

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE MANTENIMIENTO PARA
MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS DEL SECTOR METALMECÁNICO**

**MARÍA JOSÉ GÓMEZ RESTREPO
ANDRÉS FELIPE INSUASTY CHAMORRO**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2011**

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE MANTENIMIENTO PARA
MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS DEL SECTOR METALMECÁNICO**

**MARÍA JOSÉ GÓMEZ RESTREPO
ANDRÉS FELIPE INSUASTY CHAMORRO**

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingenieros
Industriales**

Ingeniero Meir Tanura Saportas

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2011**

Contenido

Pág.

INTRODUCCIÓN	13
1. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	14
1.1. TÍTULO DEL PROYECTO.....	14
1.2. PROBLEMA.....	14
1.2.1. Enunciado.....	14
1.2.2. Análisis.....	14
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.4. DELIMITACIÓN Y ALCANCE.....	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	16
2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. METODOLOGÍA.....	17
3.1. FASE I.....	17
3.2. FASE II.....	18
4. MARCO DE REFERENCIA.....	21
4.1. ANTECEDENTES.....	21
4.2. MARCO TEÓRICO.....	22
4.2.1. Herramientas para diagnósticos en mantenimiento.....	22
4.2.2. Tipos de encuestas.....	22
4.2.3. Tipos de mantenimiento.....	23
4.2.4. Mantenimiento correctivo.....	24
4.2.5. Mantenimiento preventivo.....	24
4.2.6. Mantenimiento predictivo.....	25
4.2.7. Mantenimiento autónomo o en uso.....	26
4.2.8. Estrategias de mantenimiento.....	27
4.2.9. Total productive maintenance o TPM.....	28
4.2.10. Reliability centered maintenance o RCM.....	29
4.2.11. Análisis de criticidad.....	32
4.2.12. Costos asociados a las actividades de mantenimiento.....	36
4.3. APORTE CRÍTICO.....	37

5.	MATRIZ DE MARCO LÓGICO.....	39
5.1.	OBJETIVOS Y ACTIVIDADES.....	39
6.	ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.	40
6.1.	RECURSOS.....	40
6.2.	EQUIPO DE INVESTIGACIÓN.	40
7.	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	41
7.1.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR METALMECÁNICO DE LA CIUDAD DE CALI.	41
7.1.1.	Empresas seleccionadas para la encuesta.....	41
7.1.2.	Acercamiento a las empresas y sus perfiles.....	41
7.1.3.	Aplicación de la encuestas.	43
7.1.4.	Análisis de datos.....	44
7.1.5.	Conclusiones.....	49
7.2.	RECONOCIMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y DE LOS EQUIPOS.....	51
7.2.1.	Elegir una empresa de las ya encuestadas para ser visitada.	51
7.2.2.	Entender el proceso productivo (documentación de proceso general).....	51
7.2.3.	Reconocer los equipos que tiene la empresa seleccionada (ficha técnica, manual de operación).....	52
7.3.	ANÁLISIS DE MÉTODOS DE MANTENIMIENTO A SER USADOS.	53
7.3.1.	Conocer los tipos y modelos de gestión de mantenimiento que se aplican a nivel mundial y local.	53
7.3.2.	Realizar el análisis de criticidad identificando todas las consideraciones a tener en cuenta para cada equipo.	54
7.3.3.	Elegir el modelo adecuado para ser utilizado en la empresa escogida.....	55
7.4.	HERRAMIENTA DESARROLLADA, REVISADA Y APROBADA.	56
7.4.1.	Desarrollar el perfil de usuario de la herramienta.....	56
7.4.2.	Seleccionar la información necesaria para incluir en la herramienta.....	60
7.4.3.	Hacer la herramienta en excel.	63
7.4.4.	Entregar la herramienta al tutor temático para ser revisada antes de llevarla a las empresas y realizar las correcciones pertinentes.	63
7.4.5.	Diligenciar un formato de reconocimiento de la herramienta que le sirva a las personas que van a usarla (manual).....	64
7.4.6.	Validación de la herramienta en varias empresas del sector (entrega del manual y capacitación del personal).....	64
8.	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.	66
8.1.	RECOMENDACIONES.....	66

8.2. CONCLUSIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	68

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Seguimiento de fallas registradas de una pieza.	25
Figura 2. Evolución de los tipos de mantenimiento.	27
Figura 3. Historia del mantenimiento.....	32
Figura 4. Modelo de análisis de criticidad.....	33
Figura 5. Clasificación de averías.	35
Figura 6. Síntesis aporte crítico.....	38
Figura 7. Diagrama de radar de la empresa metalmecánica moreno.....	45
Figura 8. Diagrama de radar de la empresa servi industrial el proveedor	46
Figura 9. Diagrama de radar de la empresa industrias perdomo	46
Figura 10. Diagrama de radar de la empresa metalmecánica y desarrollo eat.....	47
Figura 11. Diagrama de radar de la empresa inpromec s.a.....	48
Figura 12. Diagrama de radar de la empresa payan y cía.....	48
Figura 13. Diagrama de radar de la empresa payan y cía.....	55
Figura 14. Perfil de usuario.....	57
Figura 15. Resultados de las edades	58
Figura 16. Resultados nivel de estudios.....	58
Figura 17. Resultados de las capacitaciones.....	59
Figura 18. Resultados de los conocimientos en hojas electrónicas	59
Figura 19. Página de bienvenida de la herramienta.....	60
Figura 20. Imagen del botón datos de le empresa	61
Figura 21. Imagen del botón información de las máquinas	61
Figura 22. Imagen del botón componentes de las máquinas.....	62
Figura 23. Imagen de un ejemplo de la información suministrada en el botón componentes de las máquinas.....	62
Figura 24. Imagen del botón planeación de mantenimiento	63

