del negocio.

Ya se tienen los datos necesarios para el cálculo del manpower:

$$X = \frac{8500 \text{ horas/año}}{0,90 * 8 \text{ horas/hombre} * 365 * (1 - 0,10 - 0,30 - 0,15)}$$
$$X = 7 \text{ ejecutores}$$

Analizando los resultados del estudio junto con el ingeniero a cargo comentó que, basado en su experiencia, el número de técnicos recomendados se acerca a la cantidad óptima que él desearía tener. Con esa cantidad de personal se podrían hacer rotaciones de horario, disminuyendo las horas extras y los inconvenientes por la poca disponibilidad de equipos, además se minimizaría el uso de outsourcing a casos extremos de falla. Esta es solo la perspectiva de producción y gestión de mantenimiento, desde el punto de vista de salud, que es el más crítico, esta sobrecarga de labores puede deteriorar el estado físico y mental del personal de mantenimiento.

Para la empresa este tipo de estudio es algo nuevo, de lo que jamás habían escuchado, esto no es algo de sorprender ya que según una encuesta publicada en el libro de Amendola, 40% de las organizaciones participantes no cuentan con un mecanismo de estimación de recurso humano y más de 40% percibe que no cuenta con la cantidad de personal adecuado. Es importante darle un valor respetable al cálculo de manpower, desarrollando un modelo matemático de fácil entendimiento e implementación que considere los aspectos que para cada empresa sean claves, basados en la experiencia.

Este estudio va a presentarse ante la ingeniera de seguridad laboral, la supervisora de gestión de calidad y la gerente general en busca de más apoyo y recurso humano para el departamento, en busca de brindar un mejor servicio. El estudio también indica la forma de calcular supervisores y planificadores, pero ambos cálculos dieron como resultado menos de una persona por puesto, por lo que no se consideraron relevantes.

## VII. DISEÑO DE UNA BASE DE DATOS

Hoy en día la tecnología es parte de todos los aspectos de la vida, mantenimiento como departamento encargado de generar valor ha tenido que actualizarse y adoptar tendencias para mejorar el servicio que ofrece. Un GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador) colabora con las labores administrativas del departamento, permite el ahorro de tiempos que se pueden canalizar en otras actividades pero aún más remarcable es su ayuda con la toma de decisiones.

Aunque el uso de esta herramienta trae muchos beneficios, no se puede decidir la adquisición o el diseño de una sin realizar un análisis profundo. Cuestionarse que problema va a resolver a la empresa, que ventajas ofrece el sistema para la situación que se vive. Normalmente este tipo de sistemas ofrece:

- Controlar los costes de las instalaciones por mantener.
- Optimizar los medios técnicos y humanos de mantenimiento.
- Controlar la preparación de las intervenciones, su planificación y sus costes.
- Optimizar la gestión de existencias de piezas de repuesto a fin de reducir el valor de dichas existencias, manteniendo la disponibilidad satisfactoria de las instalaciones.
- Realizar un inventario de las instalaciones técnicas y documentarlas.

En la empresa Smith-Sterling ya tenían una pequeña base de datos en el departamento, casi no se utilizaba pero su objetivo era el de llevar un control sobre los trabajos realizados, tanto planeados como correctivos. Como parte del plan de mejora continua se propuso y se ejecutó la idea de adaptarla aún más a las necesidades de mantenimiento.

Se empezó con lo más básico de la gestión de mantenimiento, que es la creación de órdenes de trabajo, se le dio una configuración diferente, un poco más llamativa, fácil de manipular e intuitiva. Conjuntamente, se añadieron otras opciones como búsqueda de activos, búsqueda de repuesto según el equipo y búsqueda, entre un rango de fechas, de trabajos planeados como mantenimientos preventivos y calibraciones.



Figura 24. Panel de control base de datos

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Access.

Además de estas opciones, para incentivar un cambio cultural y acelerar la aceptación, se incorporó la opción de que, después de reportar el trabajo dentro de la base de datos se pueda generar automáticamente la requisición de repuestos y se puede hacer llegar a bodega por medio del correo electrónico, la iniciativa contó con el aval del ingeniero a cargo del departamento y de la persona encargada de bodega. Esto vino a sustituir el proceso anterior que no motivaba el uso de la base de datos, este consistía en utilizar un formato impreso, teniendo que gastar tiempo buscando los códigos de las partes y de la máquina a reparar, por lo que se le ahorran esos recursos a la empresa. Se adjunta un ejemplo de requisición de repuestos.

REQUISICION DE REPUESTOS

Técnico	200000	Fecha	2/17/2017
Número de activo	P2072	Descripción	CALIBRACION

REPUESTOS

Número de repuesto	Cantidad
CZ0019	2
CZ0030	2
CZ0037	1

**Figura 25. Requisición de repuestos digital**

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Access.

Al incorporar el uso de la base de datos al accionar diario de la empresa, fue tomando importancia estandarizar procedimientos, pues datos como el tiempo y la descripción del trabajo eran comúnmente pasados por alto. A raíz de esta necesidad se creó el manual de uso de la base de datos, se adjunta en el apéndice 5. Dicho manual abarca todas las funciones y posibles errores que se pueden encontrar, además describe los datos que se requieren para realizar las búsquedas o ingresos de forma clara.

La base de datos además de cumplir con su función de almacenar las actividades, debe aportar de manera más amplia al funcionar del departamento, de aquí nació la idea de que sea un apoyo para el sistema de índices. Algunos de los índices planteados son muy sencillos de desarrollar, como el que lleva la cuenta de los proyectos de ahorro energético planteados y ejecutados, hay otros como el MTTR que necesitan datos específicos.

Como se planteó anteriormente el MTTR o tiempo medio para reparar, es la relación entre el tiempo total empleado en la reparación de fallas de un conjunto de equipos y el número de fallas que se presentaron. En este caso, el grupo de máquinas se va a analizar es el que participa en el plan de mantenimiento preventivo.

Con el fin de facilitar los datos requeridos, número de fallas y duración de los trabajos, se diseñó una consulta que separa los mantenimientos correctivos de esos equipos del resto de órdenes de trabajo, mostrando la fecha de realización, la duración y el número de la asignación realizada.

OT	TIPO MANTENIMIEN	DURACION	FECHA
816	CORRECTIVO	3:45	14/05/2017
813	CORRECTIVO	2:55	12/05/2017
812	CORRECTIVO	3:10	09/05/2017
810	CORRECTIVO	1:15	08/05/2017
809	CORRECTIVO	6:00	06/05/2017
808	CORRECTIVO	:50	06/05/2017
807	CORRECTIVO	2:35	04/05/2017
803	CORRECTIVO	2:30	04/05/2017
799	CORRECTIVO	1:40	02/05/2017
797	CORRECTIVO	2:35	01/05/2017
796	CORRECTIVO	2:20	28/04/2017
795	CORRECTIVO	7:00	25/04/2017
793	CORRECTIVO	2:00	24/04/2017
791	CORRECTIVO	:30	22/04/2017
789	CORRECTIVO	2:35	21/04/2017
788	CORRECTIVO	1:50	21/04/2017
785	CORRECTIVO	3:00	20/04/2017
783	CORRECTIVO	2:25	20/04/2017
780	CORRECTIVO	1:40	18/04/2017
779	CORRECTIVO	1:15	18/04/2017
777	CORRECTIVO	5:30	18/04/2017

**Figura 26. Datos de mantenimiento correctivo recolectados en la base de datos**

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Access.

El 15 de mayo del 2017 se realizó la primera medición de MTTR con los datos que mostraba la consulta diseñada, el resultado se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 28. Resultados del MTTR**

Dato	Cantidad
Número de Trabajos	52
Cantidad de horas utilizadas	168,7
MTTR	3:15 (tres horas quince minutos)

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Word.

El tiempo medio para reparar los equipos críticos en Smith-Sterling es de tres horas quince minutos, por ahora no se puede indicar si este es un lapso de tiempo elevado o aceptable, ya que no se tiene ninguna otra referencia o punto de comparación, ni siquiera en las plantas de los Estados Unidos, por lo que este dato es un punto de partida. Conforme avance el año y más datos sean recolectados, una tendencia se irá haciendo visible, por lo que se podrían tomar decisiones para mejorar este tiempo de respuesta como mejorar la capacitación, depurar aún más los trámites administrativos, adquisición de herramientas o contrato de mano de obra. También se tiene pensado mejorar la consulta de la base de datos, de manera tal que permita realizar el cálculo del índice en periodos específicos de tiempo determinados por el usuario.

## **VIII. CONCLUSIONES**

### **A. CONCLUSIONES**

- Se identificaron las tareas de mantenimiento preventivas necesarias, mediante la técnica de RCM, que permiten cumplir con lo estipulado en la norma ISO, en los trece equipos seleccionados, según el análisis de criticidad.
  
- Se estableció que el índice de Tiempo Medio para Reparación (MTTR) es de tres horas y quince minutos, mediante la implementación de una base de datos.
  
- Se determinaron los indicadores de mantenimiento que le permiten al departamento evaluar el impacto de su gestión mediante la metodología del Balanced Scorecard.

## **B. RECOMENDACIONES**

- Proponer la implementación de mantenimiento autónomo dentro de la empresa, abarcando equipos manuales y poco complejos, para aprovechar de mejor manera el tiempo de los empleados del departamento en labores técnicas más elevadas.
- Ejecutar y diseñar planes de ahorro energético que permitan un mayor aprovechamiento de recursos como la electricidad y el aire acondicionado.
- Motivar y apoyar a los empleados del departamento de mantenimiento para recibir capacitaciones y cursos de actualización, de modo que puedan solucionar problemas más eficientemente.
- Continuar con el uso estricto de la base de datos, basándose en los criterios establecidos en su manual de uso, permitiendo una recolección de datos a largo plazo, generando tendencias y facilitando la toma de decisiones.
- Tomar en cuenta los resultados del estudio de manpower y las demás evidencias que apuntan a la falta de personal en el departamento, con el fin de propiciar un análisis más profundo del modelo actual.
- Realizar mejoras a los sistemas de extracción de humos en los departamentos de prensado y sinterizado, asegurando las condiciones mínimas de seguridad y comodidad a los empleados.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Amendola, L. J. (2010). *Gestion de proyectos de activos industriales*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Amendola, L., Depool, T., & Gonzalez, J. (01 de Mayo de 2017). *Modelo de criticidad operacional en generadores de parques eolicos*. Obtenido de [http://www.aepro.com/files/congresos/2008zaragoza/ciip08\\_2331\\_2340.595.pdf](http://www.aepro.com/files/congresos/2008zaragoza/ciip08_2331_2340.595.pdf)
- Cordoba, R. (2016). *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo basado en la metodologia RCM para el area de empaque de la empresa Laboratorios Stein*. Cartago.
- Gomes, L. (2015). *Presentacion de clase "Estrategias de Mantenimiento"*. Cartago.
- Gomez, L. (2014). *Presentacion de clase "Indices de Mantenimiento"*. Cartago.
- Interpretacion Libre de ISO/DIS 9001:2015*. (20 de Febrero de 2017). Obtenido de [http://www.uphuejutla.edu.mx/wp\\_uph/sgc/Capacitaciones/ISO%209001-2015%20REQUISITOS%20SGC.pdf](http://www.uphuejutla.edu.mx/wp_uph/sgc/Capacitaciones/ISO%209001-2015%20REQUISITOS%20SGC.pdf)
- ISO 9001 "Sistemas de gestión de la calidad- Requisitos" Issued 2015*.
- Mora, L. (2009). *Mantenimiento, Planeacion ejecucion y control*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor S.A.
- Moubray, J. (1997). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II*. Aladon LLC.
- Niven, P. (2008). *Balanced Scorecard step by steop*. New York: John Wiley & Sons,Inc.
- Pistarelli, A. (2010). *Manual de Mantenimiento. Ingenieria, gestion y organizacion* . Buenos Aires.
- Ramirez, J. L. (2017 de Mayo de 05). *Procedimiento para la elaboracion de un analisis FODA como una herramienta de planeacion estrategica en las empresas*. Obtenido de <https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/herramienta2009-2.pdf>
- SAE JA1011 "Criterios de evaluacion para el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)" Issued August 1999*.
- SAE JA1012 "Una guia para el mantenimiento centrado en confiabilidad RCM Estandar" Issued January 2002*.

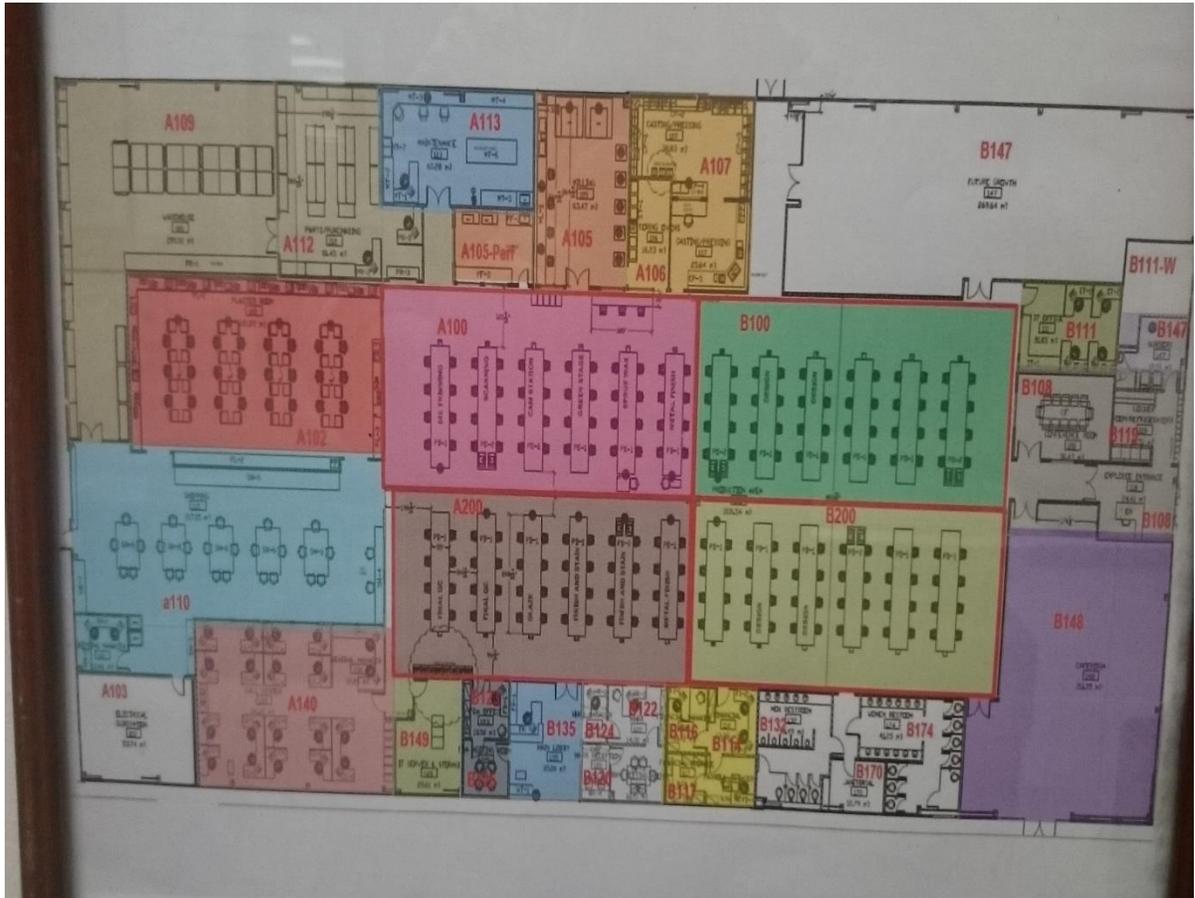
Smith-Sterling Dental Lab. (s.f.). *Smith-Sterling*. Obtenido de <http://www.smithsterling.com/>

Valverde, J. (2006). *Folleto Administracion de Mantenimiento I*. Escuela Ingeniera Electromecanica: Tecnologico de Costa Rica.

Vega, K. (2014). *Diseño de una propuesta de gestion de mantenimiento basada en un cuadro de mando integral, para el departamento de facilidades para una planta de manufactura de productos medicos*. Caatago.

## X. APÉNDICES

### A. APÉNDICE 1. UBICACIÓN DE EQUIPOS DENTRO DE LA EMPRESA



## B. APÉNDICE 2. ENCUESTAS DE LOS ANÁLISIS DE CRITICIDAD

					Departamento de mantenimiento Análisis de los equipos Tabla de valores de criticidad			
Persona entrevistada: Ing. Sergio Alfaro Fecha: 10/03/2017								
Equipos	Flexibilidad Operacio	Frecuencia de Falla	Impacto en Producción	TPPR	Costo Reparación	Impacto Seguridad	Impacto Ambiental	Criticidad
SSCR- CZ	2	3	7	4	2	4	0	57
SSCR- DH	4	2	10	3	4	0	4	50
SSCR-PO	2	3	5	3	2	4	0	48
SSCR-MI	2	3	7	3	4	0	0	48
SSCR- WP	2	2	10	4	3	4	0	46
SSCR-AC	2	2	10	4	3	0	4	46
SSCR- PM	2	3	5	2	2	4	0	45
SSCR- MC	2	3	5	2	2	4	0	45
SSCR-CO	4	2	7	4	2	0	4	42
SSCR-MA	4	2	7	4	2	0	4	42
SSCR-SP	2	3	5	2	1	4	0	42
SSCR-SX	2	3	5	3	3	0	0	39
SSCR-PF	4	2	7	4	4	0	0	38
SSCR-JP	2	2	5	2	2	0	0	22
SSCR-TT	2	2	5	1	2	0	0	20
SSCR-OD	2	2	3	2	2	0	0	18
SSCR-AA	2	2	3	1	2	0	0	16
SSCR-BE	2	2	3	1	2	0	0	16
SSCR-ST	1	2	3	1	2	0	0	14
SSCR-OV	2	2	3	1	1	0	0	14
SSCR-AN	2	2	3	1	1	0	0	14
SSCR-LQ	1	2	3	2	1	0	0	14
SSCR-FT	2	2	3	1	1	0	0	14
SSCR-CL	2	2	3	1	1	0	0	14
SSCR-LO	2	2	3	1	1	0	0	14
SSCR-MLP	2	2	3	1	1	0	0	14
SSCR-WO	1	1	5	1	1	0	4	12
SSCR-RA	1	1	3	2	1	0	4	11
SSCR-WD	1	1	3	2	1	0	4	11
SSCR-DI	1	1	3	2	1	0	4	11
SSCR-LU	2	2	1	1	1	0	0	10
SSCR-QX	2	2	1	1	1	0	0	10



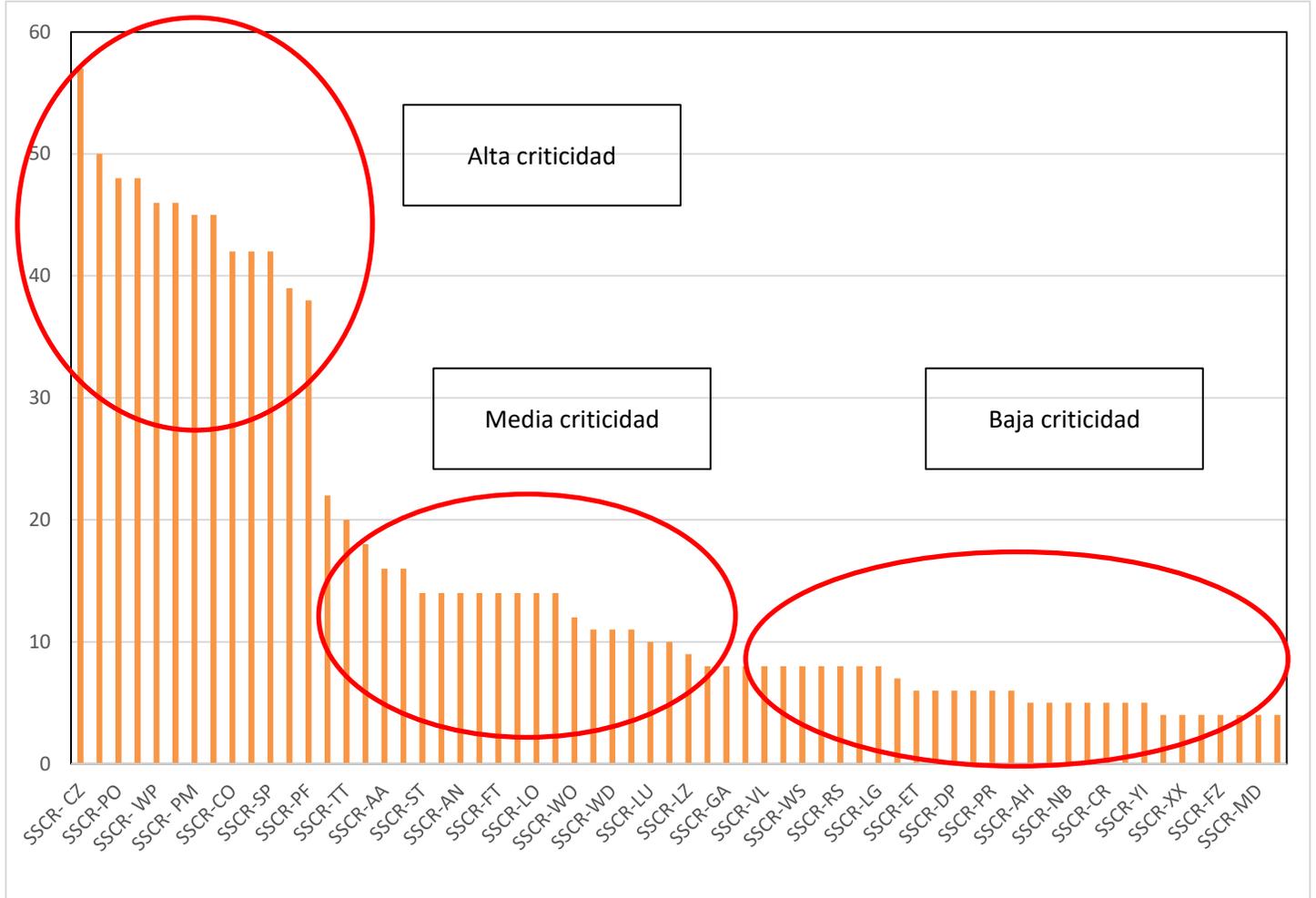
Departamento de mantenimiento  
Análisis de los equipos  
Tabla de valores de criticidad

Persona entrevistada: Ing. Sergio Alfaro

Fecha: 10/03/2017

Equipos	Flexibilidad Operacio	Frecuencia de Falla	Impacto en Producción	TPPR	Costo Reparación	Impacto Seguridad	Impacto Ambiental	Criticidad
SSCR-LZ	2	1	5	1	1	0	0	9
SSCR-IJ	1	2	1	1	1	0	0	8
SSCR-GA	1	1	5	1	1	0	0	8
SSCR-TY	2	1	3	1	2	0	0	8
SSCR-VL	1	1	5	1	1	0	0	8
SSCR-HI	1	1	3	2	2	0	0	8
SSCR-WS	1	2	1	1	1	0	0	8
SSCR-JH	1	2	1	1	1	0	0	8
SSCR-RS	1	2	1	1	1	0	0	8
SSCR-TO	1	1	1	1	1	0	4	8
SSCR-LG	1	1	1	1	1	0	4	8
SSCR-SB	1	1	3	2	1	0	0	7
SSCR-ET	1	1	1	2	2	0	0	6
SSCR-KE	1	1	3	1	1	0	0	6
SSCR-DP	1	1	1	2	2	0	0	6
SSCR-VM	1	1	3	1	1	0	0	6
SSCR-PR	2	1	1	1	2	0	0	6
SSCR-GU	1	1	3	1	1	0	0	6
SSCR-AH	1	1	1	2	1	0	0	5
SSCR-FF	1	1	1	2	1	0	0	5
SSCR-NB	1	1	1	2	1	0	0	5
SSCR-ML	1	1	1	1	2	0	0	5
SSCR-CR	1	1	1	1	2	0	0	5
SSCR-KZ	1	1	1	2	1	0	0	5
SSCR-YI	1	1	1	2	1	0	0	5
SSCR-ZZ	1	1	1	1	1	0	0	4
SSCR-XX	1	1	1	1	1	0	0	4
SSCR-WH	1	1	1	1	1	0	0	4
SSCR-FZ	1	1	1	1	1	0	0	4
SSCR-UV	1	1	1	1	1	0	0	4
SSCR-MD	1	1	1	1	1	0	0	4
SSCR-LT	1	1	1	1	1	0	0	4

Gráfico que representa los resultados de las tablas mostradas anteriormente



### C. APÉNDICE 3. HOJAS DE TRABAJO RCM



HOJA DE TRABAJO RCM- SMITH-STERLING

Página: 1 de 1

Realizó: Erick Solano

Aprobó:

MAQUINA	DISPENSADORA	CODIGO	SSCR-SX													
ZONA	MODELOS	AREA	A300													
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA									
1	Dispensar la cantidad exacta de agua y yeso requerida por el usuario, para las diferentes mezclas	A	Incapacidad total de dispensar la cantidad exacta de agua y yeso	Sistema hidráulico	Bomba	1	I	Componentes de la bomba desgastados	Impulsor deteriorado	Uso continuo	1	3	El agua no podría llegar del depósito al envase, la mezcla no podría realizarse	1	5	Dejar fallar, la bomba es sellada.
					Pieza angulada	2	I	Pieza angulada obstruida	Falta de limpieza	Descuido				2	2	Verificar el estado de la descarga de la pieza angulada. Desmonte y limpie de ser necesario
				Sistema de dispensado de yeso	Electroválvula	3	I	Electroválvula no enciende	Conexiones eléctricas defectuosas	2	3	El yeso no podría caer del depósito al envase, la mezcla no podría realizarse	3	2	Revisar el estado de las conexiones de la electroválvula.	
									Desgaste				Uso continuo	4	5	Dejar fallar, la válvula es sellada.
					Tubo de descarga	4	I	Tubo de descarga obstruido	Falta de limpieza	Descuido	5	2	Verificar el estado del tubo de descarga. Desmonte y limpie de ser necesario			
		Sistema eléctrico	Controlador	5	I	Controlador no enciende	Suciedad, polvo	Cables flojos	3	3	La dispensadora no enciende	6	2	Limpiar las conexiones del controlador con dieléctrico y aire comprimido.		
		B	Incapacidad parcial de dispensar la cantidad exacta de agua y yeso	Sistema hidráulico	Tubo flexible de aspiración	6	I	Tubo de aspiración presenta fugas	Desgaste	Uso continuo	4	4	La cantidad de agua dispensada sería incorrecta	8	2	Verificar la presencia de fugas en el tubo flexible. Cambiar si es necesario.
					Sistema de medición	Balanza	7	I	Balanza descalibrada	Uso continuo		5	4	La proporción de agua/yeso no es la adecuada	9	2
				8			I	Balanza sucia	Falta de limpieza	descuido			10	2	Limpiar el plato de la balanza y el espacio del equipo debajo de este con una toalla húmeda.	