Figura 25. Imagen del botón planeación de mantenimiento	104
Figura 26. Imagen del botón planeación de mantenimiento	104
Figura 27. Imagen del botón planeación de mantenimiento	105
Figura 28. Imagen del botón planeación de mantenimiento	106
Figura 29. Imagen del botón planeación de mantenimiento	107
Figura 30. Imagen del botón planeación de mantenimiento	107
Figura 31. Imagen de las ventanas para generar el diagnóstico de mantenimiento	108
Figura 32. Ejemplo del cuadro de base de datos de la información de las máquinas.....	109
Figura 33. Ejemplo del formulario de componentes de cada máquina.....	109
Figura 34. Ejemplo del cuadro de componentes de cada máquina.....	110
Figura 35. Ventana inicial del botón planeación de mantenimiento	110
Figura 36. Ventana inicial del botón planeación de mantenimiento	111
Figura 37. Ventana inicial del botón planeación de mantenimiento	111
Figura 38. Ventana inicial del botón planeación de mantenimiento	112
Figura 39. Ejemplo del cuadro de componentes de cada máquina.....	112
Figura 40. Primer paso para ingresar los datos del día.....	113
Figura 41. Segundo paso para ingresar los datos del día	113
Figura 42. Ventana de alarma para realizar un mantenimiento	114
Figura 43. Ventana de confirmación del mantenimiento.....	114

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A.....	70
ANEXO B.....	72
ANEXO C.....	85
ANEXO D.....	95
ANEXO E.....	104

GLOSARIO

ANÁLISIS DE CRITICIDAD: Análisis y posterior diferenciación que se hace de los equipos productivos de una empresa con base en los efectos que estos puedan tener sobre aspectos como el medio ambiente o la producción en caso de fallas o averías.

AVERÍA: Daño o deterioro que impide el funcionamiento de algo.

CICLO DE VIDA: Plazo de tiempo durante el cual un ítem conserva su capacidad de utilización. El periodo va desde su compra hasta su sustitución o reparación.

CNC: Control Numérico por Computador. Es un sistema de automatización de máquinas herramienta que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento (computadora), en comparación con las de accionamiento manual.

COMPETITIVIDAD: Capacidad que tiene una organización para mantener sistemáticamente ventajas comparativas que le permitan alcanzar, sostener y mejorar una determinada posición en el entorno socioeconómico.

COMPONENTE: Elemento que forma parte de una cosa o a la parte de una cosa que, junto con otras, la compone.

CONDICIÓN ÓPTIMA: Conjunto de características de un equipo que le permiten funcionar de la manera más adecuada y ejecutar sus funciones correctamente.

CONFIABILIDAD: Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un periodo determinado.

DIAGNÓSTICO: Análisis que se realiza para determinar cualquier situación y cuáles son las tendencias. Se realiza con base en datos recogidos y ordenados sistemáticamente para juzgar mejor la realidad de la situación.

DISEÑO: Proceso previo de configuración mental en la búsqueda de una solución en cualquier campo. Parte inicial de un proyecto.

DISPONIBILIDAD: Es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. Implica no solo que esté funcionando sino también que esté listo para funcionar u operar.

ELECTROEROSIONADORA: Máquina que realiza el trabajo de la electroerosión (proceso de fabricación que genera un arco eléctrico entre una pieza y un

electrodo y arranca partículas de pieza hasta conseguir reproducir en ella las formas del electrodo).

FRESADORA: Es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa.

GESTIÓN: Disposición y organización de los recursos para obtener los resultados esperados. Conjunto de acciones que existen para dirigir actividades coordinadas y controlar una organización.

HERRAMIENTA: Objeto o instrumento elaborado con el fin de facilitar la realización de una tarea. En este caso, es un programa en Excel que permite planear el mantenimiento de los equipos productivos.

HOJA DE RUTA: Plan que establece la secuencia de pasos que deben realizarse para alcanzar un objetivo. Se especifican tiempo y recursos necesarios.

INDICADOR: Es un cuantificador, entendido como el procedimiento que permite cuantificar alguna dimensión conceptual y que, cuando se aplica, produce un número. Suele ser empleado para comparar desempeños entre períodos o entre entornos geográficos o sociales.

INSPECCIÓN: Es el método de exploración física que se efectúa a través de los sentidos (ej. Vista, tacto, sonido) para identificar anomalías en el funcionamiento de los equipos.

INTERFAZ DE USUARIO. Es el medio con el cual un usuario puede comunicarse con una máquina, un equipo o una computadora. Comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo. Normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de accionar.

MANTENIMIENTO: Cualquier actividad (como comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones) necesarios para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir sus funciones. Conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

MECANIZADO: Es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión.

METALMECÁNICA: Se conoce así al sector de la industria que comprende las maquinarias industriales y las herramientas proveedoras de partes a las demás industrias metálicas, siendo su insumo básico el metal y las aleaciones de hierro.

MICROEMPRESA: De acuerdo con la definición de la ley 590 de 2000 y la ley 905 de 2004 la microempresa es toda unidad de explotación económica realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicio, rural o urbana con planta de personal hasta 10 trabajadores y activos de menos de 501 salarios mínimos legales mensuales vigentes.

MTBF (Mean Time Between Failures): Es la media aritmética del tiempo que transcurre entre las fallas de un sistema.

MTTR (Mean Time To Repair): Es el tiempo promedio para restaurar la función de un equipo cuando este ha presentado una falla.

OEE (Overall Equipment Effectiveness): Es una razón porcentual que sirve para medir la Eficiencia General de los Equipos. Este indicador mide conjuntamente todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

OVERHAUL: También llamado puesta en cero. Es una completa renovación, reparación y revisión de los equipos tratando de ponerlos en funcionamiento como si fuesen nuevos.

PEQUEÑA EMPRESA: La ley 905 de 2004 define la pequeña empresa como aquella con una planta de personal entre 11 y 50 trabajadores o activos entre 501 y 5000 salarios mínimos legales mensuales vigentes.

PERFIL DE USUARIO: Conjunto de rasgos distintivos que caracterizan al usuario de un sistema. Es utilizado como base para el diseño de algún sistema, herramienta o servicio.

PRODUCTIVIDAD: Es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.

RECTIFICADORA: Es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por abrasión, con mayor precisión dimensional y menores rugosidades que en el mecanizado por arranque de viruta.

RENDIMIENTO: Es un concepto asociado con el trabajo de las máquinas e indica el porcentaje de energía que es producida con relación con la energía utilizada para producirla. Es el cociente entre el trabajo total sobre el trabajo útil.

TORNO: Conjunto de máquinas y herramientas que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución. Estas máquinas operan haciendo girar la pieza a mecanizar mientras una o varias piezas de corte se mueven controladamente a su alrededor arrancando la cantidad de viruta necesaria para darle forma a la pieza.

TPS (Toyota Production System): Es un sistema integral de producción y de gestión surgido en la empresa automotriz japonesa Toyota. En la actualidad es internacionalmente conocido como una filosofía y conjunto de prácticas precursoras del conocido Lean Manufacturing.

VALIDACIÓN: Es el proceso que se lleva a cabo para validar algo, es decir, convertirlo en válido o darle firmeza. Consiste en una serie de pruebas y puestas en funcionamiento para identificar si realmente funciona como estaba planeado y hacerle las modificaciones necesarias antes de ponerlo realmente en funcionamiento.

INTRODUCCIÓN

La encuesta Anual Manufacturera generada por el DANE en el 2009 indicó que las micro, pequeñas y medianas empresas en Colombia representan el 96.4% del total de los establecimientos del país y generan el 63% del empleo, lo que muestra la importancia que tienen estas empresas para el desarrollo económico y social no solo del país sino de toda la región Latinoamericana.

En Colombia las actividades de estas empresas se concentran en su mayoría en el aprovechamiento de los recursos naturales y se desenvuelven principalmente en sectores como el textil, el de cuero y calzado, el de alimentos, el metalúrgico y metalmecánico, entre otros. Sin embargo, y mencionada ya su alta importancia en el país, algunas de estas empresas necesitan atención y ayuda para fortalecer sus procesos administrativos, estratégicos y operacionales que les permitan no solo sostenerse en el mercado colombiano sino avanzar hacia los mercados extranjeros con productos de alta calidad y reconocimiento regional.

Para este trabajo en específico se escogió trabajar con el sector de la siderurgia y metalmecánica ya que según el DANE (2009) el total de estas empresas representan el 10,1% del total de la industria colombiana y particularmente en Cali y en su área de influencia se encuentran alrededor de 550 empresas de acuerdo con la Cámara de Comercio de Cali (2011). Con un conocimiento previo sobre la situación de las micro y pequeñas empresas de este sector, se identificó una oportunidad de trabajar con un proceso bastante importante dentro de la planeación estratégica y operacional, el proceso de mantenimiento de los equipos productivos, ya que de este depende que las máquinas estén funcionando correctamente y no se presenten paradas de producción o accidentes que repercuten directamente no solo en las utilidades de la empresa sino también en su reconocimiento dentro del sector.

Con base en lo dicho anteriormente, y en un estudio y diagnóstico que se realizó en varias empresas del sector en la ciudad de Cali, la solución planteada fue el diseño y elaboración de una herramienta para la planeación del mantenimiento de las máquinas que le permite a las empresas concentrar toda la información de sus equipos productivos en un solo archivo en Excel y que con el ingreso diario de algunos datos le permite realizar, o al menos planear, el mantenimiento de una mejor manera.

Para el diseño, elaboración y posterior validación de la herramienta se trabajó de la mano con varias empresas del sector y con profesores de la universidad Icesi, buscando siempre alcanzar los resultados esperados por ellos, entre los que se encontraban un manejo más eficiente de la información de los equipos productivos de las empresas y encontrar una manera fácil y económica de ayudarles en la planeación y ejecución del mantenimiento.

1. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.

1.1.TITULO DEL PROYECTO.

Diseño y elaboración de una herramienta de mantenimiento para micro y pequeñas empresas del sector metalmeccánico

1.2.PROBLEMA.

1.2.1.Enunciado.

Un problema que en repetidas ocasiones atenta contra el buen desempeño de las características antes mencionadas es el mantenimiento de los equipos productivos y la tendencia corporativa hacia el tan conocido comportamiento “apaga incendios”, el cual se podría erradicar, o al menos disminuir en gran medida, si las empresas tuvieran a su alcance una herramienta que les permitiera no solo almacenar información relevante sobre sus máquinas sino también planear el mantenimiento de estas con base en la información diaria de producción y algunas mediciones, como la temperatura o las vibraciones de cada equipo.

1.2.2.Análisis.

Actualmente las micro y pequeñas empresas del sector metalmeccánico no manejan un plan de mantenimiento estructurado o aplican de manera empírica mantenimiento correctivo a sus máquinas, decisiones apresuradas que se ven reflejadas en paradas de producción, baja calidad de las reparaciones, productos defectuosos, re-procesos, tiempos altos de reparaciones, altos costos de producción y finalmente en la baja utilidad neta de su actividad en general.

Se considera que todas estas situaciones se presentan porque dichas empresas cuentan con procesos administrativos y estratégicos muy bien enfocados hacia la producción y hacia la participación en el mercado, pero en ese afán por vender y crecer económicamente suelen olvidarse del adecuado manejo y seguimiento de muchos otros procesos, como el del control de la calidad, el correcto desarrollo de sus indicadores empresariales y el control del buen funcionamiento de su proceso productivo.