MAQUINA	RECORTADORA	CODIGO	SSCR-SP																			
ZONA	MODELOS	AREA	A110																			
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFEECTO	ACCION PROACTIVA															
1	Desbastar en húmedo 300 gramos de yeso por minuto	A	Incapacidad total de desbastar en húmedo 300 gramos de yeso por minuto	Sistema de desbaste	Disco	1	I	Disco incapaz de sujetarse al eje	Deterioro del tornillo de sujeción	Uso continuo	1	3	La recortadora no puede desbastar ya que no hay movimiento en el disco, se detiene todo el proceso productivo	1	2	Limpiar el tornillo de la plataforma y el de la tapa con cepillo de bronce. Aplicar aceite penetrante.						
				Sistema eléctrico	motor	2	I	Falla a tierra	Contaminación interna del motor						2	2	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido.					
															3	I	Motor quemado	Sobrecarga térmica	Pérdida de aislamiento	3	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar
																				4	I	Baja presión de agua
				Sistema hidráulico	Electroválvula	4	I	Ausencia de agua en los rociadores	Fugas	Desgaste				3	5	El disco no estaría lubricado, por lo que si se intenta desbastar se dañaría el modelo y la máquina.	8	2	Verificar la no presencia de fugas en los fittings de la válvula. Reparar de ser necesario.			
																				Válvula de control	5	I
				6	5	Dejar fallar los rodamientos son sellados																

MAQUINA	RECORTADORA	CODIGO	SSCR-SP													
ZONA	MODELOS	AREA	A110													
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA									
1	Desbastar en húmedo 300 gramos de yeso por minuto	B	Incapacidad parcial de desbastar en húmedo 300 gramos de yeso por minuto	Sistema Desbaste	Disco	6	I	Disminución del nivel de desbaste	Desgaste	Uso continuo	4	3	El tiempo de trabajo en los moldes aumenta, retrasando la producción	9	3	Reemplazar el disco de desbaste
				Sistema hidráulico	Tubería	7	I	Cantidad de agua insuficiente	Desgaste		5	5	Al no llegar la cantidad de agua requerida en el punto de corte se pueden presentar daños al modelo	10	2	Verificar la no presencia de fugas en la tubería que transporta el agua.
2	Ofrecer las condiciones de seguridad y apariencia necesarias durante el proceso de producción	A	No cumple con los estándares de seguridad ni apariencia definidos por el usuario	Estructura		8	I	Carcasa con oxidación	Contaminación		6	6	Deterioro de la carcasa de la maquina	11	3	Eliminar los sedimentos del drenaje del equipo
				12	2									Limpiar la máquina para evitar sedimentación en el disco		

MAQUINA	Mezcladora		CODIGO	SSCR-MC													
ZONA	MODELOS		AREA	A110													
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA										
1	Mezclar la combinación de yeso y agua a la velocidad especificada por el usuario, por 15 minutos.	A	Incapacidad total de mezclar la combinación de yeso y agua a la velocidad especificada por el usuario, por 15 minutos.	Sistema electrico	Motor	1	I	Falla a tierra	Contaminación interna del motor	1	5	La mezcladora no podría lograr que se homogenice la combinación de agua y yeso, por lo que los moldes no se podrían producir.	1	2	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido		
						2	I	Motor quemado	Sobrecarga térmica				Perdida de aislamiento	2	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.	
						3	I	Motor quemado	Sobrecarga térmica				Desgaste de los rodamientos	3	2	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 8 Amperes	
					Protecciones eléctricas	4	I	Contactor y relé sucio	Suciedad, Polvo				Cables flojos	4	5	Dejar fallar, los rodamientos son sellados.	
						Variador de frecuencia	5	I	Variador de frecuencia no enciende				Polvo, Suciedad	Cables flojos	5	2	Revisar que no hayan cables o borneras flojas en las conexiones del controlador. Corregir si es necesario
							Sistema de transmisión	Polea	6				I	Banda con quemaduras en su superficie inferior	Poleas gastadas	Uso continuo	6
				Banda de transmisión	7	I			Correa se rompe				Desgaste	Uso continuo	7	2	Revisar que no haya poleas con grietas o con desgaste en los surcos. Reemplazar de ser necesario
					8	2		Limpiar las poleas con aire comprimido									
				9	2	Inspección visual del estado de la correa, no presente grietas o cortes.											



HOJA DE TRABAJO RCM- SMITH-STERLING

Página: 2 de 2

Realizó: Erick Solano

Aprobó:

MAQUINA		Mezcladora		CODIGO		SSCR-MC										
ZONA		MODELOS		AREA		A110										
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		PARTE		SUBPARTE		MODO DE FALLA		CAUSA		EFECTO		ACCION PROACTIVA		
1	Mezclar la combinación de yeso y agua a la velocidad especificada por el usuario, por 15 minutos.	A	Incapacidad total de mezclar la combinación de yeso y agua a la velocidad especificada por el usuario, por 15 minutos.	Sistema de transmisión	Banda de transmisión	8	I	Correa presenta deslizamiento	Tensión inadecuada		1	5	La mezcladora no podría lograr que se homogenice la combinación de agua y yeso, por lo que los moldes no se podrían producir.	10	2	Verificar que la tensión de la banda sea de 8 N
						9	I	Correa se suelta de la polea	Desalineamiento					11	2	Verificar que los ejes de las poleas se encuentren alineados
					Copa	10	I	Copa desgastada en su conexión con el motor	Desgaste	Uso continuo				12	2	Verificar el estado físico de la copa. Informar

MAQUINA	HORNO SINTERIZADO	CODIGO	SSCR-CZ
ZONA	MILLING	AREA	A100

FUNCION		FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSA		EFECTO		ACCION PROACTIVA					
1	Mantener la temperatura requerida por el usuario, sin interrupciones, por un periodo de 8 horas	A	Incapacidad total de alcanzar o mantener la temperatura requerida por el usuario.	Sistema eléctrico	Resistencias	1	I	Resistencias quebradas	Mal ajustado	Exceso de presión	1	5	Defectos en el acabado de las piezas.	1	3	Capacitación de personal
					Fajones	2	I	Fajones desalambrados	Desgaste	Uso continuo				2	2	Inspección visual del estado de las conexiones de las resistencias.
					Fuente de poder	3	I	Fuente de poder no enciende	Suciedad, Polvo	Cables flojos				3	2	Verificar el estado de los fajones. Cambiar si es necesario.
					Protecciones eléctricas	4	I	Contactor y relé sucio	Suciedad, polvo	Cables flojos	2	3	El horno no enciende, el proceso no se puede llevar a cabo	4	2	Limpiar las conexiones de la fuente de poder con aire comprimido y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario
					Controlador	5	I	Controlador no enciende	Suciedad, Polvo	Cables flojos				5	2	Limpiar las conexiones del relé y del contactor con aire comprimido y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario.
		B	Incapacidad parcial de alcanzar o mantener la temperatura requerida por el usuario.	Sistema eléctrico	Termopar	6	I	No se observa la temperatura real del horno	Desgaste	Uso continuo	3	4,5	Al no poder controlar la temperatura del horno se puede presentar pérdidas en producción y daños al equipo.	8	2	Verificar el estado del termopar y sus conexiones. Cambiar de ser necesario.

MAQUINA	HORNO SINTERIZADO	CODIGO	SSCR-CZ															
ZONA	MILLING	AREA	A100															
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFEECTO	ACCION PROACTIVA											
1	Mantener la temperatura requerida por el usuario, sin interrupciones, por un periodo de 8 horas	B	Incapacidad parcial de alcanzar o mantener la temperatura requerida por el usuario.	Resistencias								9	2	Realizar la calibración del horno.				
					7	I	Resistencias oxidadas	Desgaste	Uso continuo	4	5	Contaminación de las piezas dentales.	10	2	Verificar el color y desgaste de las resistencias. Reemplazar de ser necesario.			
					8	I	Aislamientos contaminados	Suciedad	Uso normal	5	5		No se alcanza la temperatura requerida por lo que afecta la calidad del producto.	11	2	Inspección visual del color de los aislamientos. Lijarlos si es necesario.		
														9	I	12	2	Limpiar el interior del horno con aire comprimido y dieléctrico.
														10	I	13	3	Iniciar el programa automático de purga.
11	I	Aislamientos fisurados	Desgaste	Uso continuo	5	5	14	2	Verificar si hay fisuras en los aislamientos de paredes, puerta y techo. Reemplazar de ser necesario.									

MAQUINA	IMPRESORA 3D	CODIGO	SSCR-PF										
ZONA	PERFACTORY	AREA	A120										
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFEECTO	ACCION PROACTIVA						
1	Realizar el moldeado de piezas dentales, por medio de capas de 70 µm, en un lapso de 3 horas	A	Incapacidad total de realizar el moldeado de piezas dentales, por medio de capas de 70 µm, en un lapso de 3 horas	Sistema eléctrico	Fuente de poder	1   Fuente de poder no enciende	Suciedad, Polvo	Cables flojos	1	5	Sin la fuente de poder que energice la maquina o sin la suficiente intensidad de luz no se podría formar la pieza dental.	1	Limpiar las conexiones de la fuente de poder con un paño seco y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario
					Protecciones eléctricas	2   Fusible se dispara	Desgaste					2	Verificar el estado físico de los fusibles y de los porta fusible. Reemplazar de ser necesario.
					Controlador	3   Controlador sucio	Suciedad, Polvo	Cables flojos				3	Revisar que no haya cables flojos en las conexiones de las tarjetas. Corregir si es necesario.
					Pantalla	4   Pantalla táctil no enciende	Suciedad, Polvo	Cables flojos				4	Limpiar las conexiones del controlador con un paño seco y dieléctrico.
					Lámpara	5   Consistencia inadecuada del material	Niveles de luminosidad fuera del rango aceptable					5	Limpiar las conexiones de la pantalla táctil con un paño seco y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario
												6	Limpiar las conexiones de la lámpara con un paño seco y dieléctrico.
		Sistema de proyección	Lentes	6   Forma irregular de la pieza	Suciedad	Contaminación del lente	2	3,4	Si la proyección se ve alterada por alguna contaminación la pieza saldría defectuosa.	7	Calibrar la intensidad de la luz a unos 700 ± 5 lux.		
										8	Reemplazar la lámpara		
										9	Limpiar los lentes azul y negro con una toalla deshumedecida.		
										10	Mantener el líquido lejos del alcance de la luz durante el mantenimiento		
										11	Revisar la polea en busca de grietas o desgaste en los surcos. Reemplazar de ser necesario		
Polímero	7   Material grueso	Exposición a alta luminosidad	Descuido										
									Polea	8   Banda con quemaduras en su superficie inferior	Poleas gastadas	Uso continuo	

MAQUINA	IMPRESORA 3D	CODIGO	SSCR-PF												
ZONA	PERFACTORY	AREA	A120												
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA		EFECTO		ACCION PROACTIVA						
1	Realizar el moldeado de piezas dentales, por medio de capas de 70 µm, en un lapso de 3 horas	A	Incapacidad total de realizar el moldeado de piezas dentales, por medio de capas de 70 µm, en un lapso de 3 horas	Sistema de filtrado	Cable de tensión	9	I	Cable deshilachado	Desgaste	Uso continuo	3	5,6	.Sin el sistema de filtrado la proyección de la imagen sería irregular y la fuente de poder se recalentaría	12	Verificar que el cable no se encuentre deshilachado. Reemplazar de ser necesario
					Abanicos	10	I	Grietas y golpes en las aspas	Desgaste por fatiga	Suciedad				13	Limpiar las aspas del abanico con un trapo seco.
					Filtro de partículas	11	I	Lentes sucios	Filtro sucio	Descuido				14	Limpiar el filtro de partículas que se encuentra debajo de la unidad con un trapo seco.
		Estructura	carcasa	12	I	Carcasa desnivelada	Descuido del personal	4	5	Con la estructura sucia o en desnivel los productos no van a cumplir con los estándares de calidad	15	Verificar el nivel general de la maquina con la burbuja en la parte superior de la carcasa.			
											16	Limpiar la carcasa con una toalla deshumedecida.			
											17	Verificar la no presencia de fugas o fisuras en la caja de contención de vidrio.			
		Bandeja	13	I	Bandeja agrietada	Uso continuo	Descuido								

MAQUINA	HORNO PRENSADO	CODIGO	SSCR-PO								
ZONA	PRENSADO	AREA	B102								
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA				
1	A	Sistema eléctrico	Resistencias	1	Resistencias quebradas	Mal ajustado	Exceso de presión	1   5	Defectos en el acabado de las piezas.	1   3	Capacitación de personal
			Fuente de poder	2	Fuente de poder no enciende	Suciedad, Polvo	Cables flojos			2   2	Inspección visual del estado de las conexiones de las resistencias.
			Protecciones eléctricas	3	Fusible se dispara	Desgaste				3   2	Limpiar las conexiones de la fuente de poder con un paño seco y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario
			Tarjetas	4	Tarjeta de control y display sucias	Suciedad, Polvo	Cables flojos			4   2	Verificar el estado físico de los fusibles y de los porta fusible. Reemplazar de ser necesario.
			Pantalla	5	Pantalla táctil no enciende	Suciedad, Polvo	Cables flojos			5   2	Revisar que no haya cables flojos en las conexiones de las tarjetas. Corregir si es necesario.
										6   2	Limpiar las conexiones de la pantalla táctil con un paño seco y dieléctrico.
		Sistema de prensado	Servomotor	6	Servomotor trabado	Desgaste	Uso continuo			7   2	Limpiar las conexiones de la pantalla táctil con un paño seco y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario
			Abanico	7	Servomotor quemado	Sobre carga térmica				8   5	Dejar fallar, el servomotor es sellado
										9   2	Limpiar las aspas del abanico con un trapo seco.

MAQUINA	HORNO PRENSADO		CODIGO	SSCR-PO												
ZONA	PRENSADO		AREA	B102												
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSA		EFECTO		ACCION PROACTIVA						
1	Mantener la temperatura requerida por el usuario y una presión de 25 mmHg, sin interrupciones, por un periodo de 1 hora	A	Incapacidad total de mantener la temperatura requerida por el usuario y una presión de 25 mmHg, sin interrupciones, por un periodo de 1 hora	Sistema de prensado	Plunger	8	I	Plunger barrido	Desgaste	Uso continuo	1	5	Defectos en el acabado de las piezas.	10	2	Verificar el estado físico del plunger, golpes, deterioro, grietas.
														11	2	Limpiar con cepillo especial y lubricar con grasa de uso general.
				Sistema de vacío	9	E	Perdida de vacío en el sistema	Fugas	Conexiones flojas	12				2	Verificar la no presencia de fugas en las mangueras del sistema de vacío. Reemplazar de ser necesario.	
										13				2	Verificar el estado físico de los fittings, desgaste, soldadura. Reemplazar de ser necesario.	
										14				2	Verificar el estado físico de los anillos del cabezote y de la base del horno. Reemplazar de ser necesario.	
		15	2	Revisar el correcto funcionamiento de la válvula de vacío. Informar												
		B	Incapacidad parcial de alcanzar o mantener la temperatura requerida por el usuario.	Sistema eléctrico	Termopar	10	I	No se observa la temperatura real del horno	Desajuste	Desgaste	2	3	Al no poder controlar la temperatura del horno se puede presentar pérdidas en producción y daños al equipo.	16	2	Verificar el estado del termopar y sus conexiones. Cambiar de ser necesario.
					Heating muffle	11	I	Temperatura irregular en la cámara caliente	Estrés térmico	Uso continuo				17	3	Realizar la calibración del horno.
					18	2	Verificar el estado físico de la mufla, grietas, desgaste. Cambiar de ser necesario.									

MAQUINA	HORNO PRENSADO	CODIGO	SSCR-PO														
ZONA	PRENSADO	AREA	B102														
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA		EFECTO		ACCION PROACTIVA								
1	Mantener la temperatura requerida por el usuario y una presión de 25 mmHg, sin interrupciones, por un periodo de 1 hora	B	Incapacidad parcial de alcanzar o mantener la temperatura requerida por el usuario.	Sistema de vacío	Mangueras	12	I	Formación de condensado en la cámara caliente	Excesiva humedad	Error humano			19	2	Revisar si existe formación de condensado en las mangueras del sistema de vacío o en la cámara caliente. Informar		
				Sistema aislante	Aislamientos	13	I	Aislamientos fisurados	Desgaste	Uso continuo	No se alcanza la temperatura requerida por lo que afecta la calidad del producto.	3	5	20	2	Verificar si hay fisuras en los aislamientos de la base y el cabezote. Reemplazar de ser necesario.	
						14	I	Aislamientos contaminados	Suciedad	Uso normal				21	2	Inspección visual del color de los aislamientos. Limpiarlos si es necesario.	
															22	3	Iniciar el programa automático de purga.
2	Ofrecer las condiciones de seguridad y apariencia necesarias durante el proceso de producción.	A	No cumple con los estándares de seguridad o apariencia definidos por el usuario	Estructura		15	I	Apertura del cabezote ruidosa	Desgaste de la tornillería de la apertura			4	1	Incomodidad para los operarios	23	2	Revisar que la apertura del cabezote sea suave y sin ruido excesivo
						16	I	Carcasa sucia	Falta de compromiso			5	6	Mala apariencia de la maquina	24	2	Limpiar con un trapo seco las rejillas de ventilación, el cabezote, la base del horno y el firing plate, con un trapo seco y una brocha.

MAQUINA	Bomba de vacío		CODIGO	SSCR-PM														
ZONA	Prensado		AREA	A107														
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA											
1	Suministrar vacío con 25 inHg de succión y un caudal de 1,23 cfm	A	Incapacidad total de suministrar vacío con 25 inHg de succión y un caudal de 1,23 cfm	Sistema eléctrico	Motor	1	I	Falla a tierra	Contaminación interna del motor	1	6	La bomba de vacíos es incapaz de generar algún tipo de succión, ya que no puede empezar ningún movimiento	1	2	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido			
								2	I				Giro en el sentido erróneo	Conexión de fases indebida	Error humano	2	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.
								3	I				Pérdida de fase	Ausencia de la protección de pérdida de fase		3	3	Indicar con una etiqueta el sentido de giro del motor.
								4	I				Motor quemado	Sobrecarga térmica	Pérdida de aislamiento	5	2	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 2,9 Amperes
								5	I				Motor quemado	Sobrecarga térmica	Desgaste de los rodamientos	6	5	Dejar fallar, los rodamientos son sellados.
								6	I				Fusible se dispara	Desgaste		7	2	Verificar el estado físico de los fusibles y de los porta fusible. Reemplazar de ser necesario.
								7	E				Falla en el suministro eléctrico	Suspensión del servicio por parte del ICE		8	2	Verificar el correcto funcionamiento de la planta de emergencia.

MAQUINA	Bomba de vacío	CODIGO	SSCR-PM														
ZONA	Prensado	AREA	A107														
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPART E	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA										
1	A) Incapacidad total de suministrar vacío con 25 inHg de succión y un caudal de 1,23 cfm	Sistema de accionamiento	Eje	8	I	Grietas o golpes en el eje	Desgaste por fatiga	1	6	La bomba de vacío es incapaz de generar algún tipo de succión, ya que no puede empezar ningún movimiento	9	2	Verificar el estado físico del eje en busca de grietas o golpes, informar				
			Pistón	9	I	Caudal de succión nulo	Desgaste por fricción				Ingreso de partículas	10	2	Revisar visualmente el estado físico de los pistones, grietas, desgaste. Reemplazar de ser necesario			
														11	1	Lubricar los puntos de engrase de los pistones con <b>grasa grado 2</b> .	
														12	2	Inspeccionar el estado de los tornillos que unen el pistón con el eje. Resocar de ser necesario	
														13	2	Inspeccionar el estado de las aspas de los abanicos, grietas, fisuras. Informar	
														14	2	Limpiar las aspas de los abanicos con pistola antiestática de aire comprimido	
			Sistema de enfriamiento	abanicos	10	I	Motor quemado	Sobre carga térmica	Desbalance					15	2	Limpiar el filtro de succión con pistola antiestática de aire comprimido. Verificar el estado, cambiar si es necesario	
			Sistema de filtrado	Filtro de entrada	11	I	Desgaste en las piezas interna de la bomba	Desgaste del filtro							16	2	Verificar la no presencia fugas en los sellos internos de la bomba. Reemplazar de ser necesario
		B) Incapacidad parcial de suministrar vacío con 25 inHg de succión y un caudal de 1,23 cfm	Sistema de contención	Sello	12	I	Presión de vacío insuficiente	Sellos mal puestos	Desgaste normal por el material del sello	2	3,6	La presión de succión no sería la indicada para evacuar los desechos, por lo que podría haber desgaste o algún fallo.			17	2	Verificar el estado físico de placas que conforman la válvula check, grietas, desgaste. Reemplazar de ser necesario
	Válvula check			13	I	Presión de vacío insuficiente	Válvula mal armada	Desgaste por uso continuo						18	2	Inspeccionar el estado de los tornillos que unen el pistón con el eje. Resocar de ser necesario	

MAQUINA	Bomba de vacío		CODIGO	SSCR-PM												
ZONA	Prensado		AREA	A107												
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSA		EFECTO		ACCION PROACTIVA						
1	Suministrar vacío con 25 inHg de succión y un caudal de 1,23 cfm	B	Incapacidad parcial de suministrar vacío con 25 inHg de succión y un caudal de 1,23 cfm	Sistema de contención	fittings	14	I	Caudal de succión insuficiente	Mala selección de manguera	Soltura	3	3,6	El caudal de succión no es suficiente por lo que el material de desecho podría acumularse en la máquina.	19	2	Revisar el estado físico de los fittings de la succión y la descarga, desgaste, fugas. Reemplazar de ser necesario
					Cilindro	15	I	Caudal de succión insuficiente	Desgaste por fricción	Fugas				20	2	Revisar visualmente el estado físico de los cilindros, grietas, desgaste. Reemplazar de ser necesario
														21	2	Limpiar el cilindro con pistola antiestática de aire comprimido.
2	Ofrecer las condiciones de seguridad y apariencia necesarias durante el proceso de producción	A	No cumple con los estándares de seguridad ni apariencia definidos por el usuario	Estructura		16	I	Carcasa con oxidación	Ambiente de trabajo húmedo		4	1	Riesgo de un accidente laboral	22	2	Verificar el estado físico de la carcasa en busca de grietas o golpes. informar
						17	I	Sonido por encima del nivel de confort	Desgaste	Uso continuo	5	1	Condiciones no aptas para trabajar	23	2	Verificar el estado físico del muffler de salida en busca de grietas o golpes. informar

MAQUINA	COLECTOR DE POLVOS	CODIGO	SSCR-DH												
ZONA	Cuarto de Maquinas	AREA	A001												
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA								
1	Succionar y recolectar todas las partículas mayores a 50 micrómetros presentes en el laboratorio	A	Discapacidad total de succionar y recolectar todas las partículas mayores a 50 micrómetros presentes en el laboratorio	Sistema eléctrico	Motor	1	I	Falla a tierra	Contaminación interna del motor	1	El colector de polvos no recibir potencia del motor que le permita hacer succión. Por lo que no se mueve.	1	2	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido	
						2	I	Motor quemado	Sobrecarga térmica			Pérdida de aislamiento	2	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.
						3	I	Motor quemado	Sobrecarga térmica			Desgaste de los rodamientos	3	2	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 75 Amperes
						4	I	Pérdida de fase	Ausencia de la protección de pérdida de fase			4	5	Dejar fallar, los rodamientos son sellados.	
						5	I	Contactor y relé sucio	Suciedad, Polvo			Cables flojos	5	3	Instalar protección de pérdida de fase
						6	I	Controlador no enciende	Polvo, Suciedad			Cables flojos	6	2	Revisar que no hayan cables o borneras flojas en las conexiones de las protecciones. Corregir si es necesario
						7	E	Falla en el suministro eléctrico	Suspensión del servicio por parte del ICE				7	2	Limpiar las conexiones del controlador con aire comprimido. Resocar tornillos de ser necesario.
						8	2	Verificar el correcto funcionamiento de la planta de emergencia.							

MAQUINA	COLECTOR DE POLVOS	CODIGO	SSCR-DH																
ZONA	Cuarto de Maquinas	AREA	A001																
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA												
1	Succionar y recolectar todas las partículas mayores a 50 micrómetros presentes en el laboratorio	A	Discapacidad total de succionar y recolectar todas las partículas mayores a 50 micrómetros presentes en el laboratorio	Tornillos de sujeción motor	8	I	Vibración en el motor			1	3	El colector de polvos no recibir potencia del motor que le permita hacer succión. Por lo que no se mueve.	9	1	Realizar mediciones de vibración, no supere 5 mm.				
				Sistema de transmisión de potencia	Fajas	9	I	Correa se rompe	Desgaste				Uso continuo	10	2	Inspección visual del estado de la correa, no presente grietas o cortes.			
						10	I	Correa presenta deslizamiento	Tensión inadecuada					11	2	Verificar que la tensión de la banda sea de 20 N			
						11	I	Correa se suelta de la polea	Desalineamiento					12	1	Verificar que los ejes de las poleas se encuentren alineados			
					Polea	12	I	Banda con quemaduras en su superficie inferior	Poleas gastadas				Uso continuo	13	2	Revisar que no haya poleas con grietas o con desgaste en los surcos. Reemplazar de ser necesario			
				Turbina	13	I	Aspas trabajan en condición de fatiga	Desbalance	Contaminación				14	2	Resocar los tornillos de sujeción de las poleas.				
				15	2	Limpiar las aspas con un cepillo. Verificar el estado, informar													
				Sistema de filtrado	Filtros	14	I	Filtros rotos	Desgaste				Uso continuo	2	2	Sin este sistema todo el polvo succionado sería expulsado al exterior, al medio ambiente.	16	2	Verificar que el diferencial de presión entre la cámara sucia y la cámara limpia del recolector sea mayor a 0 psi
					Tubería vacío	15	I	Presión de vacío insuficiente	Presencia de fugas en los acoples					17	3		Reemplazar los filtros de cartucho		
					Manifold de aire	16	I	Presión de aire comprimido insuficiente	Fugas					18	2		Verificar la no presencia de fugas en la tubería de vacío. Corregir de ser necesario		
														19	2	Verificar el estado físico del manifold, grietas, desgaste, informar.			

MAQUINA	COLECTOR DE POLVOS		CODIGO	SSCR-DH												
ZONA	Cuarto de Maquinas		AREA	A001												
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA		CAUSA		EFECTO	ACCION PROACTIVA							
1	Succionar y recolectar todas las partículas mayores a 50 micrómetros presentes en el laboratorio	B	Discapacidad parcial de succionar y recolectar todas las partículas mayores a 50 micrómetros presentes en el laboratorio	Sistema de recolección de partículas	Electroválvula	17	I	Válvula solenoide no controla el avance	Falla de la electroválvula	3	2	Recolecta el polvo después de ser filtrado, este quedaría en el cuarto de máquinas de no poder almacenarlo cierto tiempo.	20	5	Sustitución de la electroválvula o solenoide	
					Tambor de almacenamiento	18	I	Tambor sobrepasa su capacidad de almacenamiento	Error humano				Descuido	21	2	Limpiar el tambor de almacenamiento, reemplazar la bolsa con el polvo acumulado.
					Carcasa	19	I	Carcasa presenta grietas y oxidación.	Desgaste					22	2	Limpiar la carcasa con aire comprimido y un trapo seco. Verificar estado físico, informar.