Como ingenieros industriales se identificó una oportunidad de mejora para este último aspecto, el cual se ve influenciado directamente por el buen uso y mantenimiento de todos los recursos con los que cuenta la empresa para desarrollar su actividad económica, en especial los equipos productivos o máquinas. En la universidad ICESI ya se han desarrollado proyectos de grado en los que se ha buscado aportar alguna información a esta área y con base en estos resultados se ha decidido realizar una herramienta de planeación de mantenimiento que no requiere el uso de sistemas de información complejos o ERP's, sino que utiliza los recursos tecnológicos y humanos ya existentes en las empresas y de esta manera permite una mejor utilización de los equipos

productivos y evita situaciones no deseadas como las paradas de producción y altos costos inesperados por un mantenimiento correctivo de emergencia.

1.3.JUSTIFICACIÓN.

Con este proyecto se buscó continuar con la labor antes ya hecha por otros estudiantes de la universidad quienes solo se enfocaron en el análisis y diagnóstico de las empresas en cuanto a su gestión de mantenimiento. Con la herramienta que se desarrolló aquí se logró ir un paso más adelante y proponer un método de planeación de mantenimiento a las empresas con la que se puede aprovechar mejor su capacidad instalada y su mano de obra, buscando siempre el mejoramiento de indicadores como el de la productividad y el incremento de ventas, entre otros.

Por otro lado, en este proyecto se logró aplicar una gran cantidad de conceptos aprendidos durante la carrera y utilizar herramientas de obtención y análisis de datos que permitieron que todo el desarrollo del trabajo se basara en información real de las empresas de la ciudad. También se vio como un reto trabajar con el tema del mantenimiento pues este casi no fue explorado durante la carrera y poder poner en práctica lo aprendido sobre programación en Excel.

1.4.DELIMITACIÓN Y ALCANCE.

Este proyecto se definió en 2 partes: la primera se realizó durante el periodo comprendido entre enero y junio de 2011 en la que se recolectó toda la información necesaria para desarrollar la herramienta en Excel, la cual se diseñó y elaboró durante el periodo comprendido entre los meses de julio y diciembre de 2011. Es importante resaltar que el proyecto se enfocó en las micro y pequeñas empresas del sector metalmecánico y específicamente en el subsector fabricación de piezas y repuestos de la ciudad de Cali, pues fue en estas empresas donde se recolectó toda la información y en las que se validó el funcionamiento y utilidad de la herramienta.

Por otro lado este fue un proyecto de diagnóstico e industrial aplicado donde se buscó desarrollar, a través de una investigación descriptiva, una herramienta de gestión de mantenimiento con base en información recolectada de las empresas del área de influencia del proyecto. Finalmente este es un trabajo de gran importancia para el sector de influencia, ya que logra reunir varios aspectos importantes de las microempresas que muchas veces se dejan por fuera de la gestión administrativa. También es importante mencionar que si bien la universidad Icesi ya ha trabajado en proyectos de diagnóstico de mantenimiento para microempresas, este proyecto logró desarrollar una herramienta que responde a las necesidades reales y actuales encontradas en las empresas con base en las actividades de gestión de mantenimiento.

2. OBJETIVOS.

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Propiciar el aprovechamiento de los recursos de manufactura de las microempresas del sector metalmecánico con una adecuada planificación de las actividades de mantenimiento para sus equipos.

2.2. OBJETIVO DEL PROYECTO.

Desarrollar una herramienta que les permita a las microempresas del sector metalmecánico de Cali a hacer una adecuada gestión de mantenimiento de sus equipos productivos.

2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diagnóstico de la situación actual de mantenimiento de las empresas de referencia
- Reconocimiento de los procesos productivos y los equipos
- Análisis de métodos de mantenimiento a ser usados de acuerdo al análisis de criticidad
- Herramienta desarrollada, revisada y aprobada.

3. METODOLOGÍA.

Este trabajo se dividió en dos etapas de acuerdo con el tiempo establecido para su culminación y de acuerdo con la fijación de los objetivos y sus correspondientes actividades.

3.1. FASE I.

Esta primera fase incluyó todo el planeamiento previo del proyecto como tal, el desarrollo del marco de referencia y el de los objetivos específicos 1 y 2. Dado que del problema a tratar se tenía muy poca información y esta era con base en la experiencia del tutor del proyecto y de algunos otros profesores, la primera decisión que se tomó fue la de realizar un diagnóstico de la situación actual de las micro y pequeñas empresas del sector metalmecánico en cuanto a las actividades de mantenimiento para ver cuál era la mejor manera de atacar el problema y qué factores se debían tener en cuenta para el desarrollo de una solución.

Sin embargo, hacer el diagnóstico acerca de un tema que poco se conocía no era fácil, por lo que el segundo paso que se dio fue el de la investigación del marco de referencia. Aquí se recolectó información no solo de los estudios que se pudieron encontrar acerca del tema sino que también se estructuró un amplio marco teórico con todo lo que se debería conocer acerca del tema del mantenimiento en las empresas. Para realizar esta búsqueda se utilizaron los siguientes medios disponibles:

- Material bibliográfico de las bibliotecas de las universidades Icesi, Javeriana y San Buenaventura.
- Proyectos de grado que incluyeran el tema del mantenimiento industrial, encontrados principalmente en la Universidad Icesi y en la Javeriana.
- Información disponible en las bases de datos ofrecidas por la universidad Icesi y demás artículos y páginas de internet encontradas en la web.