MAQUINA	MANEJADORA	CODIGO	SSCR-MA							
ZONA	MEZANINE	AREA	A002							
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFEECTO	ACCION PROACTIVA			
1	A	Sistema eléctrico	Motor	1 I	Falla a tierra	Contaminación interna del motor	Sin el motor la manejadora no sería capaz de trabajar, no podría completar el circuito refrigerante	1 2	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido	
				2 I	Motor quemado	Sobrecarga térmica		Perdida de aislamiento	2 2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.
				3 I	Motor quemado	Sobrecarga térmica		Desgaste de los rodamientos	3 2	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 10 Amperes
			Protecciones eléctricas	4 I	Contactador y relé sucio	Suciedad, Polvo		Cables flojos	4 5	Dejar fallar, los rodamientos son sellados.
			Controlador	5 I	Controlador no enciende	Polvo, Suciedad		Cables flojos	5 2	Revisar que no hayan cables o bornas flojas en las conexiones de las protecciones. Corregir si es necesario
				6 E	Falla en el suministro eléctrico	Suspensión del servicio por parte del ICE			6 2	Limpiar las conexiones del controlador con aire comprimido. Resocar tornillos de ser necesario.
				7 I	Pérdida de fase	Ausencia de la protección de pérdida de fase			7 2	Verificar el correcto funcionamiento de la planta de emergencia.
										8 3

MAQUINA	MANEJADORA	CODIGO	SSCR-MA													
ZONA	MEZANINE	AREA	A002													
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA									
1	A	Sistema de transmisión de potencia	Fajas	8	I	Correa se rompe	Desgaste	Uso continuo	2	1	Sin la transmisión de potencia del motor la manejadora no sería capaz de trabajar, no podría completar el circuito refrigerante	9	2	Inspección visual del estado de la correa, no presente grietas o cortes.		
				9	I	Correa presenta deslizamiento	Tensión inadecuada					10	2	Verificar que la tensión de la banda sea de 10 N		
				10	I	Correa se suelta de la polea	Desalineamiento					11	1	Verificar que los ejes de las poleas se encuentren alineados		
				Sistema de refrigeración	Filtro de admisión	11	I	Filtro obstruido	Contaminación	Uso continuo	3	1	Sin el intercambio adecuado de calor no se podrían ofrecer las condiciones de confort.	12	2	Verifique el estado físico de los filtros, golpes, desgaste, grietas. Informar
			Intercambiador de calor		12	I	Radiador congelado	Menos área de intercambio	Contaminación	13				2	Limpiar los filtros con aire comprimido y agua.	
			Termostato		13	I	No se observa la temperatura real del horno	Desgaste	Uso continuo	14				2	Revisar el estado físico del intercambiador de calor, desgaste, fisuras, congelamiento. Informar	
			Válvula de expansión		14	I	La caída de presión es insuficiente	Desgaste		15				2	Limpiar los intercambiadores con el químico Cleaner 20	
			Tubería refrigerante		15	1	Escape de refrigerante	Fugas en los acoples		16				2	Medir la temperatura en la salida del ducto y verificar que coincida con la que presenta el termostato	
					17	2	Verificar el estado físico de la válvula de expansión, daños en el bulbo, fugas. Informar									
				18	2	Verificar lo no presencia de fugas en las tuberías que transportan el refrigerante. Informar										
				19	1	Realizar medición de vibraciones en el motor, que no supere los 3 mm..										
				Sistema eléctrico	motor	16	I	Presencia de grietas y golpes en el eje del motor	Desgaste por fatiga	Vibraciones						

MAQUINA	MANEJADORA	CODIGO	SSCR-MA												
ZONA	MEZANINE	AREA	A002												
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFEECTO	ACCION PROACTIVA								
1	Suministrar la cantidad de BTU/h requeridos para mantener cualquier aposento a 24 °C y 50% de humedad relativa	B	Incapacidad parcial de suministrar la cantidad de BTU/h requeridos para mantener cualquier aposento a 24 °C y 50% de humedad relativa	Sistema de condensado	17	I	Bandejas de condensación presentan algas	Uso continuo	Descuido	4	1	Podría distribuirse algún tipo de bacteria por los ductos de aire acondicionado	20	2	Limpiar los drenajes de condensación con agua a presión
													21	2	Limpiar las bandejas de condensación
													22	2	Verificar el estado físico del sifón de drenaje de condensado, fugas desgaste. Informar
2	Ofrecer las condiciones de seguridad y apariencia necesarias durante el proceso de producción	A	No cumple con los estándares de seguridad ni apariencia definidos por el usuario	Carcasa	18	I	Carcasa con oxidación	Ambiente de trabajo húmedo		5	1	Riesgo de un accidente laboral	23	2	Revisar que no haya oxidación o golpes en la carcasa de la manejadora. Informar
				Rejillas	19	E	Rejillas sucias	Contaminación	Descuido	6	1	Obstaculiza una dispersión uniforme del aire acondicionado	24	2	Limpiar las rejillas con un trapo seco

MAQUINA	CONDENSADORA	CODIGO	SSCR-CO							
ZONA	PATIO DE EQUIPOS	AREA	A003							
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFEECTO	ACCION PROACTIVA			
1	A	Sistema eléctrico	Motor	1 I	Falla a tierra	Contaminación interna del motor	Sin el motor la condensadora no sería capaz de trabajar, no podría completar el circuito refrigerante	1 2	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido	
				2 I	Motor quemado	Sobrecarga térmica		Perdida de aislamiento	2 2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.
				3 I	Motor quemado	Sobrecarga térmica		Desgaste de los rodamientos	3 2	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 10 Amperes
			Protecciones eléctricas	4 I	Contactador y relé sucio	Suciedad, Polvo		Cables flojos	4 5	Dejar fallar, los rodamientos son sellados.
			Controlador	5 I	Controlador no enciende	Polvo, Suciedad		Cables flojos	5 2	Revisar que no hayan cables o borneras flojas en las conexiones de las protecciones. Corregir si es necesario
				6 E	Falla en el suministro eléctrico	Suspensión del servicio por parte del ICE			6 2	Limpiar las conexiones del controlador con aire comprimido. Resocar tornillos de ser necesario.
			Motor	7 I	Pérdida de fase	Ausencia de la protección de pérdida de fase			7 2	Verificar el correcto funcionamiento de la planta de emergencia.
									8 3	Instalar protección de pérdida de fase

MAQUINA	CONDENSADORA	CODIGO	SSCR-CO													
ZONA	PATIO DE EQUIPOS	AREA	A003													
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA									
1	Suministrar la cantidad de BTU/h requeridos para mantener cualquier aposento a 24 °C y 50% de humedad relativa	A	Incapacidad total de suministrar la cantidad de BTU/h requeridos para mantener cualquier aposento a 24 °C y 50% de humedad relativa	Sistema electrico	motor	8	1	Desgaste por trabajar en fatiga	Vibraciones	Base inestable	2	1	Sin el intercambio adecuado de calor no se podrían ofrecer las condiciones de confort.	9	1	Realizar medición de vibraciones en el motor, que no supere los 3 mm. Resocar los tornillos de sujeción de ser necesario.
				Sistema de refrigeración	Intercambiador de calor	9	1	Radiador congelado	Menos área de intercambio	Contaminación				10	2	Revisar el estado físico del intercambiador de calor, desgaste, fisuras, congelamiento. Informar
		Compresor	10	1	Compresor sobrecalentado	Falta de aceite	Fugas	12	2	11				2	Limpiar los intercambiadores con el químico Cleaner 20	
										12				2	Verificar el nivel de aceite del compresor por la mirilla, este tiene que estar por la mitad d	
										13				2	Revisar que la presión de succión del compresor sea de 110 psi y la presión de descarga de 325 psi.	
										14				2	Revisar que no hayan cables o borneras flojas en las conexiones del compresor. Corregir si es necesario	
										15				2	Limpiar la carcasa del compresor hermético con un trapo seco. Verificar estado físico e informar	
										16				2	Limpiar las aspas del abanico con un trapo seco	
		Abanico	13	1	Grietas y golpes en las aspas	Desgaste por fatiga				17				2	Verificar el estado físico de los soportes del abanico, desgaste, pandeo, oxidación. Informar.	
										Tubería refrigerante				14	1	Escape de refrigerante

MAQUINA	Bomba de agua	CODIGO	SSCR-WP													
ZONA	Cuarto de bombas	AREA	A001													
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA									
1	Bombear agua a una presión de 50 PSI y un caudal de 2,5 GPM	A	Incapacidad total de bombear agua a una presión de 50 PSI y un caudal de 2,5 GPM	Sistema eléctrico	Motor	1	I	Falla a tierra	Contaminación interna del motor	1	3	La bomba no puede impulsar agua ya que el motor que la energiza se encuentra fuera de servicio	1	2	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido	
						2	I	Motor quemado	Sobrecarga térmica	Perdida de aislamiento				2	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.
						3	I	Motor quemado	Sobrecarga térmica	Desgaste de los rodamientos				3	2	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 5,8 Amperes
						4	I	Pérdida de fase	Ausencia de la protección de pérdida de fase					4	5	Dejar fallar, los rodamientos son sellados.
					Protecciones eléctricas	5	I	Contacto y relé sucio	Suciedad, Polvo	Cables flojos				5	3	Instalar protección de pérdida de fase
						6	E	Falla en el suministro eléctrico	Suspensión del servicio por parte del ICE					6	2	Revisar que no hayan cables o borneras flojas en las conexiones de las protecciones. Corregir si es necesario
					Controlador	7	I	Controlador no enciende	Polvo, Suciedad	Cables flojos				7	3	Verificar el correcto funcionamiento de la planta de emergencia.
						8	2							8	2	Limpiar las conexiones del controlador con aire comprimido. Resocar tornillos de ser necesario.

MAQUINA	Bomba de agua	CODIGO	SSCR-WP												
ZONA	Cuarto de bombas	AREA	A001												
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA								
1	Bombear agua a una presión de 50 PSI y un caudal de 2,5 GPM	A	Incapacidad total de bombear agua a una presión de 50 PSI y un caudal de 2,5 GPM	Sistema impulsión	Eje	8	I	Grietas o golpes en el eje	Desgaste por fatiga	2	3	La transmisión de potencia es interrumpida, la bomba no trasiega líquido a donde se le requiere.	9	2	Verificar el estado físico del eje en busca de grietas o golpes, informar
						9	I	Vibraciones	Desalineamiento				10	1	Inspección del desalineamiento entre los ejes del motor y de la bomba
					Impulsor	10	I	Desgaste en el impulsor	Desgaste por edad				11	2	Verificar presión y caudal de la bomba
						11	I	Impulsor trabado por objeto extraño	Falla en el filtro				Rotura del elemento filtrante	12	2
		Sistema control de flujo	Sello mecánico	12	I	Baja presión de agua		3	3	Derrame innecesario de agua durante su transporte	13	2	Verificar que la fuga en el sello mecánico no sea excesiva, 20 gotas por minuto aproximadamente		
			Válvula compuerta	13	I	Existencia de fugas por las uniones o vástago de válvula	Desgaste o deterioro de los empaques				14	2	Verificar la no existencia de fugas por los empaques de las válvulas		
		Sistema de filtrado	Filtro	14	I	Existencia de fugas por las uniones	Desgaste o deterioro de los empaques	4	3,6	Partículas pequeñas entran en el sistema, desgastan el impulsor	15	2	Verificar la no presencia de fugas en las uniones del filtro con las tuberías de descarga		
											15	E	Obstrucción parcial del filtro	Falla en el sistema de dosificación	16
		B	Incapacidad parcial de bombear agua a una presión de 50 PSI y un caudal de 2,5 GPM	Sistema de sujeción	base	16	I	Soltura de los pernos de anclaje	Exceso de vibración	5	3,6	Se presenta fatiga en varios elementos de la bomba.	17	1	Inspección de mantenimiento predictivo para monitoreo de vibraciones

MAQUINA	Bomba de agua	CODIGO	SSCR-WP												
ZONA	Cuarto de bombas	AREA	A001												
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPART E	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA								
1	Bombear agua a una presión de 50 PSI y un caudal de 2,5 GPM	B	Incapacidad parcial de bombear agua a una presión de 50 PSI y un caudal de 2,5 GPM	Sistema de transporte	Unión flexible	17	I	Vibración en la tubería	Unión flexible rota	5	3,6	Se presenta fatiga en varios elementos de la bomba.	18	2	Verificar el estado físico de la unión flexible, grietas, soldadura. Informar
					Tuberías de succión y descarga	18	I	Caudal de agua insuficiente	Fugas en la tubería				Desgaste	19	2
		Sistema de regulación de presión	Presostatos	19	I	Mediciones erróneas	Desajuste	Uso continuo	6	3	El agua no tiene suficiente presión, puede no llegar a ciertos aposentos	20	2	Verificar que la bomba encienda a 50 psi y se apague a los 70 psi	
			Tanque hidroneumático	20	E	Presión de agua insuficiente	Membrana rota	Desgaste				21	2	Ajustar la presión de aire del tanque hidroneumático de 50 psi a 70 psi	
													22	3	Calcular la vida útil de la membrana del tanque hidroneumático
2	Ofrecer las condiciones de seguridad y apariencia necesarias durante el proceso de producción	A	No cumple con los estándares de seguridad ni apariencia definidos por el usuario	Estructura	21	I	Perdida de presión	Ambiente de trabajo húmedo	Oxidación	7	1	Riesgo de un accidente laboral	23	2	Verificar el estado físico de la carcasa de la bomba, fugas, grietas, golpes. Informar.

MAQUINA	COMPRESOR	CODIGO	SSCR-AC																			
ZONA	CUARTO DE MAQUINAS	AREA	A001																			
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA															
1	Suministrar 400 CFM de aire comprimido en un rango de 125 psi a 135 psi.	A	Incapacidad total para suministrar 400 CFM de aire comprimido en un rango de 125 psi a 135 psi.	Sistema eléctrico	Motor	1	I	Falla a tierra	Contaminación interna del motor	1	3	El motor principal y el motor del ventilador no pueden encender, por lo que el compresor no puede mover ninguna pieza.	1	2	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido							
						2	I	Motor quemado	Sobrecarga térmica				Perdida de aislamiento	2	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.						
						3	I	Motor quemado	Sobrecarga térmica				Desgaste de los rodamientos	3	2	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 50 Amperes						
						4	I	Motor quemado	Sobrecarga térmica				Ventilación inadecuada	4	5	Dejar fallar, los rodamientos son sellados.						
					5	I	Motor quemado	Sobrecarga térmica					5	3	Verificar que el interruptor de alimentación eléctrica del ventilador esté permitiendo el paso de corriente antes de energizar.							
					Protecciones eléctricas	5	I	Contacto y relé sucio	Suciedad, Polvo				Cables flojos	6	2	Limpiar las conexiones del contactor y del relé con aire comprimido y dieléctrico. Resocar tornillos si es necesario.						
					Panel de control	6	I	Panel de control sucio	Suciedad, Polvo				Cables flojos	7	2	Limpiar las conexiones del panel de control con aire comprimido y dieléctrico. Resocar tornillos si es necesario.						
					Sistema Admisión de aire	Filtro de aire	7	I	Falta de aire en la admisión				Desgaste	Recinto muy sucio	2	3	Si la succión de aire falla no se puede comprimir la cantidad suficiente de aire	8	2	Verificar el estado físico del filtro de aire. Reemplazar de ser necesario.		
																				9	2	Limpiar con aire comprimido de ser necesario

MAQUINA	COMPRESOR	CODIGO	SSCR-AC														
ZONA	CUARTO DE MAQUINAS	AREA	A001														
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	PARTE	SUBPARTE	MODO DE FALLA	CAUSA	EFECTO	ACCION PROACTIVA										
1	Suministrar 400 CFM de aire comprimido en un rango de 125 psi a 135 psi.	A	Incapacidad total para suministrar 400 CFM de aire comprimido en un rango de 125 psi a 135 psi.	Sistema Admisión de aire	Valvula de admision principal	8	I	Diferencial de presion alta	Sellos desgastados				10	2	Verificar el estado de los sellos de la válvula de admisión principal. Cambiar de ser necesario.		
				Sistema de enfriamiento	Filtro de aceite	9	I	Aceite contaminado	Desgaste	Contaminación	3	6	Sin el enfriamiento por medio del aceite los tornillos se desgastaría mucho más rápido	11	5	Reemplazar el filtro de aceite.	
					Bomba de aceite	10	I	Presion de aceite insuficiente	Presencia de fugas	Uso continuo				12	2	Verificar la presión de aceite dentro de la carcasa	
														13	2	Verificar el estado físico de la bomba de aceite, golpes, grietas. Informar.	
						Tubería	11	I	Cantidad de aceite insuficiente	Fuga en los acoples				desgaste	14	2	Verificar el nivel de aceite en el visor, el nivel debe estar por encima de la mitad de la parte visible. Reponer de ser necesario con aceite SSR ultra coolant
															15	2	Inspeccionar la no presencia de fugas en la tubería de aceite. Informar
					Enfriador	12	I	Desgaste en los tornillos	Estrés térmico					16	2	Limpiar los serpentines del enfriador de aceite con agua a presión y jabón	
				17							2	Verificar el estado del radiador, golpes, grietas, conexiones flojas. Reemplazar de ser necesario.					
				Sistema de aire comprimido	Electroválvula	13	I	Válvula solenoide no controla el avance	Falla de la electroválvula		4	5	El aire comprimido del que se dispondría no cumpliría con las especificaciones de presión, temperatura o caudal	18	5	Sustitución de la electroválvula o solenoide	
				Trampa de condensado	14	I	Trampa saturada	Uso continuo		19				2	Limpiar la trampa de condensado		
										Presostato				15	I	Presión de trabajo inadecuada	Desgaste

		A	Incapacidad total para suministrar 400 CFM de aire comprimido en un rango de 125 psi a 135 psi.	Sistema aire comprimido	Secador	16	I	Secador desajustado	Uso continuo					21	2	Verificar que la temperatura de trabajo sea de 175 F. Ajustar de ser necesario
							I						22	2	Verificar el estado físico del secador de aire, golpes, grietas. Informar	
					Tubería	17	I	Presión de aire insuficiente	fugas				23	2	Inspeccionar la no presencia de fugas en la tubería de aire comprimido interna. Informar	
					Válvula de mínima presión	18	I	Presión de aire insuficiente	Fugas en los acoples	Desgaste			24	2	Verificar que la válvula de mínima presión no presente fugas	
				Sistema de accionamiento mecánico	Eje	19	I	Grietas y golpes es el eje	Desgaste por fatiga		5	3	No se daría transmisión de potencia del motor a los tornillos, no habría producción de aire comprimido.	25	2	Verificar el estado físico del eje en busca de grietas o golpes, informar
					Fajas	20	I	Correa se rompe	Desgaste	Uso continuo				26	2	Inspección visual del estado de la correa, no presente grietas o cortes.
						21	I	Correa presenta deslizamiento	Tensión inadecuada					27	2	Verificar que la tensión de la banda sea de 20 N
						22	I	Correa se suelta de la polea	Desalineamiento					28	2	Verificar que los ejes de las poleas se encuentren alineados
		B	Incapacidad parcial para suministrar 400 CFM de aire comprimido en un rango de 125 psi a 135 psi.	Sistema aire comprimido	Elemento separador	23	I	Baja calidad de aire comprimido	Desgaste		6	1,5	Aire contaminado con aceite entraría en contacto con el producto	29	2	Verificar el estado del elemento separador, golpes, grietas. Reemplazar de ser necesario
					Sistema de accionamiento mecánico	Tornillos, diafragma	24	I	Golpes en la caja de diafragma	Desgaste por fatiga		7	1,3	Generación de ruido y caudal insuficiente	30	2
				Abanico		25	I	Grietas en las aspas	Desbalance	Vibraciones			31		2	Limpiar las aspas del abanico con un trapo seco
				Estructura	26	I	Carcasa con oxidación	Ambiente húmedo de trabajo			8	1	Riesgo de un accidente laboral	32	2	Limpiar toda la carcasa con jabón y trapo húmedo
33	2	Lijar y pintar los puntos del compresor que presenten oxido.														

D. APÉNDICE 4. MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.



# Manual de Usuario de Mantenimiento preventivo

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



**SMITH-STERLING**  
**Laboratorios Dentales**

De Zona Franca™

Máquina:		Horno Prensado	Código:	SSCR-HP-		
Nro	INSPECCION.		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	2	Inspección visual del estado de las conexiones de las resistencias.	M	12	5	T1
2	3	Limpia las conexiones de la fuente de poder con un paño seco y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario	M	12	10	T1
3	4	Verificar el estado físico de los fusibles y de los porta fusible. Reemplazar de ser necesario.	M	12	5	T1
4	5	Revisar que no haya cables flojos en las conexiones de las tarjetas. Corregir si es necesario.	M	12	1M	T1
5	6	Limpia las conexiones de las tarjetas con un paño seco y dieléctrico.	M	12	5	T1
6	7	Limpia las conexiones de la pantalla táctil con un paño seco y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario	M	12	5	T1
7	9	Limpia las aspas del abanico con un trapo seco.	T	4	5	T1
8	10	Verificar el estado físico del plunger, golpes, deterioro, grietas.	T	4	10	T1
9	11	Limpia con cepillo especial y lubrica con grasa de uso general.	T	4	20	T1
10	12	Verifica la no presencia de fugas en las mangueras del sistema de vacío. Reemplazar de ser necesario.	M	12	10	T1
11	13	Verifica el estado físico de los fittings, desgaste, soldadura. Reemplazar de ser necesario.	M	12	1M	T1
12	14	Verifica el estado físico de los anillos del cabezote y de la base del horno. Reemplazar de ser necesario.	T	4	20	T1
13	15	Revisa el correcto funcionamiento de la válvula de vacío. Informar	M	12	5	T1

14	16	Verificar el estado del termopar y sus conexiones. Cambiar de ser necesario.	T	4	1M	T1
15	18	Verificar el estado físico de la mufia, grietas, desgaste. Cambiar de ser necesario.	T	4	10	T1
16	19	Revisar si existe formación de condensado en las mangueras del sistema de vacío o en la cámara caliente. Informar	T	4	5	T1
17	20	Verificar si hay fisuras en los aislamientos de la base y el cabezote. Reemplazar de ser necesario.	T	4	15	T1
18	21	Inspección visual del color de los aislamientos. Limpiarlos si es necesario.	T	4	1M	T1
19	23	Revisar que la apertura del cabezote sea suave y sin ruido excesivo	M	12	1M	T1
20	24	Limpiar con un trapo seco las rejillas de ventilación, el cabezote, la base del horno y el firing plate, con un trapo seco y una brocha.	M	12	5	T1

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



**SMITH-STERLING**  
**Laboratorios Dentales**

De Zona Franca™

Máquina:		Bomba de Agua	Código:	SSCR-WP-		
Nro		INSPECCION.	PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	1	Limpia la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido	M	12	5	T1
2	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.	E	2	15	T1
3	3	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 5,8 Amperes	M	12	5	T1
4	6	Revisar que no hayan cables o borneras flojas en las conexiones de las protecciones. Corregir si es necesario	T	4	5	T1
5	7	Limpia las conexiones del controlador con aire comprimido. Resocar tornillos de ser necesario.	T	4	5	T1
6	8	Verificar el correcto funcionamiento de la planta de emergencia.	E	2	15	T1
7	9	Inspeccion de mantenimiento predictivo para monitoreo de vibraciones	M	12	25	T1
8	10	Verificar funcionamiento de sistema de tratamiento agua	S	52	5	T1
9	11	Verificar deterioro o desgaste en el elemento filtrante	M	12	5	T1
10	12	Verificar la existencia de fugas por los empaques de las válvulas	T	4	20	T1
11	13	Verificar la no presencia de fugas en las uniones del filtro con las tuberías de descarga	T	4	5	T1
12	14	Verificar presión y caudal de la bomba	S	52	5	T1
13	15	Verificar el estado físico de la carcasa de la bomba, fugas, grietas, golpes. Informar.	E	2	10	T1
14	16	Inspeccion del desalineamiento entre los ejes del motor y de la bomba	T	4	25	T1

15	17	Verificar el estado físico del eje en busca de grietas o golpes, informar	T	4	10	T1
16	18	Verificar el estado físico de la unión flexible, grietas, soldadura. Informar	E	2	5	T1
17	19	Verificar que la fuga en el sello mecánico no sea excesiva, 20 gotas por minuto aproximadamente	M	12	5	T1
18	20	Verificar que la bomba encienda a 50 psi y se apague a los 70 psi	S	52	5	T1
19	21	Verificar el estado físico de las tuberías del sistema, fugas, grietas o golpes. Reemplazar de ser necesario	S	52	20	T1
20	23	Ajustar la presión de aire del tanque hidroneumático de 50 psi a 70 psi	S	52	5	T1

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



**SMITH-STERLING**  
**Laboratorios Dentales**

De Zona Franca™

Máquina:		CNC	Código:	SSCR-MI-		
Nro		INSPECCION.	PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	1	Limpiar las conexiones de la fuente de poder con un paño seco y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario	T	4	10	T1
2	2	Verificar el estado físico de los fusibles y de los porta fusible. Reemplazar de ser necesario.	E	2	5	T1
3	3	Revisar que no haya cables flojos en las conexiones del controlador. Corregir si es necesario.	E	2	5	T1
4	4	Limpiar el controlador con un paño seco y dieléctrico.	E	2	5	T1
5	5	Limpiar las conexiones de la pantalla con un paño seco y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario	E	2	5	T1
6	6	Revisar el estado de las conexiones de la tubería de aire comprimido y los fittings del actuador. Ajustar de ser necesario.	E	2	5	T1
7	7	Verificar el estado físico de los actuadores neumáticos, grietas, desgaste. Reemplazar de ser necesario.	E	2	35	T1
8	8	Verificar el estado físico de los empaques del gabinete eléctrico, desgaste, fisuras. Reemplazar de ser necesario	E	2	5	T1
9	12	Revisar que no haya cables flojos en las conexiones de la botonera. Corregir si es necesario.	E	2	5	T1
10	13	Verificar el estado físico del eje en busca de grietas o golpes, informar	T	4	15	T1
11	15	Engrasar los puntos de lubricación con grasa grado 2 de litio	T	4	5	T1
12	16	Limpiar los tool holder con pistola antiestática de aire comprimido. Verificar el estado, cambiar si es necesario	T	4	5	T1

13	17	Limpiar el collect con aire comprimido. Verificar el estado, cambiar si es necesario	T	4	5	T1
14	18	Limpiar el filtro de succión con pistola antiestática de aire comprimido. Verificar el estado, cambiar si es necesario	T	4	5	T1
15	19	Verificar el estado físico del bobinado del motor, quemaduras, cables sueltos. Reemplazar de ser necesario	E	2	30	T1
16	20	Revisar el estado de los alineadores de base del spindle. Ajustar si es necesario.	T	4	5	T1
17	21	Verificar la no presencia de fugas en la tubería de aire comprimido.	T	4	15	T1
18	22	Verificar el correcto funcionamiento de los compresores.	S	52	5	T1
19	23	Limpiar los ductos del sistema de extracción con aire comprimido. Verificar el estado, informar.	E	2	10	T1
20	24	Verificar el correcto funcionamiento del colector de polvos.	S	52	5	T1

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



**SMITH-STERLING**  
**Laboratorios Dentales**

De Zona Franca™

Máquina:		Compresor	Código:	SSCR-AC		
Nro		INSPECCION.	PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	1	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido	M	12	10	TE
2	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.	E	2	5	TE
3	3	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 50 Amperes	M	12	5	TE
4	5	Verificar que el interruptor de alimentación eléctrica del ventilador esté permitiendo el paso de corriente antes de energizar.	M	12	1	TE
5	6	Limpiar las conexiones del contactor y del rele con aire comprimido y dieléctrico. Resocar tornillos si es necesario.	M	12	5	TE
6	7	Limpiar las conexiones del panel de control con aire comprimido y dieléctrico. Resocar tornillos si es necesario.	M	12	5	TE
7	8	Verificar el estado físico del filtro de aire. Reemplazar de ser necesario.	S	52	10	TE
8	9	Limpiar con aire comprimido de ser necesario	S	52	5	TE
9	10	Verificar el estado de los sellos de la válvula de admisión principal. Cambiar de ser necesario.	M	12	10	TE
10	11	Reemplazar el filtro de aceite.	A	1	20	TE
11	12	Verificar la presión de aceite dentro de la carcasa	E	2	5	TE
12	13	Verificar el estado físico de la bomba de aceite, golpes, grietas. Informar.	A	1	5	TE
13	14	Verificar el nivel de aceite en el visor, el nivel debe estar por encima de la mitad de la parte visible. Reponer de ser	S	52	1	TE

		necesario con aceite SSR ultra coolant				
14	15	Inspeccionar la no presencia de fugas en la tubería de aceite. Informar	M	12	10	TE
15	20	Verificar que la presión de trabajo sea de 125 psi. Ajustar de ser necesario	S	52	5	TE
16	21	Verificar que la temperatura de trabajo sea de 175 F. Ajustar de ser necesario	S	52	1	TE
17	22	Verificar el estado físico del secador de aire, golpes, grietas. Informar	E	2	10	TE
28	23	Inspeccionar la no presencia de fugas en la tubería de aire comprimido interna. Informar	E	2	15	TE
19	19	Limpiar la trampa de condensado	S	52	10	TE
20	29	Verificar el estado del elemento separador, golpes, grietas. Reemplazar de ser necesario	M	12	5	TE
21	16	Limpiar los serpentines del enfriador de aceite con agua a presión y jabón	E	2	20	TE
22	17	Verificar el estado del radiador, golpes, grietas, conexiones flojas. Reemplazar de ser necesario.	M	12	5	TE
23	26	Inspección visual del estado de la correa, no presente grietas o cortes.	E	2	5	TE
24	27	Verificar que la tensión de la banda sea de 20 N	M	12	1	TE
25	28	Verificar que los ejes de las poleas se encuentren alineados	M	12	15	TE
26	24	Verificar que la válvula de mínima presión no presente fugas	E	2	1	TE
27	30	Revisar que el montaje del diafragma no se encuentre flojo. Resocar los tornillos de ser necesario.	A	1	5	TE
28	31	Limpiar las aspas del abanico con un trapo seco	M	12	5	TE
29	32	Limpiar toda la carcasa con jabón y trapo húmedo	E	2	40	TE
30	33	Lijar y pintar los puntos del compresor que presenten óxido.	E	2	10	TE
31	25	Verificar el estado físico del eje en busca de grietas o golpes, informar	A	1	15	TE

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



**SMITH-STERLING**  
**Laboratorios Dentales**

De Zona Franca™

Máquina:		Colector	Código:	SSCR-DH-		
Nro		INSPECCION.	PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	1	Limpia la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido	M	12	15	T1
2	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.	M	12	5	T1
3	3	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 75 Amperes	M	12	5	T1
4	6	Revisar que no hayan cables o borneras flojas en las conexiones de las protecciones. Corregir si es necesario	M	12	5	T1
5	7	Limpia las conexiones del controlador con aire comprimido. Resocar tornillos de ser necesario.	M	12	5	T1
6	8	Verificar el correcto funcionamiento de la planta de emergencia.	E	2	10	T1
7	9	Realizar mediciones de vibración, no supere 5 mm.	M	12	25	T1
8	10	Inspección visual del estado de la correa, no presente grietas o cortes.	T	4	10	T1
9	11	Verificar que la tensión de la banda sea de 20 N	T	4	5	T1
10	12	Verificar que los ejes de las poleas se encuentren alineados	T	4	25	T1
11	13	Revisar que no haya poleas con grietas o con desgaste en los surcos. Reemplazar de ser necesario	E	2	5	T1
12	14	Resocar los tornillos de sujeción de las poleas.	T	4	5	T1
13	15	Limpia las aspas con un cepillo. Verificar el estado, informar	E	2	5	T1
14	16	Verificar que el diferencial de presión entre la cámara sucia y la cámara limpia del recolector sea mayor a 0 psi.	M	12	1	T1

15	17	Reemplazar los filtros de cartucho	E	2	30	T1
16	19	Verificar el estado físico del manifold, giretas, desgaste, informar.	E	2	5	T1
17	18	Verificar la no presencia de fugas en la tubería de vacío. Corregir de ser necesario	E	2	5	T1
18	21	Limpiar el tambor de almacenamiento, reemplazar la bolsa con el polvo acumulado.	S	52	15	T1
19	22	Limpiar la carcasa con aire comprimido y un trapo seco. Verificar estado físico, informar.	E	2	5	T1

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



**SMITH-STERLING**  
**Laboratorios Dentales**

De Zona Franca™

Máquina:		Condensadora	Código:	SSCR-CO-		
Nro		INSPECCION.	PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	1	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido	T	4	10	TE
2	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.	T	4	5	TE
3	3	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 10 Amperes	S	52	5	TE
4	5	Revisar que no hayan cables o borneras flojas en las conexiones de las protecciones. Corregir si es necesario	M	12	5	TE
5	6	Limpiar las conexiones del controlador con aire comprimido. Resocar tornillos de ser necesario.	M	12	5	TE
6	7	Verificar el correcto funcionamiento de la planta de emergencia.	E	2	10	TE
7	9	Realizar medición de vibraciones en el motor, que no supere los 3 mm. Resocar los tornillos de sujeción de ser necesario.	M	12	25	TE
8	10	Revisar el estado físico del intercambiador de calor, desgaste, fisuras, congelamiento. Informar	T	4	10	TE
9	11	Limpiar los intercambiadores con el químico Cleaner 20	M	12	15	TE
10	12	Verificar el nivel de aceite del compresor por la mirilla, este tiene que estar por la mitad d	S	52	5	TE
11	13	Revisar que la presión de succión del compresor sea de 110 psi y la presión de descarga de 325 psi.	S	52	5	TE
12	14	Revisar que no hayan cables o borneras flojas en las conexiones del compresor. Corregir si es necesario	M	12	5	TE

13	15	Limpiar la carcasa del compresor hermético con un trapo seco. Verificar estado físico e informar	T	4	5	TE
14	16	Limpiar las aspas del abanico con un trapo seco	M	12	5	TE
15	17	Verificar el estado físico de los soportes del abanico, desgaste, pandeo, oxidación. Informar.	M	12	10	TE
16	18	Verificar la no presencia de fugas en las tuberías que transportan el refrigerante. Informar	E	2	10	TE

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



**SMITH-STERLING**  
**Laboratorios Dentales**

— De Zona Franca™ —

Máquina:		Impresora 3D	Código:	SSCR-PF		
Nro		INSPECCION.	PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	1	Limpiar las conexiones de la fuente de poder con un paño seco y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario	E	2	10	T1
2	2	Verificar el estado físico de los fusibles y de los porta fusible. Reemplazar de ser necesario.	E	2	5	T1
3	3	Revisar que no haya cables flojos en las conexiones de las tarjetas. Corregir si es necesario.	E	2	5	T1
4	4	Limpiar las conexiones del controlador con un paño seco y dieléctrico.	E	2	10	T1
5	5	Limpiar las conexiones de la pantalla táctil con un paño seco y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario	T	4	10	T1
6	6	Limpiar las conexiones de la lámpara con un paño seco y dieléctrico.	E	2	5	T1
7	7	Calibrar la intensidad de la luz a unos 700 ± 5 lux.	D	365	15	T1
8	8	Reemplazar la lámpara	M	12	20	T1
9	9	Limpiar los lentes azul y negro con una toalla deshumedecida.	E	2	30	T1
10	10	Mantener el líquido lejos del alcance de la luz durante el mantenimiento	D	365	1	T1
11	11	Revisar la polea en busca de grietas o desgaste en los surcos. Reemplazar de ser necesario	E	2	1	T1
12	12	Verificar que el cable no se encuentre deshilachado. Reemplazar de ser necesario	T	4	1	T1
13	13	Limpiar las aspas del abanico con un trapo seco.	E	2	5	T1

14	14	Limpia el filtro de partículas que se encuentra debajo de la unidad con un trapo seco.	E	2	5	T1
15	15	Verificar el nivel general de la máquina con la burbuja en la parte superior de la carcasa.	D	365	5	T1
16	16	Limpia la carcasa con una toalla deshumedecida.	T	4	5	T1
17	17	Verificar la no presencia de fugas o fisuras en la caja de contención de vidrio.	T	4	1	T1

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



**SMITH-STERLING**  
**Laboratorios Dentales**

— De Zona Franca™ —

Máquina:		Manejadora	Código:	SSCR-MA-		
Nro		INSPECCION.	PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	1	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido	M	12	10	TE
2	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.	M	12	5	TE
3	3	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 10 Amperes	M	12	5	TE
4	5	Revisar que no hayan cables o borneras flojas en las conexiones de las protecciones. Corregir si es necesario	M	12	5	TE
5	6	Limpiar las conexiones del controlador con aire comprimido. Resocar tornillos de ser necesario.	M	12	5	TE
6	7	Verificar el correcto funcionamiento de la planta de emergencia.	E	2	10	TE
7	9	Inspección visual del estado de la correa, no presente grietas o cortes.	M	12	10	TE
8	10	Verificar que la tensión de la banda sea de 10 N	M	12	5	TE
9	11	Verificar que los ejes de las poleas se encuentren alineados	M	12	25	TE
10	12	Verifique el estado físico de los filtros, golpes, desgaste, grietas. Informar	S	52	5	TE
11	13	Limpiar los filtros con aire comprimido y agua.	S	52	5	TE
12	14	Revisar el estado físico del intercambiador de calor, desgaste, fisuras, congelamiento. Informar	M	12	15	TE
13	15	Limpiar los intercambiadores con el químico Cleaner 20	M	12	15	TE
14	16	Medir la temperatura en la salida del	S	52	5	TE

		ducto y verificar que coincida con la que presenta el termostato				
15	17	Verificar el estado físico de la válvula de expansión, daños en el bulbo, fugas. Informar	M	12	5	TE
16	18	Verificar lo no presencia de fugas en las tuberías que transportan el refrigerante. Informar	E	2	5	TE
17	19	Realizar medición de vibraciones en el motor, que no supere los 3 mm. Resocar los tornillos de sujeción de ser necesario.	M	12	25	TE
18	20	Limpiar los drenajes de condensación con agua a presión	S	52	5	TE
19	21	Limpiar las bandejas de condensación	S	52	10	TE
20	22	Verificar el estado físico del sifón de drenaje de condensado, fugas desgaste. Informar	S	52	5	TE
21	23	Revisar que no haya oxidación o golpes en la carcasa de la manejadora. Informar	E	2	5	TE
22	24	Limpiar las rejillas con un trapo seco	M	12	10	TE

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



**SMITH-STERLING**  
**Laboratorios Dentales**

— De Zona Franca™ —

Máquina:		Recortadora	Código:	SSCR-SP		
Nro		INSPECCION.	PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	1	Limpiar el tornillo de la plataforma y el de la tapa con cepillo de bronce. Aplicar aceite penetrante.	T	4	10	T2
2	2	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido.	T	4	5	T2
3	3	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar	T	4	5	T2
4	4	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda 10 Amperes	T	4	5	T2
5	7	Verificar la conexión del condensador de arranque. Corregir si es necesario	T	4	5	T2
6	8	Verificar la no presencia de fugas en los fittings de la válvula. Reparar de ser necesario.	T	4	5	T2
7	9	Reemplazar el disco de desbaste	T	4	5	T2
8	10	Verificar la no presencia de fugas en la tubería que transporta el agua.	T	4	5	T2
9	11	Eliminar los sedimentos del drenaje del equipo	T	4	15	T2
10	12	Limpiar la máquina para evitar sedimentación en el disco	T	4	20	T2

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



**SMITH-STERLING**  
**Laboratorios Dentales**

— De Zona Franca™ —

Máquina:		Dosificadora	Código:	SSCR-SX-		
Nro	INSPECCION.		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
2	Verificar el estado de la descarga de la pieza angulada. Desmonte y limpie de ser necesario		M	12	5	T2
3	Revisar el estado de las conexiones de la electro válvula.		M	12	5	T2
5	Verificar el estado del tubo de descarga. Desmonte y limpie de ser necesario		M	12	5	T2
6	Limpiar las conexiones del controlador con dieléctrico y aire comprimido.		M	12	10	T2
7	Revisar que no haya cables flojos en las conexiones del controlador. Corregir si es necesario		M	12	5	T2
8	Verificar la presencia de fugas en el tubo flexible. Cambiar si es necesario.		M	12	5	T2
10	Limpiar el plato de la balanza y el espacio del equipo debajo de este con una toalla húmeda.		M	12	5	T2
9	Realizar la calibración a la balanza.		M	12	15	T2

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



**SMITH-STERLING**  
**Laboratorios Dentales**

De Zona Franca™

Máquina:	Horno Sinterizado		Código:	SSCR-CZ-		
Nro	INSPECCION.		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
2	Inspección visual del estado de las conexiones de las resistencias.		T	4	5	T2
3	Verificar el estado de los fajones. Cambiar si es necesario.		T	4	5	T2
4	Limpiar las conexiones de la fuente de poder con aire comprimido y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario		T	4	5	T2
5	Limpiar las conexiones del relé y del contactor con aire comprimido y dieléctrico. Socar los tornillos si es necesario.		T	4	5	T2
6	Revisar que no hayan cables o borneras flojas en las conexiones del controlador. Corregir si es necesario.		T	4	5	T2
7	Limpiar las conexiones del controlador con aire comprimido y dieléctrico.		T	4	5	T2
8	Verificar el estado del termopar y sus conexiones. Cambiar de ser necesario.		T	4	10	T2
9	Realizar la calibración del horno.		T	4	15	T2
10	Verificar el color y desgaste de las resistencias. Reemplazar de ser necesario.		M	12	5	T2
11	Inspección visual del color de los aislamientos. Lijarlos si es necesario.		M	12	10	T2
12	Limpiar el interior del horno con aire comprimido y dieléctrico.		M	12	5	T2
14	Verificar si hay fisuras en los aislamientos de paredes, puerta y techo. Reemplazar de ser necesario.		M	12	10	T2

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



Máquina:		Bomba Vacío	Código:	SSCR-PM-		
Nro	INSPECCION.		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	1	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido	T	4	5	T2
2	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.	T	4	5	T2
3	5	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 2,9 Amperes	M	12	5	T2
4	7	Verificar el estado físico de los fusibles y de los porta fusible. Reemplazar de ser necesario.	M	12	5	T2
5	8	Verificar el correcto funcionamiento de la planta de emergencia.	E	2	10	T2
6	9	Verificar el estado físico del eje en busca de grietas o golpes, informar	T	4	15	T2
7	10	Revisar visualmente el estado físico de los pistones, grietas, desgaste. Reemplazar de ser necesario	T	4	15	T2
8	11	Lubricar los puntos de engrase de los pistones con grasa grado 2.	M	12	5	T2
9	12	Inspeccionar el estado de los tornillos que unen el pistón con el eje. Resocar de ser necesario	M	12	5	T2
10	13	Inspeccionar el estado de las aspas de los abanicos, grietas, fisuras. Informar	M	12	10	T2
11	14	Limpiar las aspas de los abanicos con pistola antiestática de aire comprimido	M	12	5	T2
12	15	Limpiar el filtro de succión con pistola antiestática de aire comprimido. Verificar el estado, cambiar si es necesario	M	12	5	T2
13	16	Verificar la no presencia fugas en los sellos internos de la bomba. Reemplazar de ser necesario	T	4	10	T2

14	17	Verificar el estado físico de placas que conforman la válvula check, grietas, desgaste. Reemplazar de ser necesario	T	4	5	T2
15	18	Inspeccionar el estado de los tornillos que unen el pistón con el eje. Resocar de ser necesario	M	12	5	T2
16	19	Revisar el estado físico de los fittings de la succión y la descarga, desgaste, fugas. Reemplazar de ser necesario	M	12	5	T2
17	20	Revisar visualmente el estado físico de los cilindros, grietas, desgaste. Reemplazar de ser necesario	T	4	5	T2
18	21	Limpiar el cilindro con pistola antiestática de aire comprimido.	M	12	5	T2
19	22	Verificar el estado físico de la carcasa en busca de grietas o golpes. informar	M	12	10	T2
20	23	Verificar el estado físico del muffler de salida en busca de grietas o golpes. informar	T	4	5	T2

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**SMITH-STERLING**

**ZONA**

**Área**



**SMITH-STERLING**  
**Laboratorios Dentales**

— De Zona Franca™ —

Máquina:		Mezcladora	Código:	SSCR-MZ-		
Nro	INSPECCION.		PER.	FRE.	DUR.	TEC.
1	1	Limpiar la superficie interna y externa del motor con un trapo seco y aire comprimido	T	4	5	T2
2	2	Revisar que la carcasa del motor no presente golpes. Informar.	T	4	5	T2
3	3	Verificar que la temperatura externa del motor no supere los 70 grados y la corriente no exceda los 8 Amperes	T	4	5	T2
4	5	Revisar que no hayan cables o borneras flojas en las conexiones del controlador. Corregir si es necesario	T	4	5	T2
5	6	Limpiar las conexiones del variador de frecuencia con aire comprimido. Resocar tornillos de ser necesario.	T	4	5	T2
6	7	Revisar que no haya poleas con grietas o con desgaste en los surcos. Reemplazar de ser necesario	T	4	20	T2
7	8	Limpiar las poleas con aire comprimido	T	4	10	T2
8	9	Inspección visual del estado de la correa, no presente grietas o cortes.	S	52	5	T2
9	10	Verificar que la tensión de la banda sea de 8 N	S	52	5	T2
10	11	Verificar que los ejes de las poleas se encuentren alineados	T	4	10	T2
11	12	Verificar el estado físico de la copa. Informar	T	4	1	T2

E. APÉNDICE 5. MANUAL DE LA BASE DE DATOS



# Manual de Usuario de la Base de Datos

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

## Consideraciones generales

Para el funcionamiento de la base de datos es necesario abrir el programa Outlook  2013 e ingresar una dirección de correo electrónico asignada por la empresa (xxxxxxx@glidewelldental.com).

Dentro de la base de datos los espacios que tienen un fondo celeste  son espacios solamente para mostrar información, no se puede cambiar lo que está en ellos.

Dentro de la base de datos los espacios que tienen un fondo blanco  son espacios que requieren información, se puede escribir en ellos o escoger una de las opciones que se despliegan.

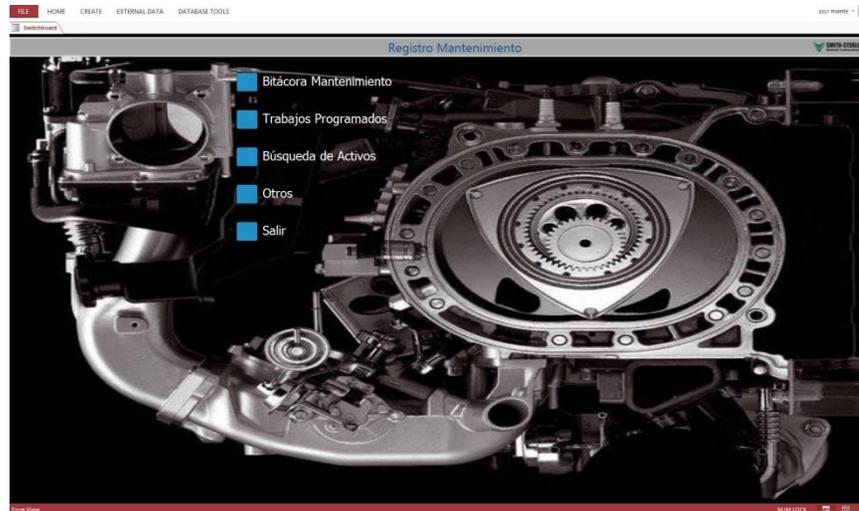
Se recomienda seguir los pasos de uso presentes en este manual al mismo tiempo que se va usando la base de datos en la computadora, esto con el fin de disminuir la posibilidad de errores y agilizar el proceso.

## Panel de Control

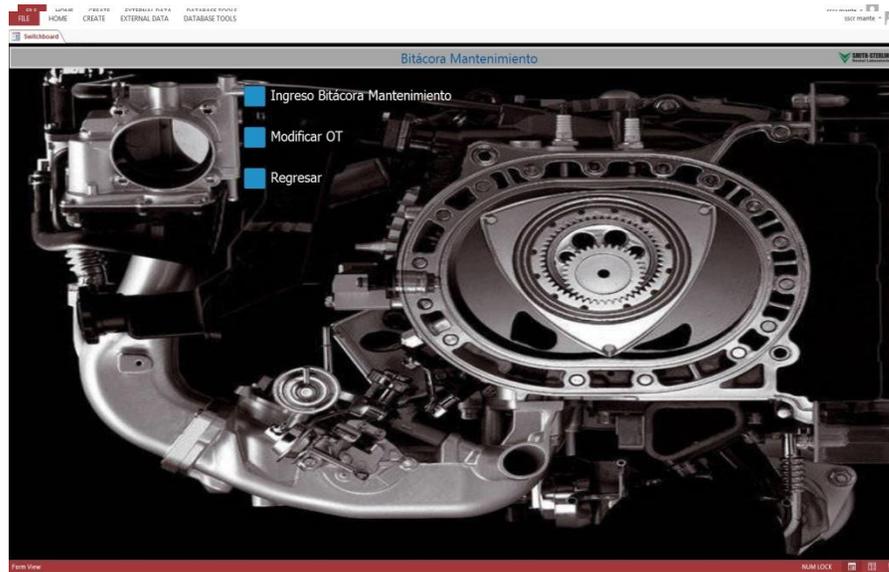
Al entrar a la base de datos lo primero que se observa es el panel de control, desde esta pantalla se puede acceder a todas las funciones de la base de datos. Todas esas funciones se encuentran distribuidas en cuatro opciones: **Bitácora Mantenimiento**, **Trabajos Programados**, **Búsqueda de Activos** y **Otros**. La opción **Salir** es para cerrar la base de datos y se recomienda que se haga solo cuando se va a apagar la computadora al final del día.

A continuación se explicarán todas las funciones presentes en todas las opciones comenzando por **Bitácora mantenimiento**, que será la de mayor uso.

## Bitácora de mantenimiento



Al ingresar en **Bitácora mantenimiento** aparecen 3 nuevas opciones: **Ingreso Bitácora Mantenimiento**, **Modificar OT** y **Regresar**, esta última es para volver al panel de control mostrado en las imágenes anteriores. Va a ser la opción más utilizada en las labores diarias del departamento.



### **Ingreso Bitácora Mantenimiento**

Esta opción es la que utilizará para registrar las actividades de mantenimiento que no sean comunes o diarias, tanto de reparación, como calibración y limpieza. Además esta opción se usará para hacer los pedidos de repuestos siguiendo el siguiente procedimiento:



3. Ya seleccionada la fecha, el número de OT se completa automáticamente. El siguiente paso será introducir el **Número de Activo**, se puede hacer manualmente, digitando dicho número y presionando la tecla **Enter** o seleccionándolo de la lista desplegable que se encuentra dando clic al botón a la derecha del cuadro.

The screenshot shows the 'INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO' form. The 'FECHA' field is set to 2/16/2017 and the 'OT' field is 817. The 'No Activo' dropdown menu is open, displaying a list of assets with columns for 'TIPO DE AC', 'DESCRIPC', 'LOCALIZAC', and 'DEPARTAM'. A red arrow points to the dropdown arrow on the right side of the 'No Activo' field.

4. Cuando se ingresa el activo la información que se encuentra en el recuadro azul se llena automáticamente, el siguiente cuadro a completar es el de **Tipo de Mantenimiento**, se puede seleccionar entre todas las opciones en la lista desplegable que se encuentra dando clic a la flecha a la derecha del cuadro.

The screenshot shows the 'INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO' form with the 'Tipo de Mantenimiento' dropdown menu open. The dropdown menu lists various maintenance types such as 'CALIBRACION', 'CORRECTIVO', 'INGRESO NUEVO', etc. A red arrow points to the dropdown arrow on the right side of the 'Tipo de Mantenimiento' field. The 'No Activo' field is now populated with 'P2072'.

5. De la misma manera se completa el espacio **Realizado Por**, simplemente seleccionando su nombre.

The screenshot shows a web application interface for 'INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO'. The form includes the following fields and values:

- FECHA: 2/16/2017
- OID: 817
- No ACTIVO: P2072
- TIPO DE ACTIVO: Horno CZ 6x6
- DESCRIPCION: HORNO SINERIZADO CZ 6x6 # 10
- LOCALIZACION: A100
- DEPARTAMENTO: MILLING
- FECHA ULTIMO CONTEO: 8/17/2016
- TIPO MANTENIMIENTO: CALIBRACION
- REALIZADO POR: MAIKOL VARGAS (highlighted with a red circle and arrow)
- ESTATUS: (empty)
- PRIORIDAD: (empty)
- DURACION: (empty)
- TRABAJO REALIZADO: (empty)

Buttons at the bottom: 'GUARDAR ORDEN DE TRABAJO', 'AGREGAR OTRA ORDEN DE TRABAJO', and 'Ir al Panel de Control'.

6. En el espacio **Estatus** se requiere que se seleccione entre las siguientes opciones:

- **En Ejecución:** Si el trabajo se puede realizar inmediatamente.
- **Pendiente por Repuestos:** Si algún repuesto necesario para la reparación no se encuentra en bodega.
- **Pendiente por Personal:** Si el trabajo queda pendiente porque se tienen otros de mayor urgencia, pero se quieren pedir los repuestos o simplemente reportar el trabajo.
- **Terminado:** Se selecciona una vez finalizado el trabajo, si se genera la hoja de trabajo antes de realizar la reparación se **recomienda** poner esta condición cuando se modifica o se cierra la Orden de Trabajo en la opción **Modificar OT**.

7. En **Prioridad** se debe seleccionar entre las siguientes opciones con el fin de ordenar o clasificar por importancia los trabajos realizados:

- **Alta Prioridad:** Trabajos en equipos esenciales, sin los cuales la empresa dejaría de producir o se podría ver afectada la salud de los empleados, como por ejemplo el colector de polvos. Estos trabajos deben atenderse inmediatamente
- **Media Prioridad:** Trabajo en equipos importantes para la producción pero que aún sin ellos la empresa puede continuar funcionando con normalidad, por ejemplo un horno de sinterizado.
- **Baja Prioridad:** Trabajos en equipos de poca importancia para la producción o equipos que cuentan con respaldos, como por ejemplo las piezas de mano.

INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO

FECHA: 2/16/2017 OT: 818

No ACTIVO: P2072

TIPO DE ACTIVO: Horno C2 6x6 MARCA: GL

DESCRIPCION: HORNO SINTERIZADO C2 6x6 # 10 MODELO: I700

LOCALIZACION: A100 N/S: M11080803-13

DEPARTAMENTO: MILLING FECHA ULTIMO CONTEO: 8/17/2016

TIPO MANTENIMIENTO: CALIBRACION REPUESTOS UTILIZADOS:

REALIZADO POR: CONTRATISTA

ESTATUS: EN EJECUCION

**PRIORIDAD:** ALTA PRIORIDAD (highlighted with a red circle and arrow)

DURACION: BAJA PRIORIDAD

TRABAJO REALIZADO: MEDIA PRIORIDAD

Buttons: GUARDAR ORDEN DE TRABAJO, AGREGAR OTRA ORDEN DE TRABAJO, Ir al Panel de Control

8. El siguiente espacio a llenar es el de **Duración**, en este se debe poner un aproximado de la cantidad de horas y minutos que duró el trabajo, se debe tener en cuenta desde que alguien del departamento revisa la máquina por primera vez, hasta que se pone a trabajar de nuevo. **Se recomienda** llenar el espacio hasta que se termina el trabajo, inicialmente se pueden introducir ceros para que el espacio quede **00:00** y se cambia cuando se cierra la OT en la opción **Modificar OT**.

INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO

FECHA: 2/16/2017 OT: 818

No ACTIVO: P2072

TIPO DE ACTIVO: Horno C2 6x6 MARCA: GL

DESCRIPCION: HORNO SINTERIZADO C2 6x6 # 10 MODELO: I700

LOCALIZACION: A100 N/S: M11080803-13

DEPARTAMENTO: MILLING FECHA ULTIMO CONTEO: 8/17/2016

TIPO MANTENIMIENTO: CALIBRACION REPUESTOS UTILIZADOS:

REALIZADO POR: CONTRATISTA

ESTATUS: EN EJECUCION

PRIORIDAD: ALTA PRIORIDAD

**DURACION:** 00:00 (highlighted with a red circle and arrow)

TRABAJO REALIZADO:

Buttons: GUARDAR ORDEN DE TRABAJO, AGREGAR OTRA ORDEN DE TRABAJO, Ir al Panel de Control

9. En **Trabajo Realizado** se deben escribir los detalles importantes del trabajo realizado, se pide ser lo más específico posible. En **Repuestos Utilizados** se debe escribir el código de los repuestos que fueron requeridos para la reparación. En caso de que la OT se genere antes de la reparación **se recomienda** dejar los espacios en blanco y llenarlos cuando se cierre la OT en la opción **Modificar OT**.

10. Una vez que toda la información fue introducida se da clic en el botón **Guardar Orden de trabajo**.

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS ssc mane

Dashboard Ingreso Bitacora Mantenimiento

### INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO

FECHA 2/16/2017 OT 818

No ACTIVO P2072

TIPO DE ACTIVO	Horno CZ 6x6	MARCA	CL
DESCRIPCION	HORNO SINTERIZADO CZ 6x6 # 10	MODELO	1700
LOCALIZACION	A100	N/S	PA11080803-13
DEPARTAMENTO	WILLING	FECHA ULTIMO CONTEO	8/17/2016

TIPO MANTENIMIENTO CALIBRACION REPUESTOS UTILIZADOS

REALIZADO POR CONTRATISTA

ESTATUS EN EJECUCION

PRIORIDAD ALTA PRIORIDAD

DURACION : 0 h:mm

TRABAJO REALIZADO CALIBRACION DE HORNO PARA SINTERIZADO

GUARDAR ORDEN DE TRABAJO AGREGAR CITA ORDEN DE TRABAJO Ir al Panel de Control

Ctrl View CAPS LOCK NUM LOCK

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS scc.mante - [icon]

Dashboard Ingreso Bitacora Mantenimiento

## INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO

FECHA: 2/16/2017 Of: 818

No ACTIVO: P2072

TIPO DE ACTIVO: Horno CZ 6x6	MARCA: GL
DESCRIPCION: HORNO SINERIZADO CZ 6x6 # 10	MODELO: 1700
LOCALIZACION: A100	N/S: A111080803-13
DEPARTAMENTO: MILLING	FECHA ULTIMO CONTEO: 8/17/2016

TIPO MANTENIMIENTO: CALIBRACION REPUESTOS UTILIZADOS

REALIZADO POR: CONTRATISTA

ESTATUS: EN EJECUCION

PRIORIDAD: ALTA PRIORIDAD

DURACION: : 0 h:mm:ss

TRABAJO REALIZADO: CALIBRACION DE HORNO PARA SINERIZADO

Form View CAPS LOCK NUM LOCK [icon]

11. Inmediatamente después aparecerán mensajes de advertencia, la cantidad variará según el **Tipo de Mantenimiento** que se va a hacer:

- **Calibración y Preventivo:** 5 mensajes de advertencia
- **Todos los demás tipos:** 2 mensajes de advertencia

A **TODOS** estos mensajes se le deberá dar clic en el botón “Yes”

## INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO

FECHA 2/16/2017 OT 818

No ACTIVO P2072

TIPO DE ACTIVO	Horno CZ 6x6	MARCA	GL
DESCRIPCION	HORNO SINTERIZADO CZ 6X6 # 10	MODELO	1700
LOCALIZACION	A100	N/S	M11080803-13
DEPARTAMENTO	MILLING	FECHA ULTIMO CONTEO	8/17/2016

TIPO MANTENIMIENTO CALIBRACION REPUESTOS UTILIZADOS

REALIZADO POR CONTRATISTA

ESTATUS EN EJECUCION

PRIORIDAD ALTA PRIORIDAD

DURACION : 0 hh:mm

TRABAJO REALIZADO CALIBRACION DE HORNO PARA SINTERIZADO



## INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO

FECHA 2/16/2017 OT 818

No ACTIVO P2072

TIPO DE ACTIVO	Horno CZ 6x6	MARCA	GL
DESCRIPCION	HORNO SINTERIZADO CZ 6X6 # 10	MODELO	1700
LOCALIZACION	A100	N/S	M11080803-13
DEPARTAMENTO	MILLING	FECHA ULTIMO CONTEO	8/17/2016

TIPO MANTENIMIENTO CALIBRACION REPUESTOS UTILIZADOS

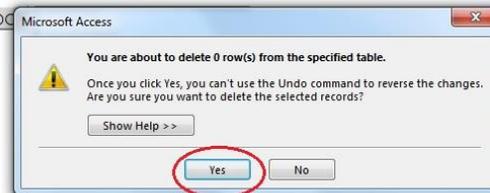
REALIZADO POR CONTRATISTA

ESTATUS EN EJECUCION

PRIORIDAD ALTA PRIORIDAD

DURACION : 0 hh:mm

TRABAJO REALIZADO CALIBRACION DE HORNO PARA SINTERIZADO



12. Una vez que se respondieron todos los mensajes se abrirá una nueva pantalla, donde se encontrará información de la OT que es **solo para observación** como lo son **Número de Activo, Tipo de Mantenimiento y Realizado por**. Además todos los repuestos que existen en bodega correspondientes al activo que se va a reparar.

REPUESTOS	
C20007	PLUG STRAIGHT BLADE 30A
C20009	HEATING ELEMENT FOR 6X6X6 & Model 2 FAST FIRE
C20010	HEATING ELEMENT HOTSPOT LAB FURNACE
C20011	RECEPTACLE 30A
C20012	TYRISTOR
C20013	TEMPERATURE CONTROL
C20014	FUSE PRIMARY VOLTAGE ( 500 VAC, 4 AMPS )
C20015	FUSE SECONDARY VOLTAGE 50 amp
C20016	CONTACTOR
C20018	THERMOCOUPLE TYPE B
C20019	DOOR BLOCK INSULATION 6X6X6
C20020	DOOR INSULATION 6X6X6
C20024	INSULATION CAVITY COMPLETE (6X6X6) 6 PCS.
C20025	THERMOCOUPLE
C20030	CURRENT TRANSFORMER
C20031	ELECTRICAL CONTROLLER 208V-60hz
C20035	PULL ACTION CLAMP (REF# 323)
C20037	INSULATION FLOOR
C20040	CLIPS
C20046	CERAMIC/STEEL HEATER BRACKET
C20047	HEATER INSERT
C20048	ALUMINUM CONNECTOR DOUBLE END
C20050	CERAMIC FIBER ROPE 0.625
C20053	DOOR BLOCK INSULATION 6X6X6

Editar Cantidades

No se necesitan repuestos

- **Si se necesitan repuestos:** Se le da un clic en el nombre a todos los repuestos que se va a utilizar, se sabrá que están seleccionados debido a que el color de fondo cambiará de blanco a negro. Después se le da un clic al botón **Editar Cantidades**.

- **Si no se utilizan repuestos:** Solo se le da al botón **No se necesitan repuestos.** (Seguir en el paso 15)

NUMERO DE ACTIVO	TIPO MANTENIMIENTO	CALIBRACION	NOMBRE	CONTRATISTA
C20007			PLUG STRAIGHT BLADE 30A	
C20009			HEATING ELEMENT FOR 6X6X6 & Model 2 FAST FIRE	
C20010			HEATING ELEMENT HOTSPOT LAB FURNACE	
C20011			RECEPTACLE 30A	
C20012			TYRISTOR	
C20013			TEMPERATURE CONTROL	
C20014			FUSE PRIMARY VOLTAGE ( 500 VAC, 4 AMPS)	
C20015			FUSE SECONDARY VOLTAGE 50 amp	
C20016			CONTACTOR	
C20018			THERMOCOUPLE TYPE B	
C20019			DOOR BLOCK INSULATION 6X6X6	
C20020			DOOR INSULATION 6X6X6	
C20024			INSULATION CAVITY COMPLETE (6X6X6) 6 PCS.	
C20026			THERMOCOUPLE	
C20030			CURRENT TRANSFORMER	
C20031			ELECTRICAL CONTROLLER 208v-60hz	
C20035			PULL ACTION CLAMP (REF# 323)	
C20037			INSULATION FLOOR	
C20040			CLIPS	
C20046			CERAMIC/STEEL HEATER BRACKET	
C20047			HEATER INSERT	
C20048			ALUMINIUM CONNECTOR DOUBLE END	
C20050			CERAMIC FIBER ROPE 0.425	
C20053			DOOR BLOCK INSULATION 6X6X6	

13. Aparecerá otra pantalla, en esta se ven los nombres y códigos de los repuestos que fueron seleccionados, además de un cuadro en blanco a la par de cada uno, estos son para ingresar la cantidad que se necesita de cada repuesto. Una vez digitadas las cantidades se debe dar clic al botón **“CONFIRMAR” DE LA ULTIMA FILA, LA FILA DONDE NO APARECE INFORMACION DE REPUESTOS.** Después se le dará clic al botón **Generar Requisición de Repuestos**

# CANTIDAD DE REPUESTOS

NumeroRepuesto	Nombre Repuesto	Cantidad	
CZ0012	TYRISTOR	2	Confirmar
CZ0013	TEMPERATURE CONTROL	1	Confirmar
CZ0037	INSULATION FLOOR	1	Confirmar
			Confirmar

14. Aparecerá la pantalla de Microsoft Outlook, el programa que se recomendó abrir antes de iniciar la base de datos, en esta

pantalla se encuentra un archivo PDF llamado “*GuardarLista1*”, ese es el documento de requisición de repuestos, que se ve algo así:

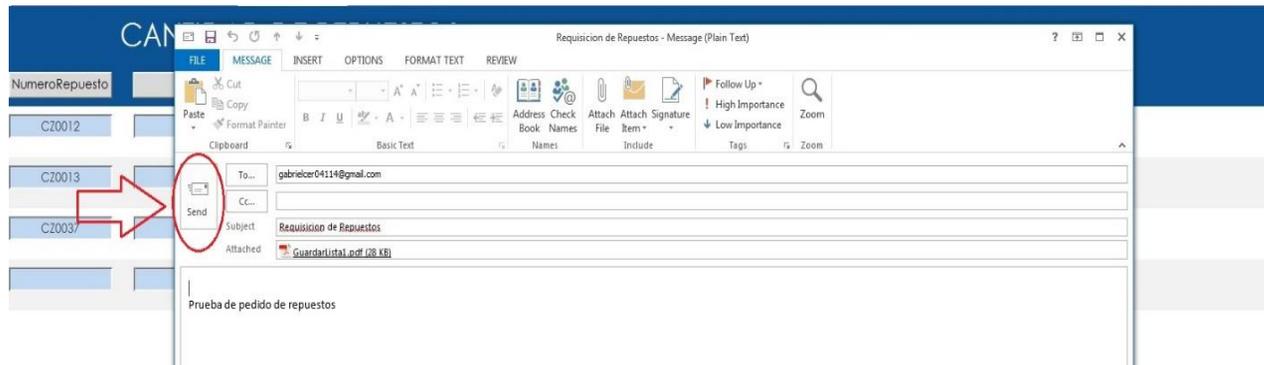
## REQUISICION DE REPUESTOS

Técnico	200000	Fecha	2/16/2017
Número de activo	P2072	Descripción	CALIBRACION

### REPUESTOS

Número de repuesto	Cantidad
CZ0012	2
CZ0013	1
CZ0037	1

En la pantalla de Outlook solo se necesita darle clic al botón “**Send**” para terminar con todo el proceso.



15. Ya que se ha enviado la Requisición Repuestos se vuelve a la pantalla de **Ingreso de Bitácora Mantenimiento**, en esta se pueden tomar dos acciones:

- Se puede **Agregar Una Nueva Orden de Trabajo** y seguir el mismo procedimiento que se ha descrito.

INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO

FECHA: 2/16/2017 OT: 819

No ACTIVO: P2072

TIPO DE ACTIVO	Horno CZ 6x6	MARCA	GL
DESCRIPCION	HORNO SINTERIZADO CZ 6x6 # 10	MODELO	1700
LOCALIZACION	A100	N/S	M11080803-13
DEPARTAMENTO	MILLING	FECHA ULTIMO CONTEO	8/17/2016

TIPO MANTENIMIENTO: LIMPIEZA REPUESTOS UTILIZADOS:

REALIZADO POR: CONTRATISTA

ESTATUS: EN EJECUCION

PRIORIDAD: ALTA PRIORIDAD

DURACION: :00 hh:mm

TRABAJO REALIZADO: Limpieza de horno

- Se puede **Volver al Panel de Control**, a la pantalla de **Bitácora de Mantenimiento**.

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS

Switchboard Ingreso Bitacora Mantenimiento

### INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO

FECHA: 2/16/2017 OT: 819

No ACTIVO: P2072

TIPO DE ACTIVO	Horno CZ 6x6	MARCA	GL
DESCRIPCION	HORNO SINTERIZADO CZ 6x6 # 10	MODELO	1700
LOCALIZACION	A100	N/S	M11080603-13
DEPARTAMENTO	MILLING	FECHA ULTIMO CONTEO	8/17/2016

TIPO MANTENIMIENTO: LIMPIEZA REPUESTOS UTILIZADOS:

REALIZADO POR: CONTRATISTA

ESTATUS: EN EJECUCION

PRIORIDAD: ALTA PRIORIDAD

DURACION: :0 h:mm

TRABAJO REALIZADO: Limpieza de horno

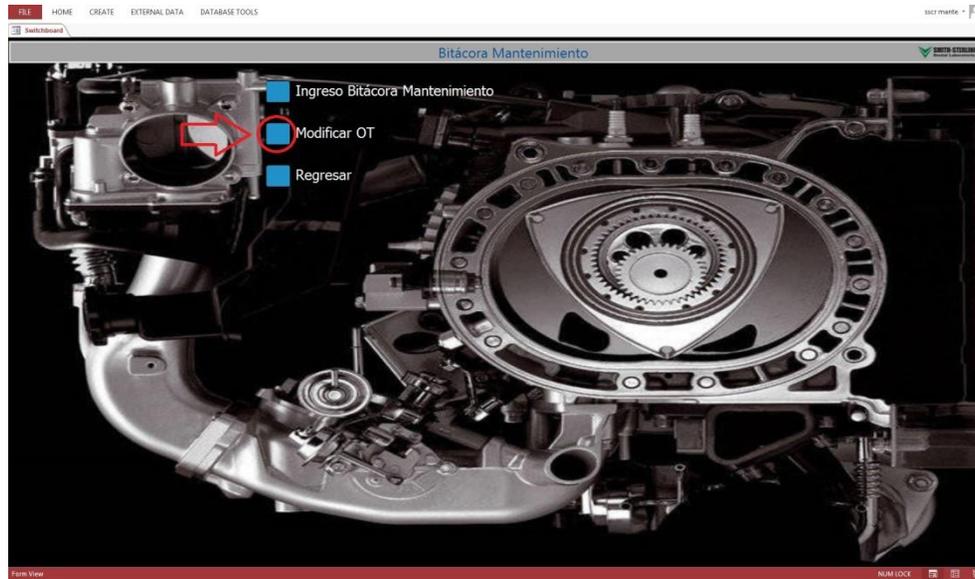
GUARDAR ORDEN DE TRABAJO AGREGAR OTRA ORDEN DE TRABAJO Ir al Panel de Control

Form View NUM LOCK

## Modificar OT

Esta opción se utilizará para cerrar la Orden de Trabajo, es decir añadir información que al generar la OT, antes de iniciar el trabajo, no se tiene como lo son **Repuestos a Utilizar, Duración, Trabajo Realizado y Estatus**. Para utilizarla se debe:

1) Dar clic en el cuadro azul a la par de “Modificar OT”.



2) Al aparecer la pantalla se debe introducir el **Número de OT** en la que se quiere cambiar los datos y se le da a la tecla

The screenshot displays the 'CAMBIO DE DATOS DE UNA OT' form. The title bar shows 'FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS' and '10:01 martes'. The form title is 'CAMBIO DE DATOS DE UNA OT'. The 'NUMERO DE OT' field contains the value '1818' and is circled in red with a red arrow pointing to it. Below the form title, there are several input fields and dropdown menus: 'OT' (with a '(New)' button), 'FECHA', 'No ACTIVO' (dropdown), 'TIPO DE ACTIVO' (dropdown), 'NUMERO DE SERIE', 'DESCRIPCION', 'TIPO MANTENIMIENTO' (dropdown), 'REALIZADO POR' (dropdown), 'DURACION' (with 'phamm' text), 'PRIORIDAD' (dropdown), 'ESTATUS' (dropdown), and 'TRABAJO REALIZADO'. To the right of the 'REALIZADO POR' field is a 'REPUESTOS UTILIZADOS' section with a large blue box. At the bottom of the form, there are three buttons: 'MODIFICAR ORDEN DE TRABAJO', 'GUARDAR ORDEN DE TRABAJO', and 'Ir al Panel de Control'. The bottom status bar shows 'Form View' and 'NUM LOCK'.

**ENTER.**

- 3) Inmediatamente después aparecerá toda la información previamente ingresada a la OT, para realizar los cambios se debe dar clic al botón **Modificar Orden de Trabajo**.

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS

ssci mane -

### CAMBIO DE DATOS DE UNA OT

NUMERO DE OT: 818

OT	818	FECHA	2/16/2017
No ACTIVO	P2072	TIPO DE ACTIVO	Horno CZ 6x6
NUMERO DE SERIE	M11080803-13	DESCRIPCION	HORNO SINTERIZADO CZ 6x6 # 10

TIPO MANTENIMIENTO: CALIBRACION

REALIZADO POR: CONTRATISTA

DURACION: :0 hh:mm

PRIORIDAD: ALTA PRIORIDAD

ESTATUS: EN EJECUCION

TRABAJO REALIZADO: CALIBRACION DE HORNO PARA SINTERIZADO

REPUESTOS UTILIZADOS

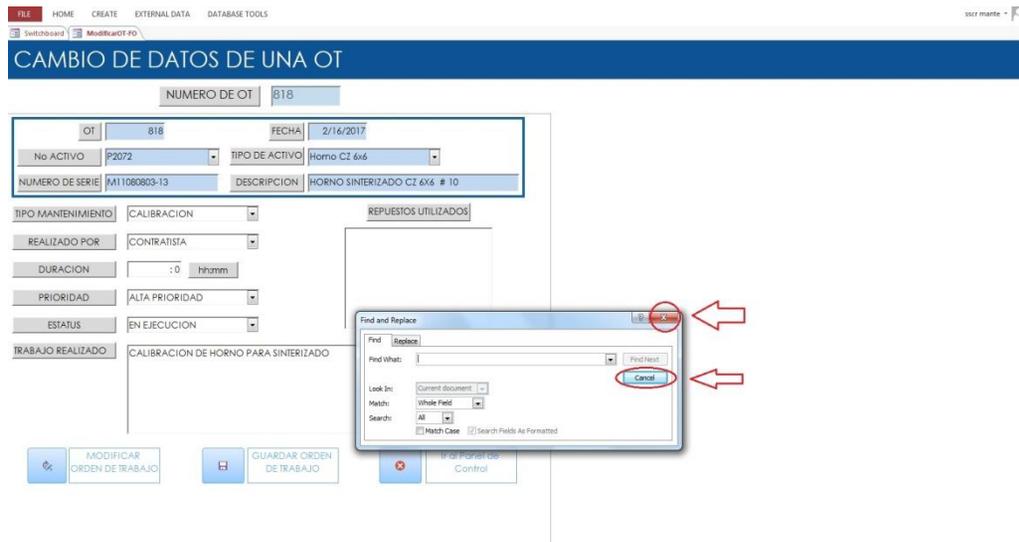
MODIFICAR ORDEN DE TRABAJO

GUARDAR ORDEN DE TRABAJO

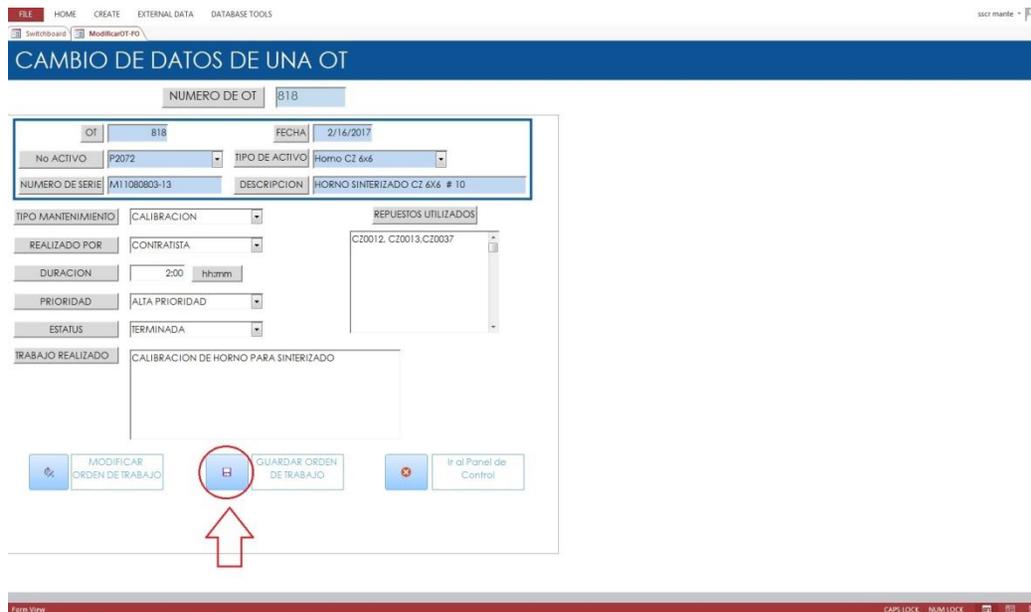
Ir al Panel de Control

Form View

- 4) Luego de darle clic aparecerá un mensaje en la pantalla, este debe cerrarse por lo que se le debe dar clic al botón **“Cancel”** o el botón rojo con una **X**.



- 5) Una vez que el mensaje se cierra se pueden hacer los cambios necesarios. Cuando estos son terminados se debe dar clic al botón **Guardar Orden de Trabajo**.



6) Para regresar al **Panel de Control** se le da clic al botón **Ir a Panel de Control**.

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS ssc mante -

Switchboard ModificarOT.FO

### CAMBIO DE DATOS DE UNA OT

NUMERO DE OT 818

OF 818 FECHA 2/16/2017

No ACTIVO P2072 TIPO DE ACTIVO Horno CZ 6x6

NUMERO DE SERIE M11080803-13 DESCRIPCION HORNO SINTERIZADO CZ 6x6 # 10

TIPO MANTENIMIENTO CALIBRACION REPUESTOS UTILIZADOS

REALIZADO POR CONTRATISTA C20012, C20013, C20037

DURACION 2:00 h:mm

PRIORIDAD ALTA PRIORIDAD

ESTATUS TERMINADA

TRABAJO REALIZADO CALIBRACION DE HORNO PARA SINTERIZADO

MODIFICAR ORDEN DE TRABAJO GUARDAR ORDEN DE TRABAJO Ir al Panel de Control

Form View CAPS LOCK NUM LOCK

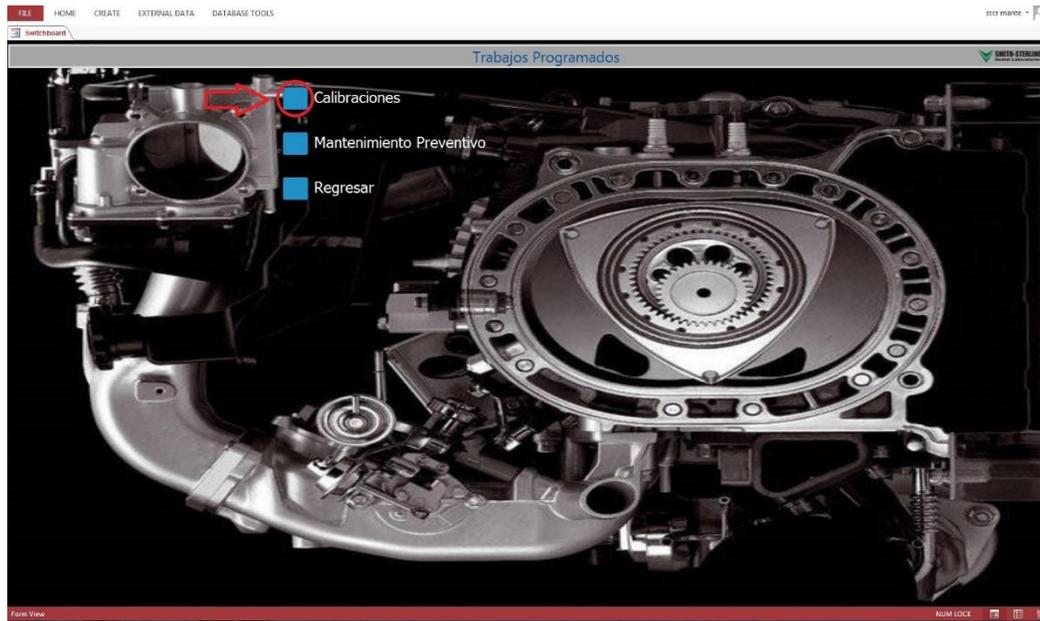
## Trabajos Programados

Al ingresar en **Trabajos Programados** aparecen 3 nuevas opciones: **Calibraciones, Mantenimiento Preventivo y Regresar**, esta última es para volver al Panel de Control mostrado en las imágenes anteriores. Al ingresar a la base de datos Órdenes de Trabajo con **Tipos de Mantenimiento** de Calibración o Preventivo, esta es capaz de calcular la fecha del próximo trabajo de esta clase que habría que realizarle al equipo.

### Calibraciones

En esta opción se podrán observar los trabajos programados de calibración de los equipos en un intervalo de tiempo escogido, se puede generar un reporte con esas fechas e imprimirlo siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Darle clic al cuadro azul a la par de “Calibraciones”



2. En la pantalla que aparece se debe darle clic al cuadro blanco al lado de **Fecha Inicial**, se podrá ver una pequeña figura similar a un almanaque donde se selecciona el día donde se quiere que comience el intervalo de búsqueda.

The screenshot shows a web application interface with a blue header containing the text "CALIBRACIONES POR FECHA". Below the header, there are two input fields: "Fecha Inicial" with the value "4/1/2017" and "Fecha Final" which is empty. A red oval highlights the "Fecha Final" field, and a red arrow points to a small calendar icon next to it. Below the input fields is a table with three columns: "NUMERO DE ACTIVO", "FECHA PROXIMA CALIBRACION", and "DESCRIPCION". The table is currently empty. At the bottom of the interface, there are three buttons: "Generar Reporte", "Otra Búsqueda", and "Ir al Panel de Control".