Teniendo ya una base sólida de conocimientos acerca de todo lo que abarca el mantenimiento de los equipos productivos y de su gestión y planeación, se continuó con el diagnóstico, para el cual se seleccionaron algunas empresas del sector de Cali, tratando de cercar la búsqueda no solo por tamaño sino también por actividad. Es decir, de todas las empresas del sector metalmecánico, se escogió trabajar con las que diseñan, fabrican y proveen piezas a otras empresas pues se tenía un contacto con una de estas empresas y hallar otras no fue difícil.

Una vez elegidas las empresas se identificó la necesidad de desarrollar algún tipo de encuesta para tratar de estandarizar la información que se iba a recolectar y de esta manera poder analizarla más fácilmente. Para esto se desarrollaron varios tipos de encuesta pues a pesar de que las preguntas elaboradas entre los

investigadores y el tutor temático eran completamente pertinentes, algunas empresas no conocían acerca de lo que se les preguntaba o consideraban que eran muy largas. De esta manera se corrigió la encuesta 2 veces tratando que las preguntas siguieran buscando información importante pero que a su vez los entrevistados se sintieran más cómodos y colaboraran más con el estudio. La encuesta comprendía 6 aspectos relevantes que se escogieron de acuerdo con la investigación realizada en el marco de referencia y con base en las observaciones y comentarios del tutor y de algunos profesores de la Universidad Icesi.

Con base también en el marco teórico se eligió el método de radar para analizar los resultados y poder entregarle a las empresas resultados gráficos y de mayor entendimiento, haciendo énfasis en qué estaban fallando y mostrándoles también como era la situación de las otras empresas del mismo sector. Cuando ya se conocía la situación actual del sector en cuanto al mantenimiento, se prosiguió a elegir una empresa con la cual trabajar pues si bien la herramienta es útil para cualquier empresa, por motivos de tiempo y facilidades al hacer los contactos, la empresa elegida estuvo de acuerdo a abrir sus puertas y dedicar el tiempo que fuese necesario para que la herramienta cumpliera tanto con sus expectativas como con sus necesidades. Así fue que se realizó el reconocimiento del proceso productivo pues con base en esto se podía entender cómo funcionaba el mantenimiento en las empresas y cómo este se podría mejorar.

Finalmente se puede resumir esta etapa como un tiempo de amplia investigación y acercamiento a las empresas pues fue con base en estos dos aspectos que la herramienta pudo realizarse con datos, necesidades y expectativas reales del sector metalmeccánico de la ciudad de Cali.

3.2. FASE II.

La segunda fase de la elaboración del proyecto consistió en el desarrollo de los objetivos específicos 3 y 4, en los que con base en la información recolectada anteriormente se eligió un modelo de mantenimiento a ser implementado en la empresa y a su vez se diseñó y elaboró la herramienta a ser utilizada.

El diseño de la herramienta fue sacado con la información recolectada en las encuestas, la cual nos ayudo a determinar el perfil de usuario y a determinar la complejidad de la interfaz de esta misma.

Al observar el resultado del perfil de usuario se pudo determinar que la herramienta se iba a realizar en Excel con una interfaz realizada con macros para que el usuario que iba a utilizar la herramienta no tenga que realizar ningún tipo de cambio o adición sabiendo que su conocimiento en Excel, específicamente en Visual Basic es muy bajo o nulo.

El diseño de la herramienta consto de una reunión con el tutor de este proyecto y mediante una lluvia de ideas se logro sacar que la herramienta iba a tener una

hoja que le permita al usuario tener todos los accesos a la herramienta (Hoja de presentación).

Con la lluvia de ideas de la reunión se determino que la herramienta iba a tener una hoja de presentación en donde iba a tener hipervínculos a las otras hojas de la herramienta. Estos hipervínculos se iban a realizar de forma ordenada desde la información más macro hasta la planeación del mantenimiento y de esta manera fue realizada la herramienta.

La presentación consta de 4 botones en donde el usuario tiene que seleccionar si se va a direccionar a la información de la empresa, de las máquinas, a los componentes de las máquinas o a la planeación de mantenimiento.

El contenido de cada hoja se diseño realizar por medio de macros y finalmente resulto que 3 de 4 contienen macros.

La hoja “datos de la empresa” fue diseñada de tal manera en que el usuario tiene que ingresar toda la información importante de la empresa, tales como, el nombre de la empresa, del gerente general, del encargado de mantenimiento, la cantidad de máquinas y los nombres que tienen. En el diseño de la herramienta no se tuvo en cuenta la elaboración del diagnostico de mantenimiento para cada empresa sino que se realizo observando que era necesario que la empresa tuviera esa información sobre el mantenimiento de su empresa con el fin de que la empresa pueda saber cuáles son sus puntos débiles para poder corregir y mejorar el mantenimiento.

En el diseño de la herramienta se pensó en que la herramienta debería tener una base de datos con toda la información importante de las máquinas debido a que se observo que las empresas encuestadas y algunas otras empresas no tenían la información completa de sus máquinas porque extraviaron los manuales o porque las máquinas son muy viejas o los manuales son en otro idioma, entre otros. El diseño constaba en que el encargado de mantenimiento iba a consultar la información sobre las máquinas cuando planeara el mantenimiento o cual le tocara hacer algún mantenimiento.

Con el fin de conocer los componentes de cada máquina se diseño realizarlo en otra hoja del mismo libro, con el fin de que el usuario ingresara toda la información necesaria para el mantenimiento, tales como, los componentes de cada máquina y la forma de medición que para esa reunión se pensó en realizar la herramienta solo teniendo en cuenta el mantenimiento por medición de temperatura y vibración, pero con el desarrollo se cayó en cuenta en que la herramienta tenía que tener la medición de cuantas horas operativas ha realiza frente cuantas horas operativas tiene que realizar el mantenimiento de cada componente.