3. Se repite el procedimiento del paso anterior pero ahora con la **Fecha Final**.

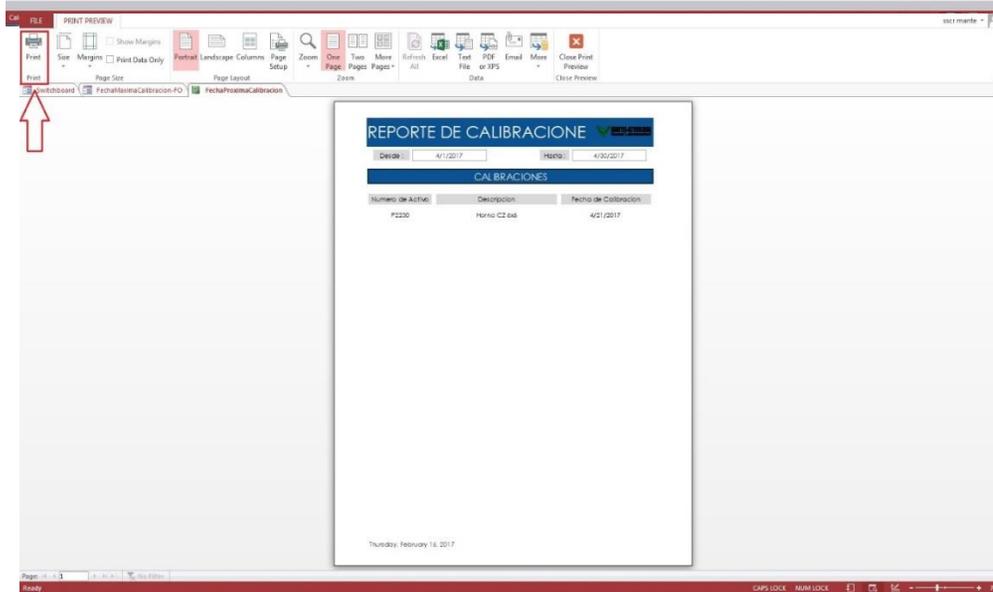
4. Una vez que se han seleccionado ambas fechas se presiona la tecla **ENTER**, en el recuadro debajo de las fechas aparecerán los equipos con la fecha límite para realizar la calibración.

The screenshot displays a web application interface for equipment calibration. At the top, there is a navigation menu with 'FILE', 'HOME', 'CREATE', 'EXTERNAL DATA', and 'DATABASE TOOLS'. The main title is 'CALIBRACIONES POR FECHA'. Below the title, there are two date input fields: 'Fecha Inicial' with the value '4/1/2017' and 'Fecha Final' with the value '4/30/2017'. Underneath these fields is a table with three columns: 'NUMERO DE ACTIVO', 'FECHA PROXIMA CALIBRACION', and 'DESCRIPCION'. The first row of the table is highlighted with a red border and a red arrow pointing to it from the right. The data in this row is: 'P2230' under 'NUMERO DE ACTIVO', '4/21/2017' under 'FECHA PROXIMA CALIBRACION', and 'Horno C2 6x6' under 'DESCRIPCION'. Below the table, there are three buttons: 'Generar Reporte', 'Otra Búsqueda', and 'Ir al Panel de Control'. The bottom status bar shows 'Calculating ...' and system icons for 'CAPS LOCK', 'NUM LOCK', and a help icon.

NUMERO DE ACTIVO	FECHA PROXIMA CALIBRACION	DESCRIPCION
P2230	4/21/2017	Horno C2 6x6

5. En este punto se tienen tres opciones:

- Se puede generar un informe, que contiene las fechas seleccionadas, los equipos que esperan calibración y la fecha en que se tiene que realizar el trabajo. Solo hay que darle clic al botón **Generar Reporte** y luego al botón **Print**.



- La segunda opción es realizar una nueva búsqueda, esto se puede hacer dándole clic al botón **Otra Búsqueda**, esto hará que aparezca la figura similar al almanaque en **Fecha Inicial** y se repite el procedimiento anterior.

The screenshot displays a web application interface titled "CALIBRACIONES POR FECHA". At the top, there is a navigation menu with options: FILE, HOME, CREATE, EXTERNAL DATA, and DATABASE TOOLS. Below the menu, there are two date input fields: "Fecha Inicial" with the value "4/1/2017" and "Fecha Final" with the value "4/30/2017".

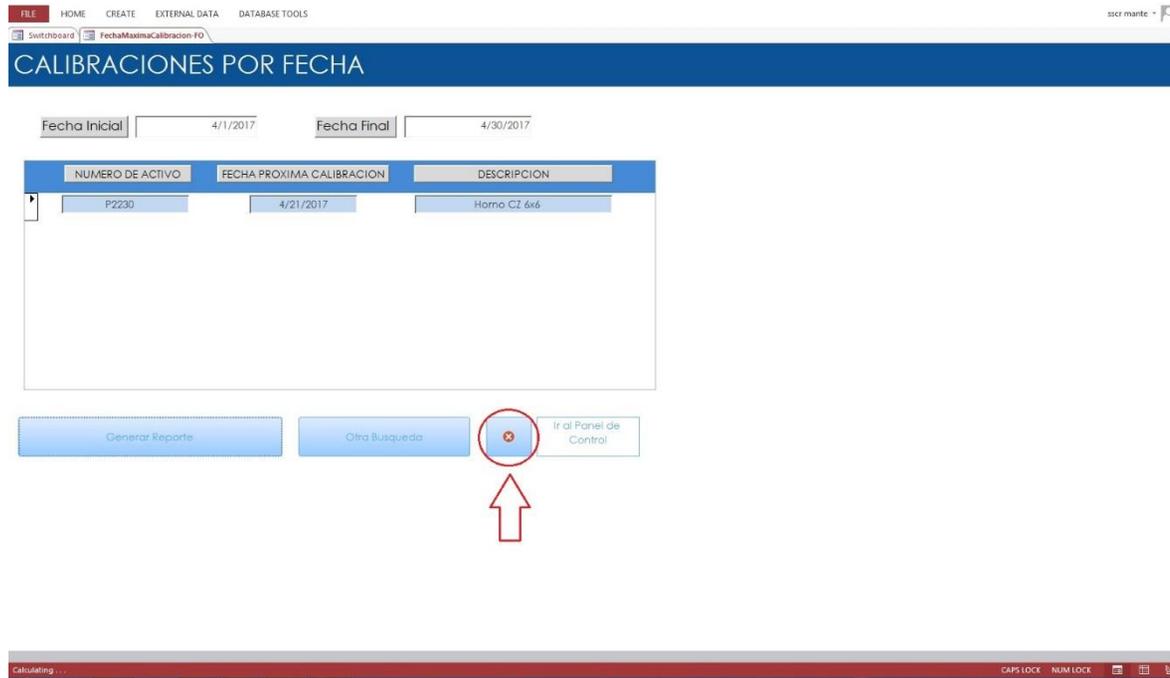
The main content area features a table with the following data:

NUMERO DE ACTIVO	FECHA PROXIMA CALIBRACION	DESCRIPCION
P2230	4/21/2017	Horno CZ 6x6

Below the table, there are three buttons: "Generar Reporte", "Otra Búsqueda" (highlighted with a red circle and an arrow), and "Ir al Panel de Control".

The bottom of the screenshot shows a Windows taskbar with the text "Calculating..." and system icons for CAPS LOCK, NUM LOCK, and a volume icon.

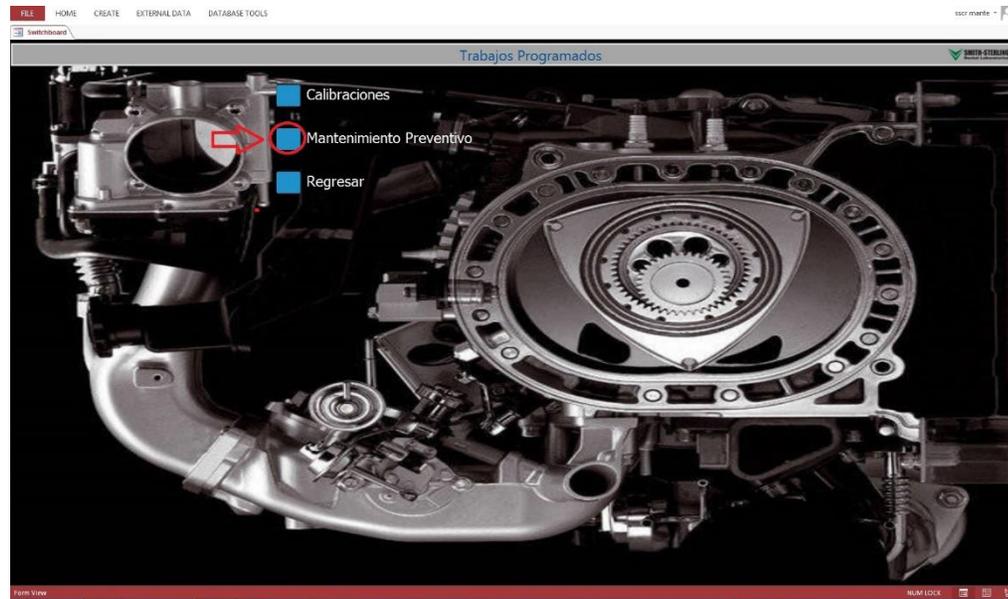
- Como última opción está volver al Panel de Control, dándole clic al botón **Ir al Panel de Control**.



## Mantenimiento Preventivo

En esta opción se podrán observar los trabajos programados de mantenimiento preventivo de los equipos en un intervalo de tiempo escogido, se puede generar un reporte con esas fechas e imprimirlo siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Darle clic al cuadro azul a la par de “Mantenimiento Preventivo”.



2. Siguiendo el mismo procedimiento de la opción pasada, se da clic primero al cuadro al lado de **Fecha Inicial** y en la figura similar al almanaque se selecciona la fecha en que comienza la búsqueda, seguidamente se hace lo mismo con la

NUMERO DE ACTIVO	DESCRIPCION	FECHA PROXIMO PREVENTIVO
------------------	-------------	--------------------------

## Fecha Final.

3. Ya seleccionadas las fechas se presiona la tecla **ENTER** para que aparezcan los equipos con fecha de mantenimiento preventivo en el intervalo de tiempo escogido.

The screenshot displays a web application window titled "MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR FECHA". The interface includes a search form with two date input fields: "Fecha Inicial" (3/1/2017) and "Fecha Final" (3/31/2017). Below the form is a table with the following data:

NUMERO DE ACTIVO	DESCRIPCION	FECHA PROXIMO PREVENTIVO
01315	Recortadora Modelos	3/26/2017

A red box highlights the first row of the table, and a red arrow points to it. At the bottom of the interface, there are three buttons: "Generar Reporte", "Otra Búsqueda", and "Ir al Panel de Control".

4. En este punto se tienen tres opciones:

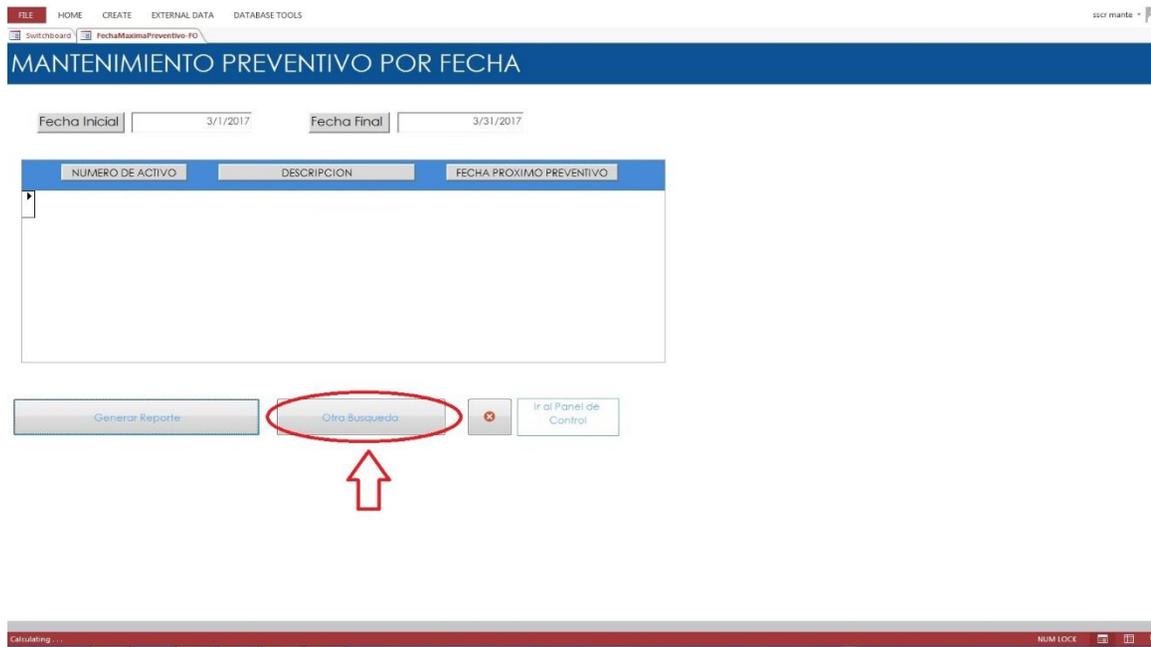
- Se puede generar un informe, que contiene las fechas seleccionadas, los equipos que esperan preventivo y la fecha en que se tiene que realizar el trabajo. Solo hay que darle clic al botón **Generar Reporte** y luego al botón **Print**.

The screenshot shows a software application window titled "PRINT PREVIEW" with a toolbar containing various options like "Print", "Size", "Margins", "Print Data Only", "Portrait", "Landscape", "Columns", "Page Setup", "Zoom", "One Page", "Two Pages", "More Pages", "Refresh All", "Excel", "Text File", "PDF or XPS", "Email", "More", "Close Print Preview", and "Close Preview". The main content area displays a report titled "REPORTE DE PREVENTIVOS" with a sub-header "Trabajos de Mantenimiento Preventivo". The report includes a table with the following data:

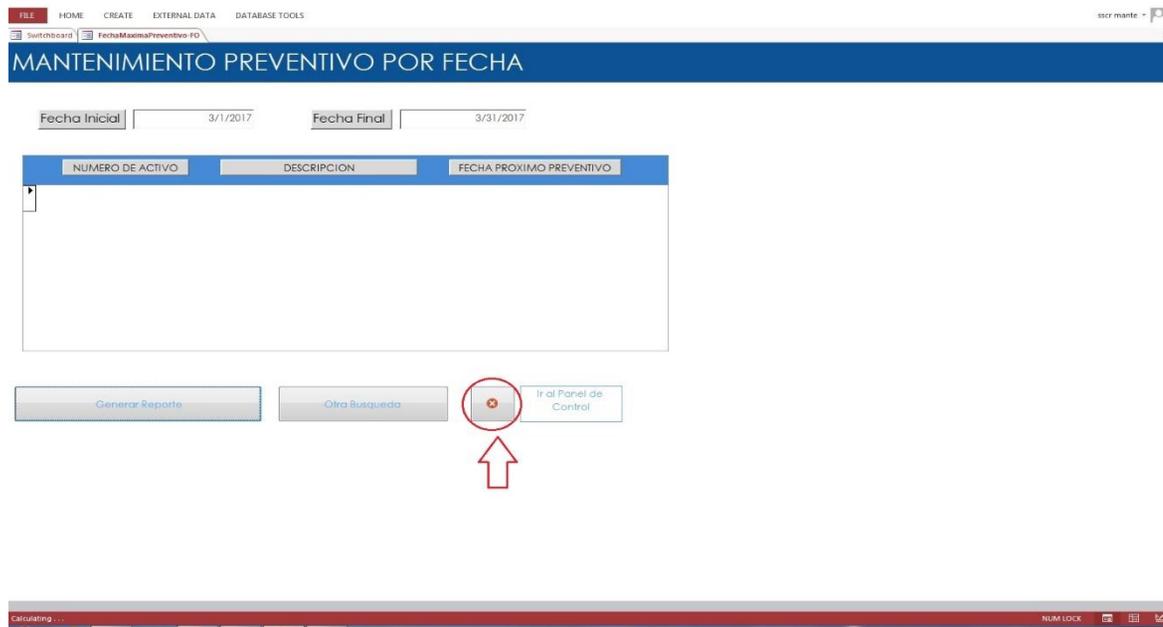
Número de Activo	Descripción	Fecha Próximo Preventivo
01315	Receptorador Modelos	3/26/2017

The report also shows the date "Thursday, February 16, 2017" at the bottom. A red arrow points to the "Print" button in the toolbar.

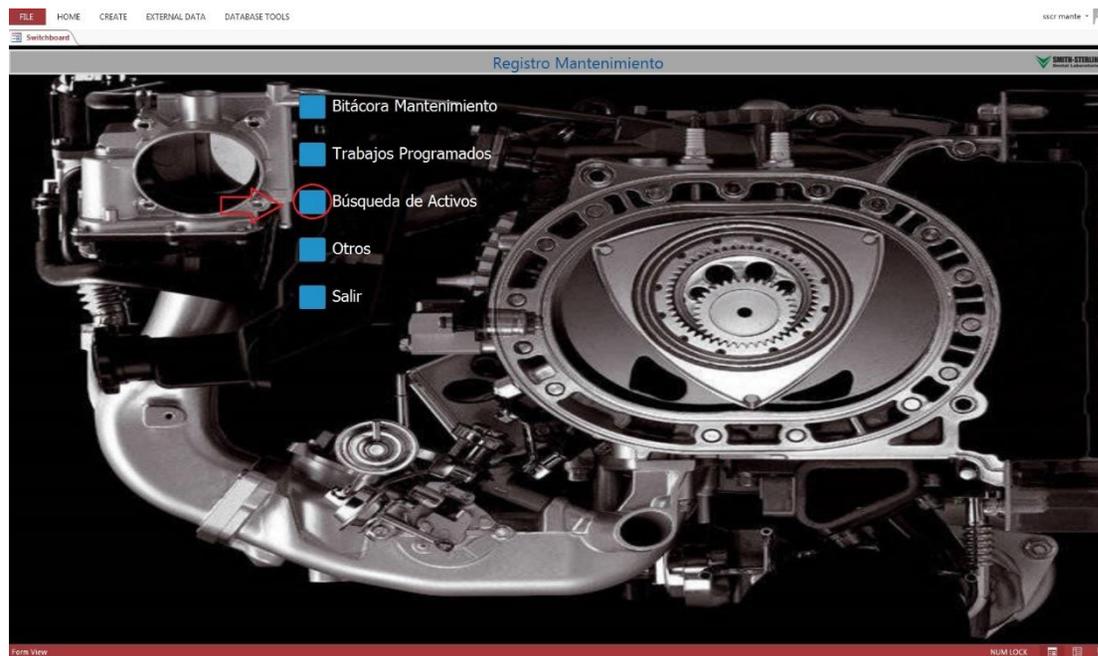
- La segunda opción es realizar una nueva búsqueda, esto se puede hacer dándole clic al botón **Otra Búsqueda**, esto hará que aparezca la figura similar al almanaque en **Fecha Inicial** y se repite el procedimiento anterior.



- Como última opción está volver al Panel de Control, dándole clic al botón **Ir al Panel de Control**.



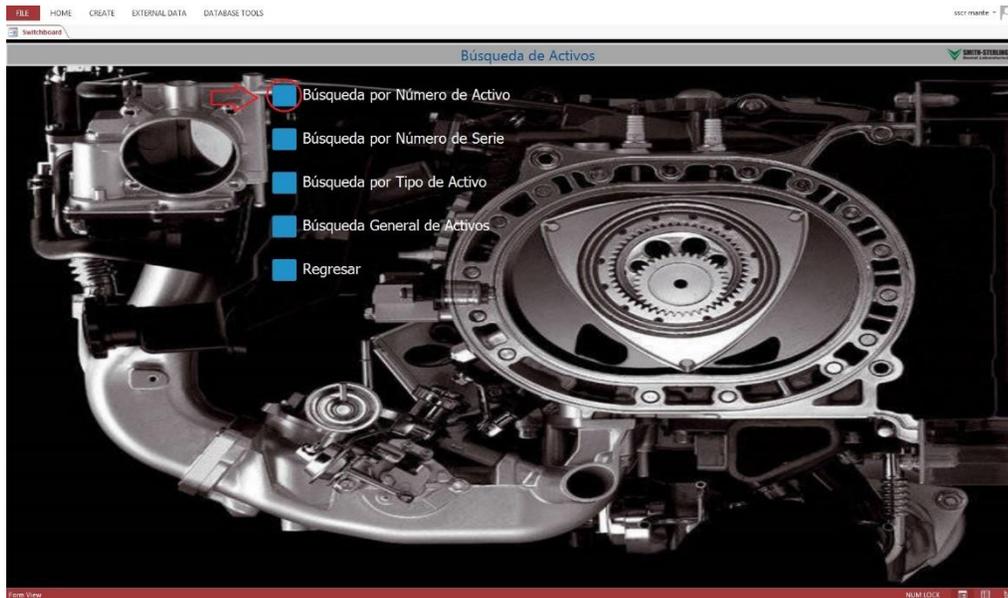
## Búsqueda de Activos



A l ingresar en **Búsqueda de Activos** aparecen 5 nuevas opciones: **Búsqueda por Número de Activo**, **Búsqueda por Número de Serie**, **Búsqueda por Tipo de Activo**, **Búsqueda General de Activos** y **Regresar**, esta última es para volver al Panel de Control mostrado en las imágenes anteriores. Esta opción es para tener múltiples opciones de búsqueda de equipo con diferente tipo de información. **TODAS** las opciones cuentan con botón para realizar **Otra Búsqueda** y el botón para volver al **Panel de Control**

### **Búsqueda por Número de Activo**

1. Se le da clic al cuadro azul a la par de “Búsqueda por Número de Activo”



2. Se escribe el **INICIO O TODO** el Número del Activo del que se requiere información.

The screenshot shows a web application interface for searching assets. At the top, there is a navigation menu with options like 'HOME', 'CREATE', 'EXTERNAL DATA', and 'DATABASE TOOLS'. Below this is a blue header with the text 'BUSQUEDA DE ACTIVO POR NUMERO'. Underneath the header is a search bar labeled 'Numero de activo' with a red oval and an arrow pointing to it. Below the search bar is a table with the following columns: 'No ACTIVO', 'TIPO DE ACTIVO', 'DESCRIPCION', 'LOCALIZACION', 'DEPARTAMENTO', 'MARCA', 'MODELO', 'N/S', 'FECHA INSTALACION', 'VOLTAGE', 'AMPERAJE', 'POTENCIA', and 'PRESION DE TRAB'. The table contains several rows of data, including items like 'Cafeteria', 'Edificio', 'Equipo miscelaneo', 'Locker', 'Oficina', 'Mueble', 'Lathé', and 'MOTOR DE 37.5 W'. Below the table are two buttons: 'Otra Busqueda' and 'Ir al Panel de Control'.

No ACTIVO	TIPO DE ACTIVO	DESCRIPCION	LOCALIZACION	DEPARTAMENTO	MARCA	MODELO	N/S	FECHA INSTALACION	VOLTAGE	AMPERAJE	POTENCIA	PRESION DE TRAB
00003	Cafeteria	ROTULO NEON "CAFE INTERNET"	B206	CAFETERIA	S/M	S/M	S/N					
00017	Edificio	SISTEMA DE ALARMA 4 SENSORES	A001	EDIFICIO VIEJO	C & K	S/N	S/N					
00022	Equipo miscelaneo	SECADOR DE AIRE ESTIRADO	D300	PARTE TRASERA	S/M	JR2176/32	6015A115000553L					
00025	Locker	LOCKER METALICO 12 GAVETAS	A001	EDIFICIO	BEIGE	METAL	S/N					
00026	Oficina	PIZARRA ACRILICA BLANCA	A140	CALL CENTER	INSA	S/N	80X120					
00036	Mueble	MESA DE MADERA GRIS OSCURO	U001	CONTABILIDAD	S/M	MADERA	S/N					
0004	Lathé	MOTOR DE 37.5			PRESTO HANDC.	S/M	3919					
00042	Lathé	MOTOR DE 37.5 W REAL WING			RED WING	M-26	816 22-09-95					
00043	Lathé	MOTOR DE 37.5 W	B147	MANTENIMIENTO	RED WING	M-26	816 22-10-95					

3. Una vez que se escribe el **Número de Activo** se presiona la tecla **ENTER** para que se realice la Búsqueda

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS sscr mane

Searchboard | BúsquedaPorNoActivo F0

## BUSQUEDA DE ACTIVO POR NUMERO

Numero de activo

No ACTIVO	TIPO DE ACTIVO	DESCRIPCION	LOCALIZACION	DEPARTAMENTO	MARCA	MODELO	N/S	FECHA INSTALACION	VOLTAGE	AMPERAJE	POTENCIA	PRESION DE TRAB
P2072	Horno C2 6x6	HORNO SINTERIZADO C2 6x6 # 10	A100	MILLING	GL	1700	M11080803-13					
P2073	Horno C2 6x6	HORNO SINTERIZADO C2 6x6 # 02	A100	MILLING	GL	1700	M11080803-12		208 1F		4 KW	
P2088	Horno C2 6x6	HORNO SINTERIZADO C2 6x6 # 03	A100	MILLING	GL	1700			208 1F		4 KW	
P2092	Horno C2 6x6	HORNO SINTERIZADO C2 6x6 # 07	A100	MILLING	GL	1700			208 1F		4 KW	

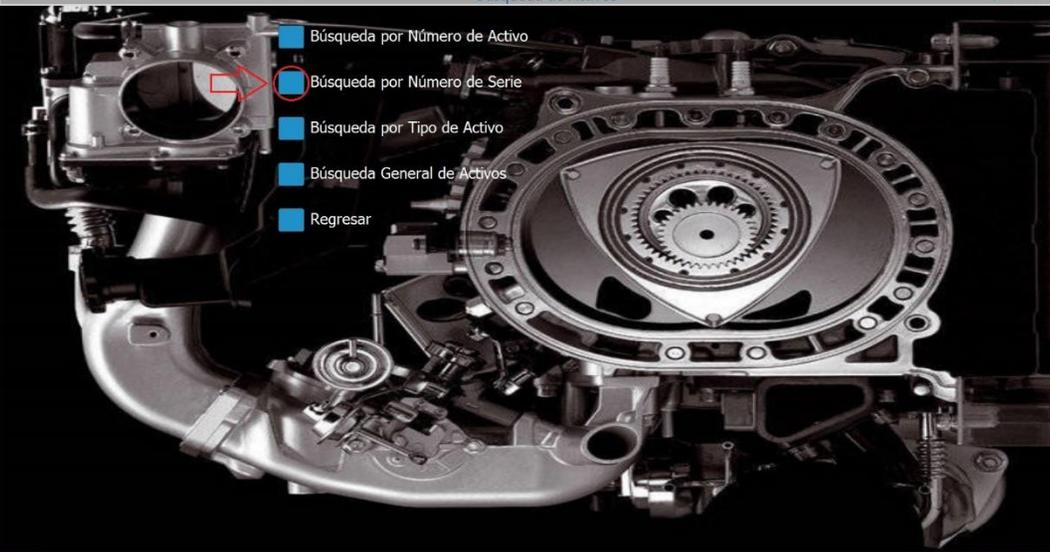
Form View NUM LOCK CTRL P2208-05

## Búsqueda por Número de Serie

1. Se le da clic al cuadro azul a la par de “Búsqueda por Número de Serie”.

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS sscr mane

Searchboard | Búsqueda de Activos EMTA-STEERING



- 
- 
- 
- 
-

Form View NUM LOCK

2. Se escribe el **INICIO O TODO** el Número del Activo del que se requiere información.

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS saci manita

BUSQUEDA DE ACTIVO POR N/S

NUMERO DE SERIE DE ACTIVO   ←

No ACTIVO	TIPO DE ACTIVO	DESCRIPCION	LOCALIZACION	DEPARTAMENTO	MARCA	MODELO	N/S	FECHA INSTALACION	VOLTAGE	AMPERAJE	POTENCIA	PRESION DE TR
00003	Cafeteria	ROTULO NEON "CAFE INTERNET"	B206	CAFETERIA	S/M	S/M	S/N					
00017	Edificio	SISTEMA DE ALARMA 4 SENSORES	A001	EDIFICIO VIEJO	C & K	S/N	S/N					
00022	Equipo miscelaneo	SECADOR DE AIRE ESTRIADO	D300	PARTE TRASERA	S/M	LR2176/32	6015A1150005531					
00025	Locker	LOCKER METALICO 12 GAVETAS	A001	EDIFICIO	BEIGE	METAL	S/N					
00026	Oficina	PIZARRA ACRILICA BLANCA	A140	CALL CENTER	JNSA	S/N	80X120					
00036	Mueble	MESA DE MADERA GRIS OSCURO	U001	CONTABILIDAD	S/M	MADERA	S/N					
0004	Lathe	MOTOR DE 37.5			PRESTO HANDC.	S/M	3819					
00042	Lathe	MOTOR DE 37.5 W REAL WING			RED WING	M-26	816 22-09-95					
00043	Lathe	MOTOR DE 37.5 W REAL WING	B147	MANTENIMIENTO	RED WING	M-26	816 22-10-95					
00048	Facilidades	EXTINTOR	B300	CAPTEK / THERM	AMEREX	SLB	777679					