Finalmente el diseño de la planeación de mantenimiento cambio en 2 ocasiones, debido a que en un principio se quería que la herramienta fuera una base de datos con toda la información necesaria para el mantenimiento, pero con la reunión con el tutor se llegó a un acuerdo en que la herramienta tiene que ser una base de datos con valor agregado, de esta manera se diseñó la planeación de mantenimiento teniendo en cuenta las mediciones más importantes como la temperatura, la vibración y las horas operativas.

Se puede concluir que esta etapa tuvo mucho trabajo de programación y de relación con las empresas pues de ellas dependió que la herramienta final fuera aprobada e implementada en algunas de las empresas utilizadas para este trabajo.

4. MARCO DE REFERENCIA.

4.1. ANTECEDENTES.

Cuando este proyecto inició, la única información que se pudo encontrar sobre el tema en la Universidad ICESI fue la de un proyecto realizado en 2005 llamado **“DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (DGM) DE EQUIPOS PRODUCTIVOS PARA LAS MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS DE LA CIUDAD DE CALI Y SU ÁREA DE INFLUENCIA”** del que se pudo extraer datos interesantes acerca de la situación de algunas micro y pequeñas empresas de Cali. Sin embargo, la información estaba enfocada únicamente a indagar sobre las características acerca del mantenimiento y no sobre planes de acción a desarrollar de acuerdo a los resultados obtenidos, por lo que se buscó información en otros lugares y se logró encontrar proyectos de grado relacionados con el tema de mantenimiento en otras universidades, como el de la Universidad Javeriana llamado **“IMPLEMENTACIÓN DE TPM EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA PARA REACTIVAR SU PRODUCTIVIDAD”** del que se puede rescatar el enfoque que se le da a la utilización de un buen y estructurado mantenimiento como camino para incrementar la productividad de las empresas.

En cuanto a estudios realizados por el gobierno y por los sectores de la industria, se encontró un informe del Departamento Nacional de Planeación (DNP) sobre la Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad. Este es un documento sectorial de metalmecánica y siderurgia publicado en Agosto de 2007 en la Ciudad de Bogotá, Colombia, en el que se habla sobre la cadena productiva de los sectores de la siderurgia y de la metalmecánica en el país, caracterizando cada proceso y nombrando las ventajas, desventajas y opciones de mejora que propone el estado para dichos sectores de la economía colombiana. Algo interesante que se destaca del documento es que se menciona que ambos sectores “han buscado eliminar su tradición importadora e incrementar la producción, orientándola hacia los mercados internacionales”, pero el problema radica en que los obstáculos de consecución de materias primas y de apoyo financiero para operar son muy grandes y por tanto no se tienen estructuras de procesos y procedimientos fuertes o competitivas a nivel interno, lo que dificulta la penetración en nuevos mercados.

Finalmente es importante mencionar que en el mercado industrial existen varios productos que incluyen software relacionados con mantenimiento que se han creado para su aplicación en grandes plataformas de sistemas de información como Oracle o SAP, pero es evidente que ni las micro ni las pequeñas empresas pueden acceder a ellas ni tienen la necesidad de hacerlo en el momento, pues estos productos representarían un alto costo no solo de adquisición sino también de implementación y de mantenimiento. No obstante, el uso de algunas herramientas o programas básicos como Excel pueden ayudar a que estas empresas organicen de una mejor manera su información (en este caso la de mantenimiento) y puedan tomar decisiones eficaces en cuanto a los recursos necesarios para desarrollar este tipo de tareas.

4.2. MARCO TEÓRICO.

4.2.1.Herramientas para diagnósticos en mantenimiento.

A continuación se abordarán algunas herramientas para hacer el diagnóstico de la gestión de mantenimiento en la mayoría de las empresas sin importar su tamaño o estructura. Cada empresa evaluará cual herramienta es la que mejor se adecua a su organización y que está a su vez genere un mayor impacto en la situación a resolver con el fin de conformar un sistema adecuado.

- Pronósticos: Evalúan el comportamiento historio de la demanda y proyecta los valores máximos a producir junto con sus tiempo de duración. Con esta información se facilita las decisiones estratégicas de la compañía, como la planeación de mantenimiento.
- Benchmarking: “es una herramienta que permite hacer estudios comparativos en áreas o sectores de empresas con el fin de mejorar su funcionamiento dentro de la organización”.
- QFD “Despliegue de la función de calidad” (o QFD, por sus siglas en inglés) es un método y diseño de productos y servicios que recoge las demandas y expectativas de los clientes y las traduce en pasos sucesivos, a características técnicas y operativas satisfactorias”.
- DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas): Esta herramienta permite entender y tomar decisiones en cualquier área de la compañía, debido a que analiza la información interna y externa que afecta la empresa.
- Americana (Metodología del radar): Por medio de un cuestionario realizado por el auditor, se buscará observar cuales son las falencias más relevantes dentro de la empresa. Una vez se hace la encuesta se grafican los resultados en una gráfica radar.
- Inglés: (Desarrollo de un cuestionario): Teniendo en cuenta la misma metodología americana al momento de recolectar información, se graficará los resultados en un gráfico de Pareto, en donde se analizará cuáles son las áreas que mayor falencia tiene o generan impacto en el problema a resolver.

4.2.2.Tipos de encuestas.

Para la recolección de información y para la realización del diagnóstico de las empresas, se necesitará hacer una encuesta y saber cuáles son los tipos de encuestas que existen.

“La encuesta es un método de la investigación de mercados que sirve para obtener información específica de una muestra de la población mediante el uso de cuestionarios estructurados que se utilizan para obtener datos precisos de las personas encuestadas.

En la actualidad, existen al menos cuatro tipos de encuesta que permiten obtener información primaria, por lo que es imprescindible que investigadores de mercados y mercadólogos”.