Otra Busqueda
Ir al Panel de Control

Form View NUM LOCK

- Una vez que se escribe el **Número de Serie** se presiona la tecla **ENTER** para que se realice la Búsqueda

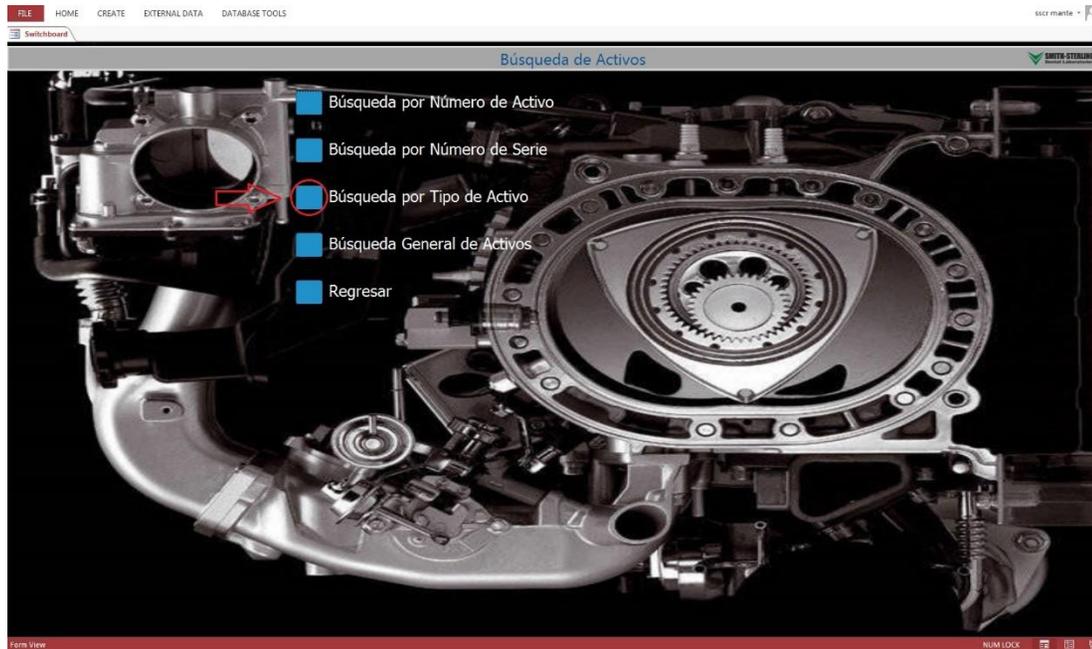
### Búsqueda por Tipo de Activo

NUMERO DE SERIE DE ACTIVO:

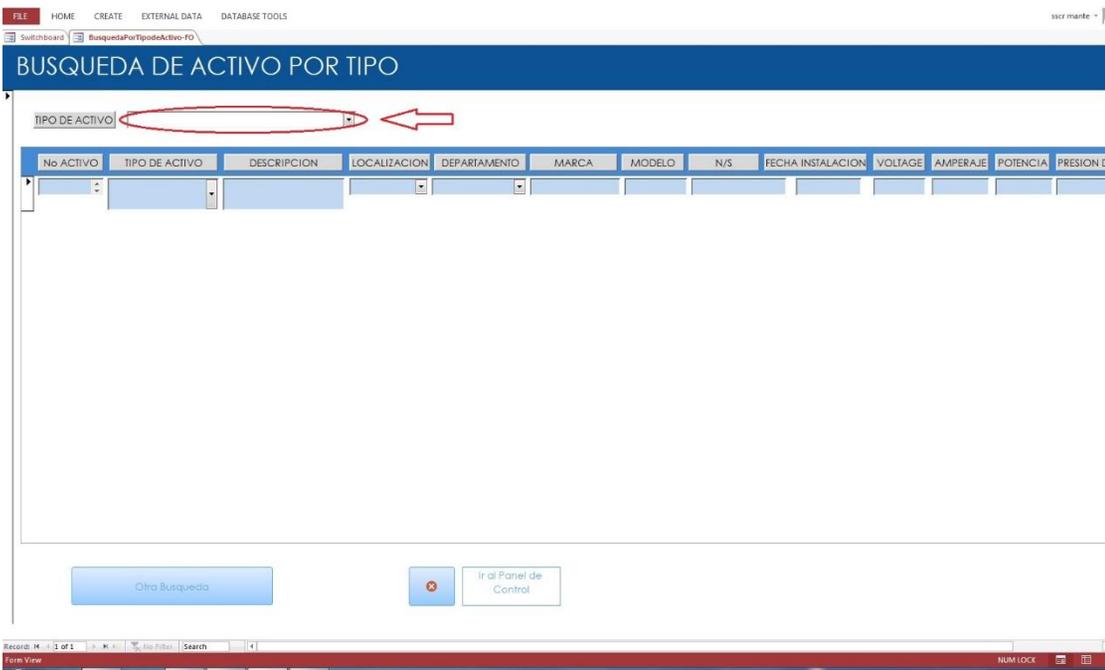
No ACTIVO	TIPO DE ACTIVO	DESCRIPCION	LOCALIZACION	DEPARTAMENTO	MARCA	MODELO	N/S	FECHA INSTALACION	VOLTAGE	AMPERAJE	POTENCIA	PRESION DE TR
00193	Aire Acondicionado	CONDENSADOR UC04 240000 BTU	A002	PATIO DE EQUIPI	TORK	YC240C00	N1K4095099	2/1/2015	460V 3P	39.8		
00194	Aire Acondicionado	CONDENSADOR UC05 240000 BTU	A003	MEZANINE DE EG	TORK	YC240C00	N1K4095098	2/1/2015	460V 3P	39.8		
00196	Aire Acondicionado	CONDENSADOR UC07 90000 BTU	A003	MEZANINE DE EG	TORK	YC090C00	N1K4134804	2/1/2015	460V 3P	14.6		
00198	Aire Acondicionado	CONDENSADOR UC09 90000 BTU	A002	PATIO DE EQUIPI	TORK	YC090C00	N1K4134807	2/1/2015	460V 3P			
00201	Aire Acondicionado	EVAPORADORA UED2 240000 BTU	A002	MEZANINE ESTE	TORK	NE240C00	N1K4094109	2/1/2015	460V 3P			
00220	Aire Acondicionado	EVAPORADORA UED6 240000 BTU	A002	MEZANINE OESTE	TORK	NE240C00	N1K4090394	2/1/2015	460V 3P			
00234	Aire Acondicionado	EVAPORADORA UED10 90000 BTU SERVER	A002	MEZANINE ESTE	TORK	NE090C00	N1K4090387	2/1/2015	460V 3P	3.0		

Otra Búsqueda  Ir al Panel de Control

- Se le da clic al cuadro azul a la par de “Búsqueda por Tipo de Activo”.



2. Se le da clic a la flecha en el lado derecho del cuadro de “Tipo de Activo”, este despliega todas las opciones existentes de tipos de activo.



FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS

Switchboard | BusquedaPorTiposActivo PO

## BUSQUEDA DE ACTIVO POR TIPO

TIPO DE ACTIVO: Horno C2 6x6

No ACTIVO	TIPO DE ACTIVO	DESCRIPCION	LOCALIZACION	DEPARTAMENTO	MARCA	MODELO	N/S	FECHA INSTALACION	VOLTAGE	AMPERAJE	POTENCIA	PRESION DE
P2073	Horno C2 6x6	HORNO SINTERIZADO C2 6X6 # 02	A100	MILLING	GL	I700	M11080803-12		208 1F		4 KW	
P2230	Horno C2 6x6	HORNO SINTERIZADO C2 6X6 # 09	A100	MILLING	GL	I700	20150109357		208 1F		4 Kw	
P2072	Horno C2 6x6	HORNO SINTERIZADO C2 6X6 # 10	A100	MILLING	GL	I700	M11080803-13					
P1914	Horno C2 6x6	HORNO SINTERIZADO C2 6X6 # 11	A100	MILLING	GL		HI-TEMP 6X6X6X		208 1F		4 KW	
P1969	Horno C2 6x6	HORNO SINTERIZADO C2 6X6 # 04	A100	MILLING	GL	OV8018	NA		208 1F		4 KW	
P2092	Horno C2 6x6	HORNO SINTERIZADO C2 6X6 # 07	A100	MILLING	GL	I700			208 1F		4 KW	
P2088	Horno C2 6x6	HORNO SINTERIZADO C2 6X6 # 03	A100	MILLING	GL	I700			208 1F		4 KW	
P1967	Horno C2 6x6	HORNO SINTERIZADO C2 6X6 # 05	A100	MILLING	GL	OV8018	NA		208 1F		4 KW	

Otra Busqueda

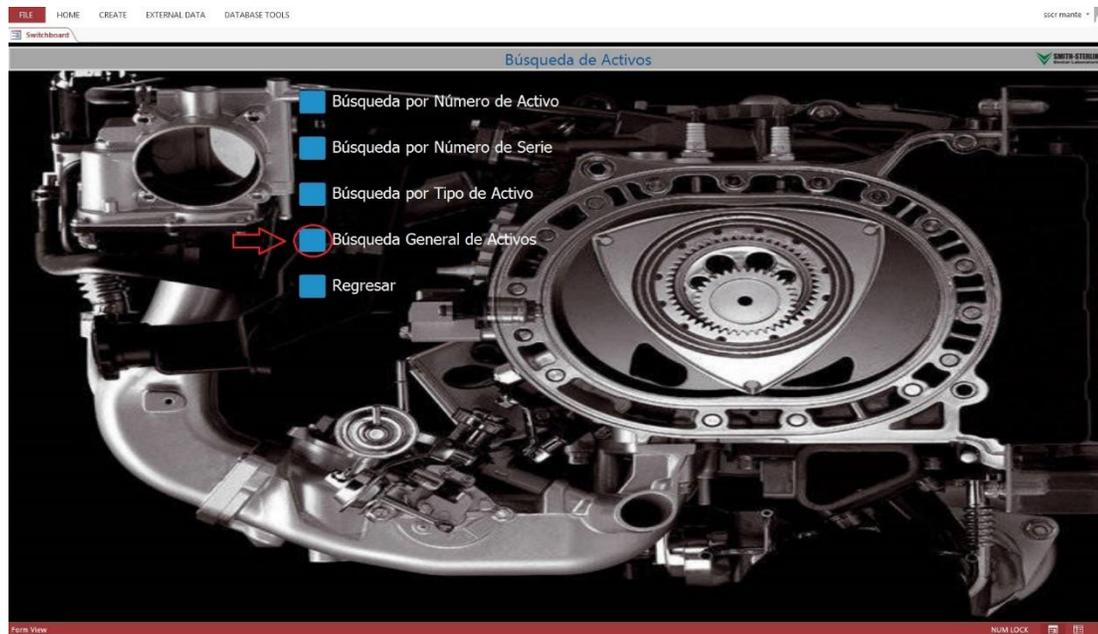
Ir al Panel de Control

Records: 14 of 1 | Search

NUM LOCK

3. Una vez encontrado el tipo de activo que se requiere se le da clic en el nombre de éste para que se realice la búsqueda.

## Búsqueda general



1. Se le da clic al cuadro azul a la par de “Búsqueda por Tipo de Activo”.
2. En el cuadro de Búsqueda (Cuadro blanco) se escribe **CUALQUIER PARTE** del Número de Activo, Número de Serie, Modelo o Marca.

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS ssci mane

Sunthboard Con\_Act

### Consulta General de Activos

BUSQUEDA
No Activo - Marca - Modelo - N/S
00003
🔍
🔧
Ir al Panel de Control

No ACTIVO: 00003
 DESCRIPCION: ROTULO NEON "CAFE INTERNET"

MARCA: S/M
 MODELO: S/M

DEPARTAMENTO: CAFETERIA
 N/S: S/N

LOCALIZACION: B206

No ACTIVO	MARCA	MODELO	N/S	DEPARTAMENTO	LOCALIZACION	DESCRIPCION
00003	S/M	S/M	S/N	CAFETERIA	B206	ROTULO NEON "CAFE INTERNET"
00017	C & K	S/N	S/N	EDIFICIO VIEJO	A001	SISTEMA DE ALARMA 4 SENSORES
00022	S/M	LR2176/32529	6015A1150005535	PARTE TRASERA	D300	SECADOR DE AIRE ESTRIADO
00025	BEIGE	METAL	S/N	EDIFICIO	A001	LOCKER METALICO 12 GAVETAS
00026	INSA	S/N	80X120	CALL CENTER	A140	PIZARRA ACRILICA BLANCA
00036	S/M	MADERA	S/N	CONTABILIDAD	U001	MESA DE MADERA GRIS OSCURO
0004	PRESTO HANDCAPS	S/M	3919			MOTOR DE 37.5
00042	RED WING	M-26	816 22-09-95			MOTOR DE 37.5 W REAL WING
00043	RED WING	M-26	816 22-10-95	MANTENIMIENTO	B147	MOTOR DE 37.5 W REAL WING
00048	AMEREX	SLB	777679	CAPIEK / THERMOFORMING	B300	EXTINTOR
00080	BADGER	SLB	930610	SHIPPING	A500	EXTINTOR
00084	OPTIMA	N/A	N/A	MANTENIMIENTO	A850	Tripode espacios confinados
00099	SIS	S/N	S/N	IT	B500	CAJA FUERTE DE PARED
00100	POLYCHEM	PC1000	22107	SHIPPING	110	STRAPPING MACHINE
00104	QC INDUSTRIES	AE41H04-07B-LFS-AAA	1B4836	MILLING	A100	BANDA TRANSPORTADORA
00105	PACIFIC FLOOR CARE	FM-20HD	104837	JANITORS	A001	CEPILLO ELECTRICO PARA PISOS
00116	OHAUS	SCOUT PRO SPX222	B619430385	FINISH	1051	Romana Electronica 200g
00150	S/M	S/N	S/N	MANTENIMIENTO	A850	PIZARRA DE BORCHO ACRILICO
00159	S/M	S/N	S/N	EDIFICIO VIEJO	A100	MUEBLE DE BAÑO CON ESPEJO
00163	S/M	ROJA	S/N	MANTENIMIENTO	A850	PRENSA PEQUEÑA
00171	JELRUS RADIANTE	S/N	1244	CASTING	A268	HORNO PARA FUNDIR CERA

Record: 14 of 1217 NUM LOCK

3. Para realizar la búsqueda se debe dar clic al botón a la par del cuadro, éste tiene una figura de unos binoculares. Debe tomarse en cuenta que esta es una búsqueda muy general por lo que dependiendo de lo que se escriba se pueden tener muchos resultados.

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS ssci mane

Sunthboard Con\_Act

### Consulta General de Activos

BUSQUEDA
No Activo - Marca - Modelo - N/S
00080
🔍
🔧
Ir al Panel de Control

No ACTIVO: 00080
 DESCRIPCION: EXTINTOR

MARCA: BADGER
 MODELO: SLB

DEPARTAMENTO: SHIPPING
 N/S: 930610

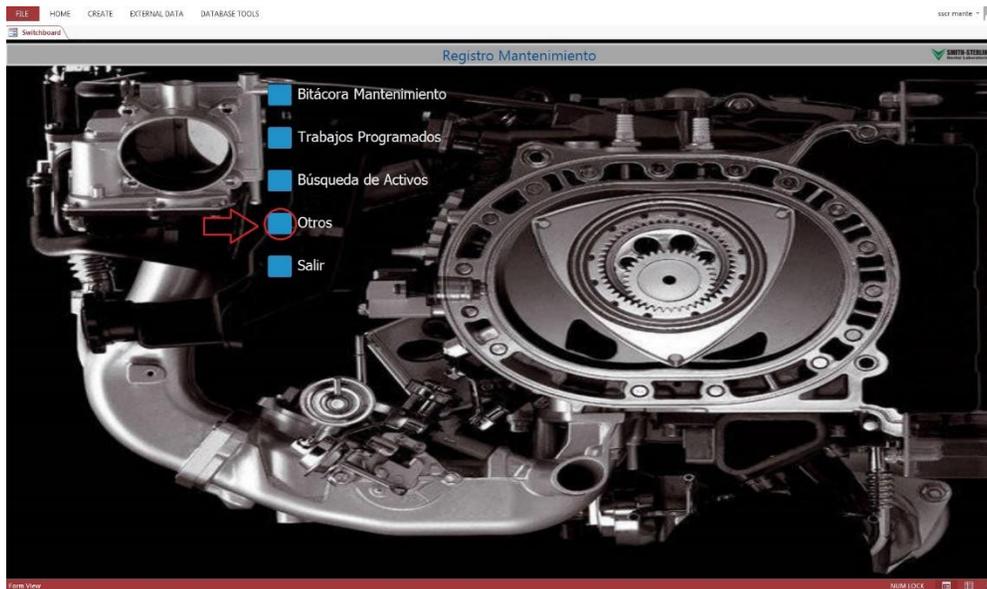
LOCALIZACION: A500

No ACTIVO	MARCA	MODELO	N/S	DEPARTAMENTO	LOCALIZACION	DESCRIPCION
00080	BADGER	SLB	930610	SHIPPING	A500	EXTINTOR
01080	JENERIC PENIKON	HR8D	S/M	PORCELANA	C202	BOMBA DE VORCHO P/HORNO LABORATORIO
B1376	CAIR	CAJ0360W	107100108010000	GERENCIA	A150	EVAPORADOR 36000 BTU
B1411	C-AIR	FCD046DC	M08091051740		U001	EVAPORADOR 40000 BTU
B1847	ENVISION TEC	DOP111 shd SXGA	EP908045030	PERFACTORY	A120	PERFACTORY
M1080	VITA	E75-001	2750	MANTENIMIENTO	B147	PROBADOR DE COLORES
P1009	WHIP MIX	PRO100	08001108648	PORCELANA	1042	HORNO DE PORCELANA
P2072	GL	1700	M11080803-13	MILLING	A100	HORNO SINTERIZADO C2 6x6 # 10
P2073	GL	1700	M11080803-12	MILLING	A100	HORNO SINTERIZADO C2 6x6 # 02
SSA002275	CARRIER	42XQ-060A-30125	MPV04180804			UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO
SSA002276	CARRIER	42XQ-060A-30125	MPV04180804			UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO
SSA002277	CARRIER	42XQ-060A-30125	MPV04180805			UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO
X1387	WHIPMIX	10146	V09080920	MODELOS	1011	VIBRADOR HD 6 * 8
X1388	WHIPMIX	10146	V09080921	MODELOS	1004	VIBRADOR HD 6 * 8
X1390	WHIPMIX	10146	V09080923	MODELOS	1023	VIBRADOR HD 6 * 8
X1391	WHIPMIX	10146	V09080926	MODELOS	1005	VIBRADOR HD 6 * 8
X1392	WHIPMIX	10146	V09080927	MODELOS	1003	VIBRADOR HD 6 * 8
X1393	WHIPMIX	10146	V09080928	MODELOS	1002	VIBRADOR HD 6 * 8
X1394	WHIPMIX	10146	V09080929	MODELOS	1015	VIBRADOR HD 6 * 8
X1395	WHIPMIX	10146	V09080930	MODELOS	1009	VIBRADOR HD 6 * 8
X1396	WHIPMIX	10146	V09080931	MODELOS	1014	VIBRADOR HD 6 * 8

Record: 14 of 23 NUM LOCK FILTERED

## Otros

Al ingresar en **Otros** aparecen 4 nuevas opciones: **Búsqueda de Repuestos por Activo**, **Ingreso de Activo**, **Modificar Información de Activo** y **Regresar**, esta última es para volver al Panel de Control mostrado en las imágenes anteriores. Esta opción abarca temas de uso menos común que las anteriores pero de importancia para el funcionamiento integral de la base de datos.



## Búsqueda de Repuestos por Activo

1. Se le da clic al cuadro azul al lado de “Búsqueda de Repuestos por Activo”.

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS

switchboard

Otros

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS

sscr marita

### BUSQUEDA DE REPUESTOS POR ACTIVO

NUMERO DE ACTIVO

MARCA  MODELO

N/S  DESCRIPCION

Codigo de Repuesto	Nombre del Repuesto
--------------------	---------------------

Otra Consulta Ir al Panel de Control

Form View NUM LOCK

2. En la nueva pantalla se escribe el **Número de Activo Completo** en el cuadro blanco a la par de "Número de Activo".

- Una vez escrito el Número de Activo se presiona la tecla **ENTER** para que se realice la búsqueda. Si la lista de repuestos es muy extensa, al lado izquierdo de los códigos se encuentran unos cuadros pequeños, si se le da un clic a uno de estos se puede mover la lista hacia arriba o abajo por medio de las **Flechas del teclado** o el **Scroll del mouse**.
- Si se quiere hacer una nueva búsqueda se le da clic al botón **“Otra Consulta”** y se escribe de nuevo el Número de Activo

The screenshot displays a software window titled "BUSQUEDA DE REPUESTOS POR ACTIVO". At the top, there is a menu bar with "FILE", "HOME", "CREATE", "EXTERNAL DATA", and "DATABASE TOOLS". Below the menu bar, the search bar contains the text "NUMERO DE ACTIVO" followed by the input "p2072".

Below the search bar, there is a table with the following data:

MARCA	GL	MODELO	DESCRIPCION
N/S	M11080803-13	1700	HORNO SINTERIZADO CZ 6x6 # 10

Below the table, there is a list of parts with the following columns: "Codigo de Repuesto" and "Nombre del Repuesto".

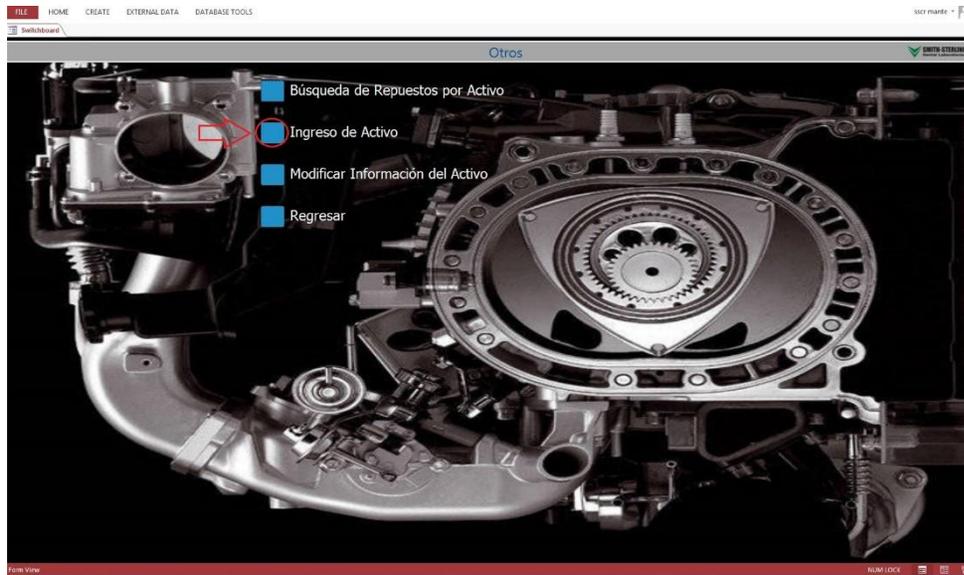
Codigo de Repuesto	Nombre del Repuesto
CZ0007	PLUG STRAIGHT BLADE 30A
CZ0009	HEATING ELEMENT FOR 6x6x6 & Model 2 FAST FIRE
CZ0010	HEATING ELEMENT HOTSPOT LAB FURNACE
CZ0011	RECEPTACLE 30A
CZ0012	TYRISTOR
CZ0013	TEMPERATURE CONTROL

At the bottom of the window, there are two buttons: "Otra Consulta" and "Ir al Panel de Control". The "Otra Consulta" button is highlighted with a red oval, and the "Ir al Panel de Control" button is highlighted with a red circle. A red arrow points to the "Ir al Panel de Control" button.

y se sigue el procedimiento descrito. Si se quiere volver al Panel de Control se le da clic al botón **“Ir al Panel de Control”**.

## Ingreso de Activo

1. Se le da clic al cuadro azul al lado de “Ingreso de Activo”.



2. En la nueva pantalla se le da clic al botón “Agregar Otro Activo”.

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS

Switchboard Ficha tecnica

### INGRESO DE UN ACTIVO

No ACTIVO: 00003 TIPO DE ACTIVO: Cafeteria

N/S: S/N MARCA: S/M

MODELO: S/M FECHA INSTALACION:

DESCRIPCION: ROTULO NEON "CAFE INTERNET" COMENTARIOS:

DEPARTAMENTO: CAFETERIA LOCALIZACION: B206

AREA: B147 IDRepuestos:

PRESION: POTENCIA:

VOLTAGE: AMPERAJE:

MESES PARA PROXIMACALIBRACION: MESES PARA PROXIMO PREVENTIVO:

FECHA ULTIMO CONTEO:

AGREGAR OTRO ACTIVO GUARDAR EL ACTIVO Ir al Panel de Control

Form View NUM LOCK

3. Ahora se le puede agregar información a todos los espacios que se consideren convenientes. Una vez que la información esté completa se le da al botón **“Guardar el Activo”**.

Correctivo 3.4 - Database - C:\Users\oscar.monte\Desktop\Correctivo 3.4.accdm (Access 2007 - 2013 file format) - Access

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS

Switchboard Ficha tecnica

### INGRESO DE UN ACTIVO

No ACTIVO: TIPO DE ACTIVO:

N/S: MARCA:

MODELO: FECHA INSTALACION:

DESCRIPCION: COMENTARIOS:

DEPARTAMENTO: LOCALIZACION:

AREA: IDRepuestos:

PRESION: POTENCIA:

VOLTAGE: AMPERAJE:

MESES PARA PROXIMACALIBRACION: 0 MESES PARA PROXIMO PREVENTIVO: 0

FECHA ULTIMO CONTEO:

AGREGAR OTRO ACTIVO GUARDAR EL ACTIVO Ir al Panel de Control

Form View NUM LOCK

3:52 PM 2/16/2017

4. Ya guardado el nuevo activo se puede agregar otro dándole clic al botón “**Agregar otro Activo**” o se puede regresar al Panel de Control dándole clic al botón “**Ir al Panel de Control**”.