- Encuesta basada en entrevistas cara a cara o de profundidad: Estas entrevistas se hacen directamente con los encuestados. Tienen la ventaja que puede ser guiada o controlada por el encuestador, además se suele obtener mayor información que otros medio. Algunas desventajas es que tiene un alto costo de implementación, toma mayor tiempo en realizar las encuestas y se pueden presentar sesgos en las respuestas
- Encuestas telefónicas: Este tipo de encuestas se hacen vía telefónica. Las ventajas que tiene implementar esta encuesta es que se puede realizar a una gran cantidad de personas en comparación con la entrevista personal, bajos costos de implementación, pero las desventajas de estas encuestas es que tienen que ser cortas y se tiene menor información.
- Encuestas por postales: Consiste en realizar un cuestionario y enviarlo a los encuestados vía correo postal o correo electrónico con el fin que los encuestados lo llenen y lo reenvíen al correo de origen. Las ventajas son: bajos costos de implementación, mayor número de encuestados.
- Encuestas por internet: Tiene mayor aceptación entre los entrevistadores porque consiste en realizar un cuestionario en una página web y enviar a todos los contactos a los que se desea realizar la encuesta. Las ventajas que este tipo de encuesta tiene: bajos costos de implementación (son menores a las encuestas personales, telefónicas y postales), amplia cobertura de encuestados. La desventaja de usar esta encuesta es que no se tiene ninguna información de la persona que respondió la encuesta.

4.2.3. Tipos de mantenimiento.

La palabra mantenimiento está definida por el diccionario de la Real Academia Española RAE como: “Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios e industrias, entre otras cosas, puedan seguir funcionando adecuadamente”. Pero la verdad es que las funciones de los encargados del mantenimiento van mucho más allá de esta definición y se ha encontrado que existen tres características importantes a las que le apuntan las actividades de mantenimiento de las industrias: la confiabilidad, el rendimiento y la disponibilidad de los equipos. En otras palabras, el mantenimiento trabaja para que un equipo o activo esté disponible para ser usado y realice la función para la que está destinado de acuerdo a sus condiciones óptimas de operación.

A lo largo de los años, y desde la invención de la primera máquina de vapor, los fabricantes y operarios de las mismas se dieron cuenta que por el uso de las máquinas y equipos estos iban mostrando ciertos desgastes que hacían que el funcionamiento se desviara del ideal y que finalmente terminaban con una avería que tenía que ser resuelta

con el cambio de algún componente. Es así como nace el tan conocido ***mantenimiento correctivo***, que siguió vigente aproximadamente hasta los años 50 en donde gracias a la necesidad de mantener las grandes plantas en funcionamiento se pensó que era necesario no solo corregir las fallas sino también prevenirlas y predecirlas, dándole paso así al ***mantenimiento preventivo*** y años después al ***mantenimiento predictivo***.

Gracias a la tecnología desarrollada y a las teorías de calidad y empoderamiento de los empleados, como la de William E. Deming y las del Sistema de Producción de Toyota (TPS), los tipos de mantenimiento fueron evolucionando. A continuación se presenta una reseña de ellos:

4.2.4.Mantenimiento correctivo.

Mantenimiento correctivo: Teniendo en cuenta el concepto de mantenimiento correctivo definido por García Garrido (2003) se pudo entender el mantenimiento como la corrección de las averías o fallas cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo. Existen dos tipos: el programado y el no programado, donde el único factor de decisión es el impacto que genere la reparación en los tiempos y órdenes de producción. Es decir, si la falla ocurre se debe reparar inmediatamente para no tener los equipos parados por mucho tiempo (no programado), pero si se observa que hay una falla incipiente que aún no ha hecho que se pare la producción es posible programar su arreglo para un día próximo en el que se tengan los elementos necesarios para dicha tarea.

Muchas de las ventajas asociadas a este tipo de mantenimiento es que en ocasiones las averías se pueden resolver rápidamente y si la máquina no interviene mucho en el flujo normal de la producción el tiempo que se demore no es un obstáculo. Algunas de las desventajas es la interrupción abrupta que puede causar en la producción si la avería es grave, incluso puede acarrear con ella un accidente laboral o medioambiental, y el tiempo que puede pasar entre el arreglo del equipo, pues mientras se consigue la persona que lo haga o los repuestos, la producción se puede ver realmente afectada causando incumplimientos y otros costos asociados.

Finalmente cabe resaltar que este es el tipo de mantenimiento más utilizado y a pesar de todos los esfuerzos que realicen las empresas, nunca desaparecerá.

4.2.5.Mantenimiento preventivo.

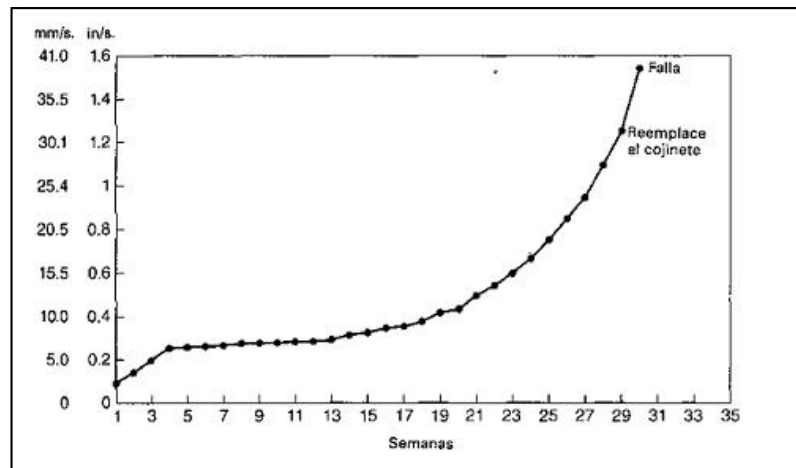
Es de carácter sistemático, es decir, se intervienen los equipos así estos no hayan dado ningún síntoma de tener un problema. Se realiza básicamente para prevenir que las fallas que se puedan estar presentando desencadenen una avería grave e inesperada para la que no se esté preparado y pueda ocasionar paradas de producción e incluso accidentes de trabajo. Este mantenimiento tiene estipulados tiempos para realizar las inspecciones o reparaciones, como cantidad de horas de funcionamiento, cantidad de kilómetros recorridos, entre otros. En muchas empresas se practica este tipo de mantenimiento cada vez que se termina un pedido o cada año antes de empezar nuevamente las operaciones. Para practicar este tipo de mantenimiento se debe contar con un poco más de recursos, pues deben existir personas encargadas de programar y planear las actividades y todo lo necesario para que puedan ser realizadas (mano de obra, herramientas, repuestos, tiempos), además deben existir registros o bases de datos en los que se lleven records de