INGRESO DE UN ACTIVO

No ACTIVO  TIPO DE ACTIVO

N/S  MARCA

MODELO  FECHA INSTALACION

DESCRIPCION  COMENTARIOS

DEPARTAMENTO  LOCALIZACION

AREA  IDRepuestos

PRESION  POENCIA

VOLTAGE  AMPERAJE

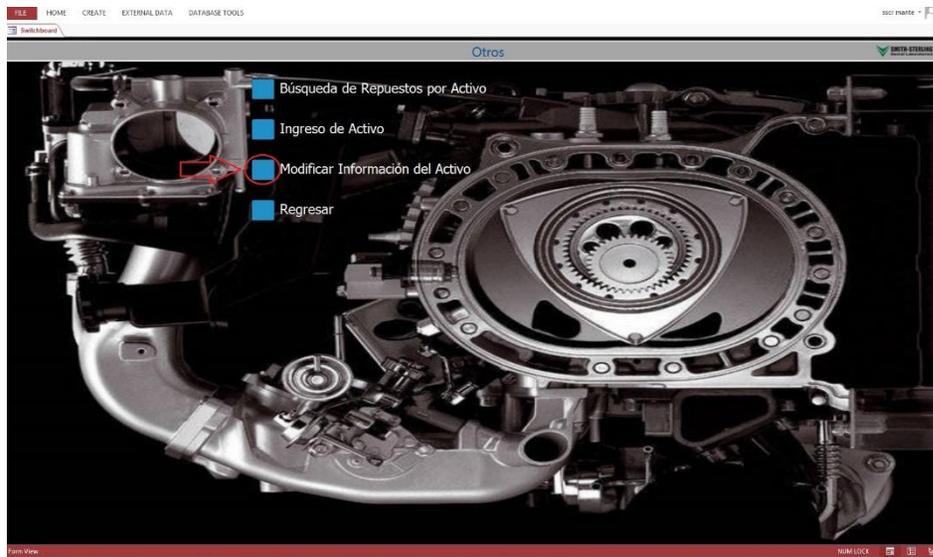
MESES PARA PROXIMACALIBRACION  0 MESES PARA PROXIMO PREVENTIVO  0

FECHA ULTIMO CONTEO

AGREGAR OTRO ACTIVO GUARDAR EL ACTIVO Ir al Panel de Control

## Modificar Información de Activo

1. Se le da clic al cuadro azul al lado de “Modificar Información de Activo”.



2. En la nueva pantalla se escribe el **Número de Activo** o se selecciona el Activo de la lista que aparece dándole clic a la flecha a la derecha de este cuadro.

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS sscr mante

Switchboard Modificar Activo-FO

## MODIFICAR INFORMACION DE UN ACTIVO

No ACTIVO No ACTIVO ←

No ACTIVO		TIPO DE ACTIVO	
N/S		MARCA	
MODELO		FECHA INSTALACION	
DESCRIPCION		COMENTARIOS	
DEPARTAMENTO		LOCALIZACION	
AREA		IDRepuestos	
PRESION		POTENCIA	
VOLTAGE		AMPERAJE	
MESES PARA PROXIMACALIBRACION	0	MESES PARA PROXIMO PREVENTIVO	0
FECHA ULTIMO CONTEO			

Form View NUM LOCK

3. Cuando se tiene el activo seleccionado se le da un clic al botón “**Modificar Activo**”.

FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS sscr mante

Switchboard Modificar Activo-FO

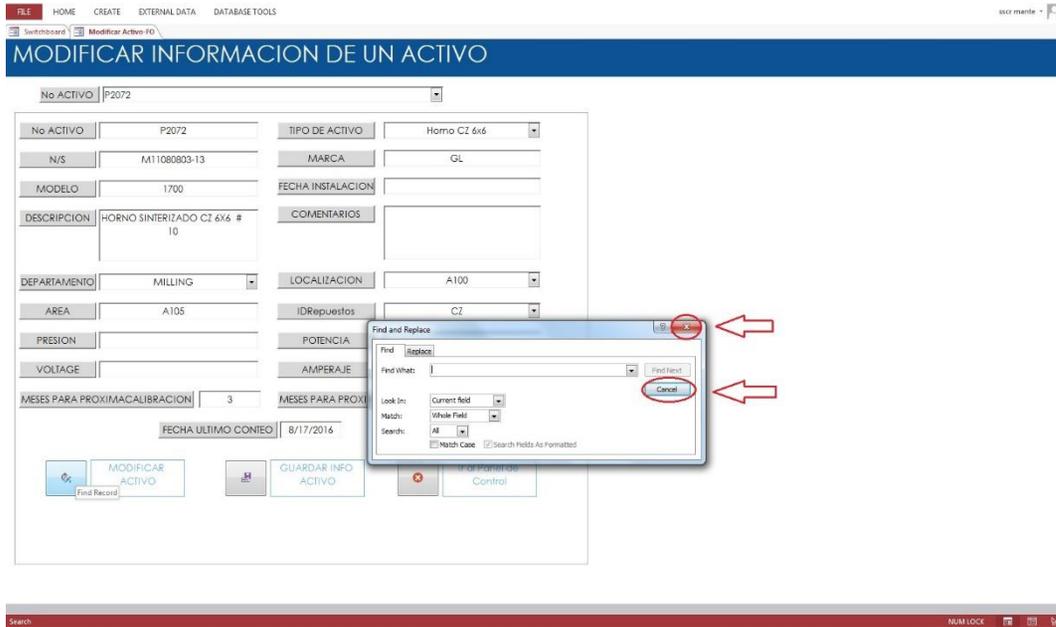
## MODIFICAR INFORMACION DE UN ACTIVO

No ACTIVO P2072

No ACTIVO	P2072	TIPO DE ACTIVO	Horno CZ 6x6
N/S	M11080803-13	MARCA	GL
MODELO	1700	FECHA INSTALACION	
DESCRIPCION	HORNO SINTERIZADO CZ 6x6 # 10	COMENTARIOS	
DEPARTAMENTO	MILLING	LOCALIZACION	A100
AREA	A105	IDRepuestos	CZ
PRESION		POTENCIA	
VOLTAGE		AMPERAJE	
MESES PARA PROXIMACALIBRACION	3	MESES PARA PROXIMO PREVENTIVO	
FECHA ULTIMO CONTEO 8/17/2016			

Form View NUM LOCK

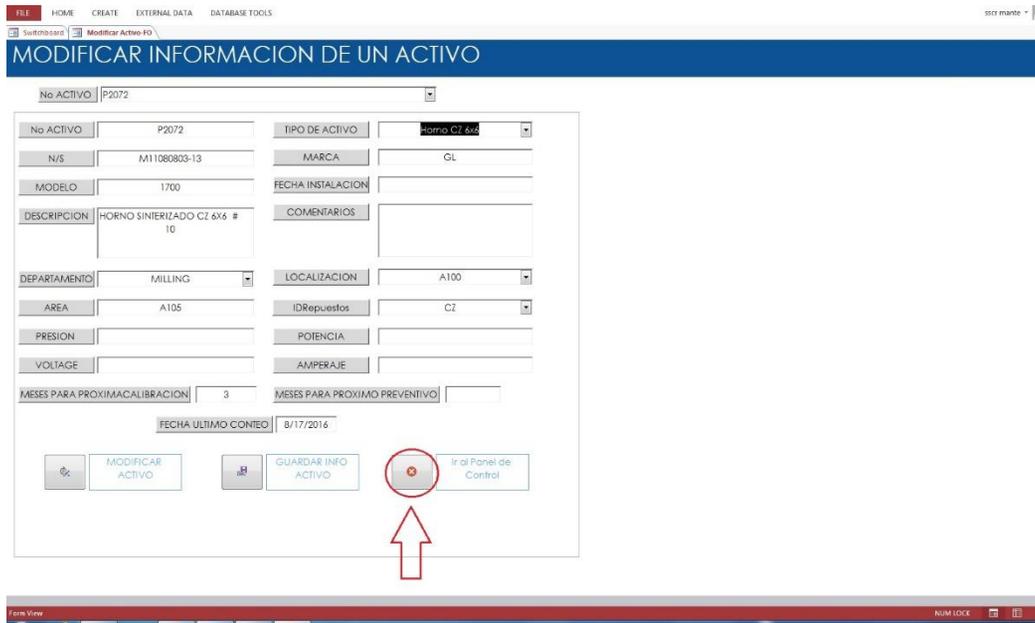
4. El mensaje que aparece debe cerrarse, esto se puede hacer dándole clic al botón “**Cancel**” o al botón con una “**X**”.



5. Ya cerrado el mensaje se puede modificar la información que sea necesaria. Una vez hechos los cambios se le da clic al botón **“Guardar Info del Activo”**.

The screenshot shows a web browser window with the title "MODIFICAR INFORMACION DE UN ACTIVO". The browser's address bar shows "localhost:8080/ModificarActivo-F0". The page has a blue header with the title. Below the header, there is a form with various input fields and buttons. The form is organized into two columns. The left column contains fields for "No. ACTIVO" (P2072), "N/S" (M11080803-13), "MODELO" (1700), "DESCRIPCION" (HORNO SINTERIZADO CZ 6x6 # 10), "DEPARTAMENTO" (MILLING), "AREA" (A105), "PRESION", "VOLTAGE", "MESES PARA PROXIMACALIBRACION" (3), and "FECHA ULTIMO CONTEO" (8/17/2016). The right column contains fields for "TIPO DE ACTIVO" (Horno CZ 6x6), "MARCA" (GL), "FECHA INSTALACION", "COMENTARIOS", "LOCALIZACION" (A100), "IDRepuestos" (CZ), "POTENCIA", "AMPERAJE", and "MESES PARA PROXIMO PREVENTIVO". At the bottom of the form, there are four buttons: "MODIFICAR ACTIVO", "GUARDAR INFO ACTIVO", and "Ir al Panel de Control". A red circle and arrow highlight the "GUARDAR INFO ACTIVO" button.

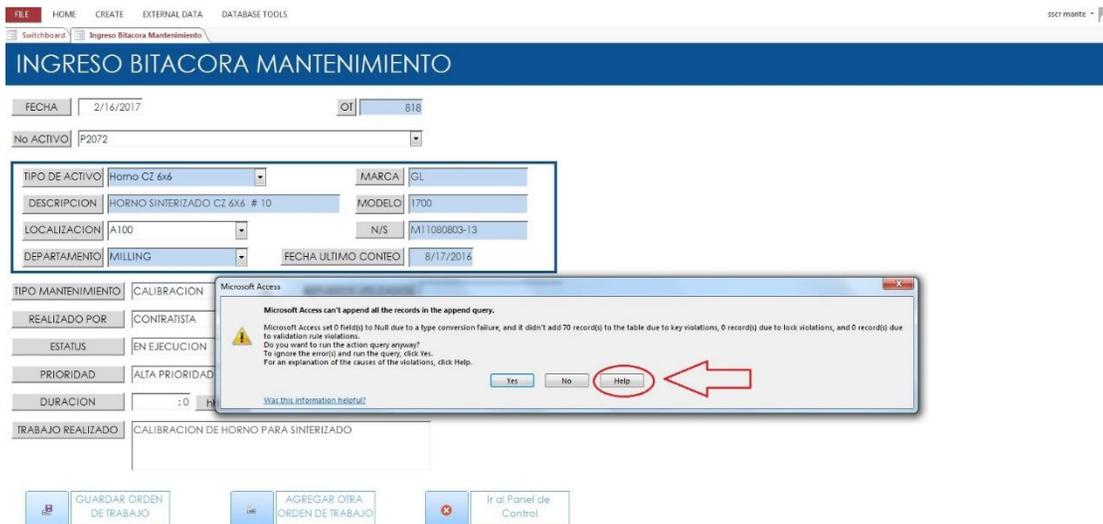
6. Se puede volver al panel de control dándole clic al botón **“Ir al Panel de Control”**.



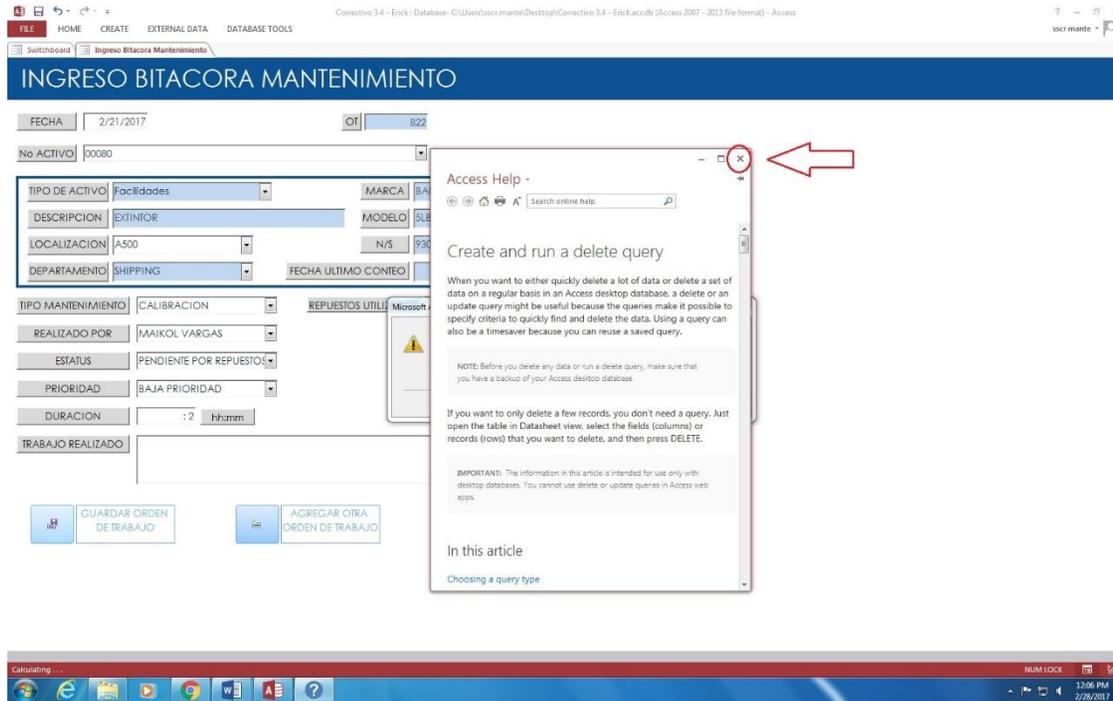
## Que hacer en caso de error

Esta sección está pensada para cuando hay una equivocación a la hora de interactuar con los **Mensajes de Advertencia**.

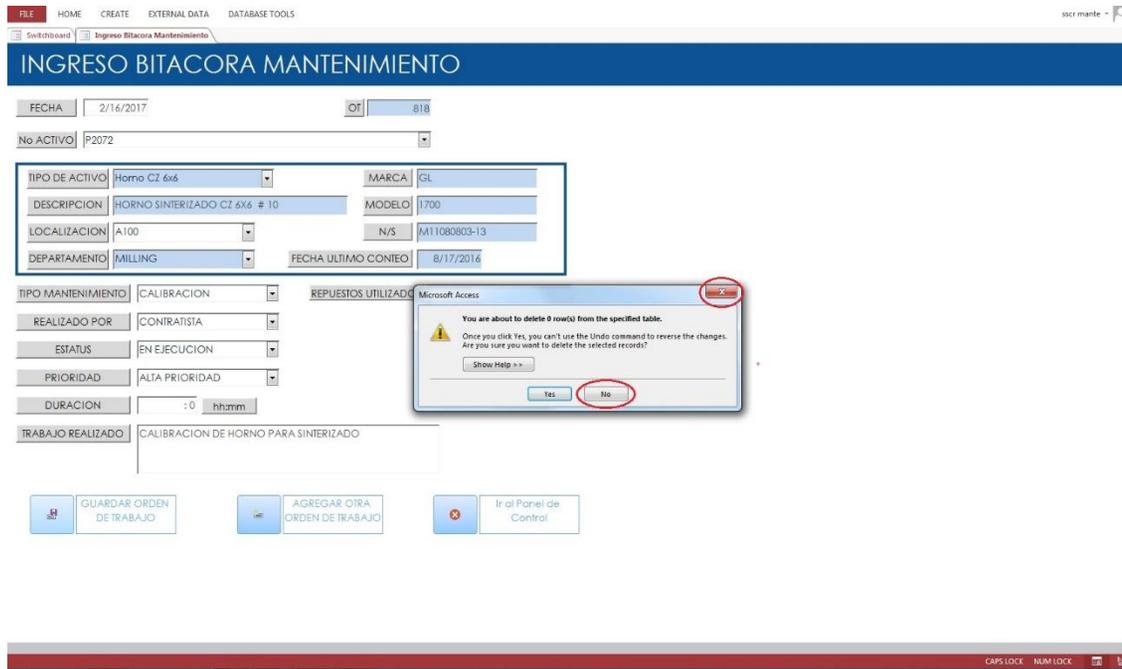
- 1) Si se le da clic al botón **HELP**



- Se abre una pantalla pequeña como se muestra a continuación. Esta pantalla debe cerrarse dándole clic en la **X** y darle clic al botón **YES** como se muestra en el procedimiento principal.

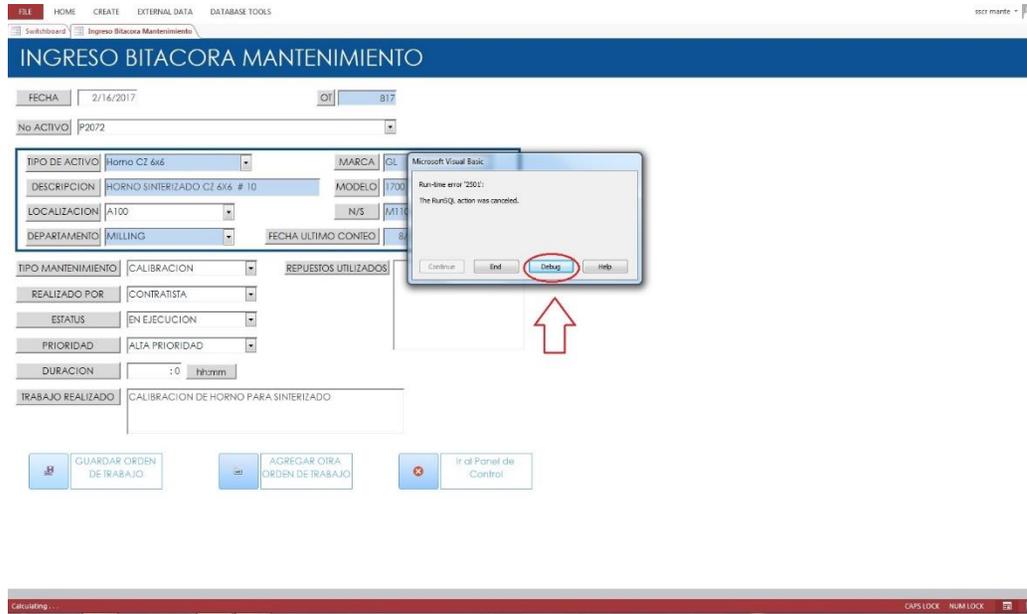


1) Si se le da clic al botón **NO** o al botón **X**.



2) Aparece un nuevo Mensaje con tres opciones:

- Si se le da clic a **DEBUG** aparecerá un cuadro del tamaño de la pantalla con código de programación, se debe salir de ahí inmediatamente ya que si se cambia algo, por más pequeño que sea, puede perjudicar el funcionamiento de la base de datos. Una vez que se ha salido de esa pantalla, hay que dar clic en el botón **END** y al botón **GUARDAR** para comenzar el proceso de nuevo.



- Si se le da clic a **END** se va a volver a la pantalla en que se estaba antes de que aparecieran todos los mensajes. Se deberá darle clic de nuevo al botón **Guardar** y **YES** a todos los mensajes como se indica en el procedimiento principal.

The screenshot shows a web application window titled 'INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO'. The interface includes a navigation menu (FILE, HOME, CREATE, EXTERNAL DATA, DATABASE TOOLS) and a user profile (ssr mante). The main form has several sections:
 

- FECHA:** 2/16/2017
- OTI:** 817
- No ACTIVO:** p2072
- TIPO DE ACTIVO:** Homo C2 6x6
- MARCA:** GL
- DESCRIPCION:** HORNO SINTERIZADO C2 6x6 # 10
- MODELO:** 1700
- LOCALIZACION:** A100
- N/S:** M118
- DEPARTAMENTO:** MILLING
- FECHA ULTIMO CONTEO:** 8/1/2017
- TIPO MANTENIMIENTO:** CALIBRACION
- REALIZADO POR:** CONTRATISTA
- ESTATUS:** EN EJECUCION
- PRIORIDAD:** ALTA PRIORIDAD
- DURACION:** :0 nh:mm
- TRABAJO REALIZADO:** CALIBRACION DE HORNO PARA SINTERIZADO

 At the bottom, there are three buttons: 'GUARDAR ORDEN DE TRABAJO', 'AGREGAR OTRA ORDEN DE TRABAJO', and 'Ir al Panel de Control'. A 'Microsoft Visual Basic' error dialog box is open, showing the message 'Run-time error '3801': The RunSQL action was canceled.' The 'End' button in the dialog is circled in red, and a red arrow points to it from below.

```

DoCmd.Close acForm, "Formulario1"
DoCmd.SetWarnings True
End Sub
Private Sub Form_Open(Cancel As Integer)
DoCmd.RunSQL "DELETE FROM [GuardasLista]"
DoCmd.RunSQL "DELETE FROM [GuardasDecalcllara]"
End Sub
  
```

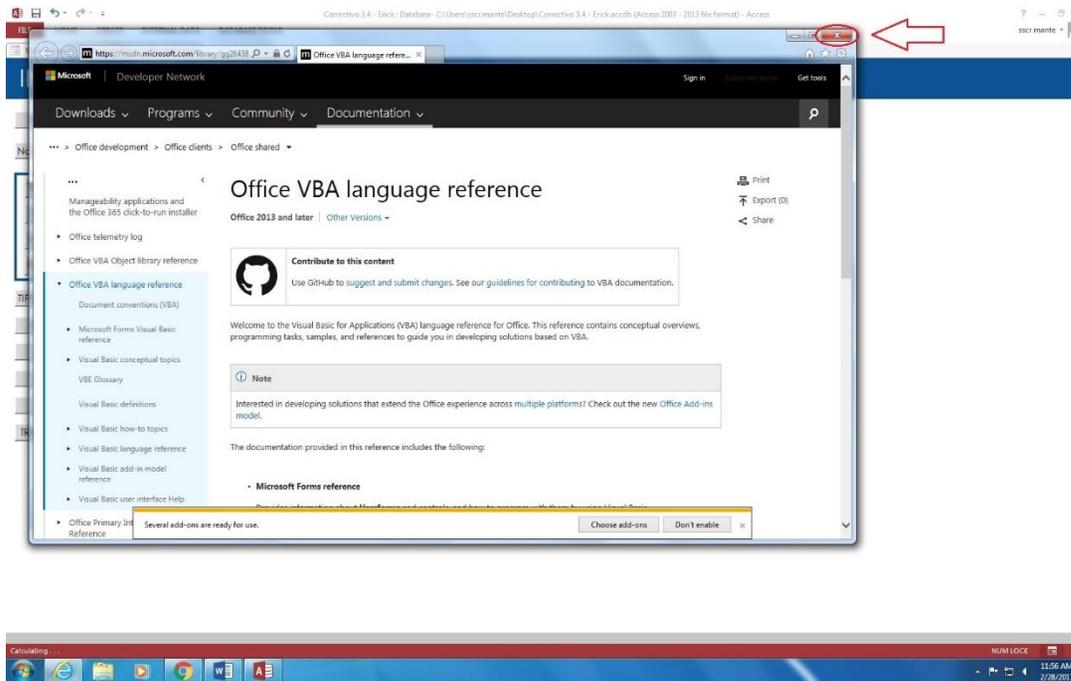
The screenshot shows a Visual Basic code editor window titled 'Calculating...'. The code editor contains the following code:
 

```

DoCmd.Close acForm, "Formulario1"
DoCmd.SetWarnings True
End Sub
Private Sub Form_Open(Cancel As Integer)
DoCmd.RunSQL "DELETE FROM [GuardasLista]"
DoCmd.RunSQL "DELETE FROM [GuardasDecalcllara]"
End Sub
  
```

 The code is written in a standard Visual Basic syntax. The 'Form\_Open' subroutine is highlighted in yellow. The code editor has a 'Properties' window on the left and a 'Immediate' window at the bottom.

- Si se le da clic al botón **HELP** se abrirá una pantalla del navegador de internet como la que se muestra a continuación, esta deberá cerrarse dándole clic al botón **X**. Una vez que se ha salido de esa pantalla, hay que dar clic en el botón **END** y al botón **GUARDAR** para comenzar el proceso de nuevo.



FILE HOME CREATE EXTERNAL DATA DATABASE TOOLS ocr mante

Switchboard Ingreso Bitacora Mantenimiento

## INGRESO BITACORA MANTENIMIENTO

FECHA: 2/16/2017 OJ: 817

No ACTIVO: P2072

TIPO DE ACTIVO	Horno CZ 6x6	MARCA	GL
DESCRIPCION	HORNO SINTERIZADO CZ 6X6 # 10	MODELO	1700
LOCALIZACION	A100	N/S	M11
DEPARTAMENTO	MILLING	FECHA ULTIMO CONEJO	8/16/16

TIPO MANTENIMIENTO: CALIBRACION REPUESTOS UTILIZADOS:

REALIZADO POR: CONTRATISTA

ESTATUS: EN EJECUCION

PRIORIDAD: ALTA PRIORIDAD

DURACION: :0 h:mm

TRABAJO REALIZADO: CALIBRACION DE HORNO PARA SINTERIZADO.

GUARDAR ORDEN DE TRABAJO AGREGAR OTRA ORDEN DE TRABAJO Ir al Panel de Control

Microsoft Visual Basic

Run-time error '2561':  
The RunSQL action was canceled.

Continue End Debug Help



## F. APÉNDICE 6. IMÁGENES DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS

- **SSCR-CZ:** Horno de sinterizado. Modelo 1700. Fabricado por Glidewell



Figura 27. Horno de sinterizado

Fuente: Elaboración propia

- **SSCR- DH:** Colector de polvos, modelo SBD 8-2-H55. Fabricado por Dust Hog.



Figura 28. Colector de polvos

- **SSCR-PO:** Horno de prensado, modelo EP5000. Fabricado por Ivoclar



**Figura 29. Horno de prensado**

Fuente: Elaboración propia

- **SSCR-MI:** Máquina CNC, modelo BMS 4 AXIS. Fabricado por Glidewell.



**Figura 30. Máquina fresadora CNC**

Fuente: Elaboración propia

- **SSCR- WP:** Bomba de agua, modelo GT10. Fabricado por Goulds.



**Figura 31. Bomba de agua alternante**

Fuente: Elaboración propia

- **SSCR-AC:** Compresor, modelo R55-160. Fabricado por Ingersoll Rand.



**Figura 32. Compresor de tornillo**

- **SSCR- PM:** Bomba de vacío modelo 2688. Fabricado por Thomas.



**Figura 33. Bomba de vacío recíprocante**

Fuente: <http://www.thepondreport.com/store/image/data/brookwood-compressor.JPG>

- **SSCR- MC:** La mezcladora no tiene marca ni modelo definido ya que fue desarrollada en la empresa.



**Figura 34. Mezcladora**

Fuente: Elaboración propia

- **SSCR-CO:** Condensadora modelo YC240C00. Fabricada por York



**Figura 35. Condensadora York**

Fuente:

<http://www.york.com/~media/york/products/commercial/yrksplitachpicyd.png>

- **SSCR-MA:** Manejadora, modelo NE240C00. Fabricado por York



**Figura 36. Manejadora York**

Fuente: [http://www.york.com/~media/york/products/residential/air-handlers/images/yrkaffinahmodp3\\_affintyseries\\_proportional.jpg](http://www.york.com/~media/york/products/residential/air-handlers/images/yrkaffinahmodp3_affintyseries_proportional.jpg)

- **SSCR-SP:** Recortadora, modelo 32. Fabricado por Whipmix.



**Figura 37. Recortadora de modelos**

Fuente: Elaboración propia

- **SSCR-SX:** Dispensadora modelo SmartBox. Fabricado por Amann



**Figura 38. Dispensadora de yeso y agua**

Fuente: Elaboración propia

- **SSCR-PF:** Máquina Perfactory, modelo DDP 3 standard. Fabricada por Envisiontec.



**Figura 39. Impresora 3D**

Fuente: Elaboración propia