las fallas y de las órdenes de mantenimiento emitidas para su arreglo, también se debe hacer un adecuado control de los repuestos y herramientas necesarias (inventarios).

4.2.6. Mantenimiento predictivo.

Mantenimiento predictivo: “es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza”. Para que se este tipo de mantenimiento se efectúe se debe llevar un control de las condiciones de operación de los equipos, como su presión, temperatura, vibraciones, etc., para poder verificar cuándo están entre sus límites admisibles de funcionamiento. Se requiere de equipos de medición, de monitoreo y personal que esté presente para llevar un registro de los datos y poder hacer el pronóstico de fallas. A continuación se muestra un ejemplo de los datos obtenidos de las vibraciones de un cojinete o rodamiento, en el que se puede observar el punto crítico que indica cuándo repararlo antes de que la falla realmente suceda.

Figura 1. Seguimiento de fallas registradas de una pieza.



Fuente: GARCÍA GARRIDO, Santiago, Qué es el mantenimiento predictivo, 2009. <http://www.mantenimientoindustrial.renovetec.com/mantenimientopredictivoquees.html>

Usualmente los fabricantes de las piezas o consumibles suelen proporcionar los datos de vida útil de los productos o de los rangos en los cuales se pueden manejar, lo que hace la tarea un poco más fácil por tener solo que hacer un monitoreo constante. Sin embargo algunos no lo hacen y las empresas deben empezar desde cero llevando un registro de las fallas registradas a lo largo del funcionamiento de la pieza y a la vez controlando las condiciones de operación para entender el proceso del desgaste y posterior avería.

4.2.7.Mantenimiento autónomo o en uso.

Teniendo en cuenta lo que dijo HOZEN JISHU (2011) que “el mantenimiento autónomo o mantenimiento en uso está fundamentado en el conocimiento que los operadores tienen para mantener y manejar en su totalidad las condiciones de sus equipos desde los mecanismos, manejo de la maquinaria, hasta los cuidados, averías, etc.”. Es uno de los pilares de TPM (que será explicado más adelante) y pretende que los empleados creen un sentido de pertenencia por la máquina con la cual trabajan y se preocupen por su correcto funcionamiento, detectando a tiempo irregularidades y corrigiendo aquellas que puedan de la forma correcta. Es evidente que para que esto suceda la dirección de la empresa debe invertir tiempo y dinero en sus trabajadores para que estos se capaciten y entrenen en conocer acerca de los equipos, sus características y cómo mantenerlos funcionando para que estén disponibles el mayor tiempo posible.

Después de ver los tipos de mantenimiento que existen se debe ahora decidir qué tipo de modelo utilizar. Es decir, una empresa puede diseñar un plan de actividades específicas para sus equipos pero como todos ellos son diferentes, sus actividades también pueden serlo. En la práctica se han establecido algunos modelos que logran integrar varios de los tipos de mantenimiento antes explicados, pero en diferentes proporciones y con distintas actividades para cada equipo o grupo de equipos. Sin embargo, la teoría y las experiencias han demostrado que todos estos modelos deben tener como principio fundamental dos actividades que si bien no representan altos costos, pueden ayudar a mantener los equipos en buen funcionamiento sin mucho esfuerzo o dedicación especial, estas actividades son la lubricación y las inspecciones visuales. Los modelos son:

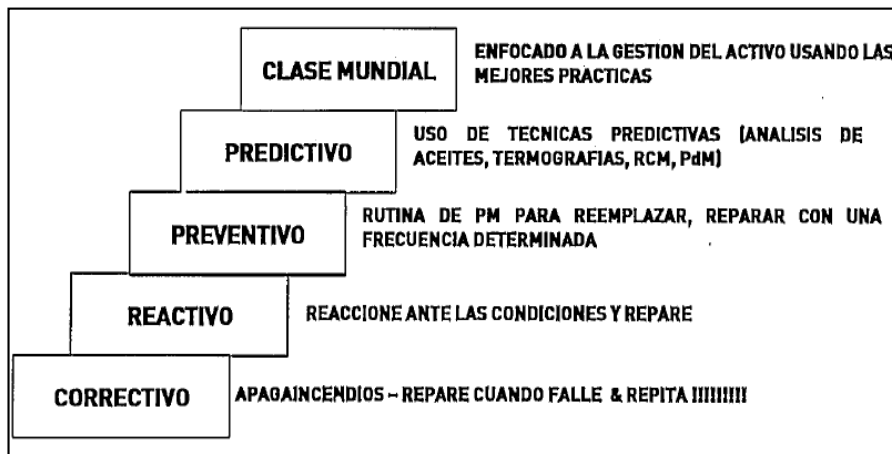
- **Modelo Correctivo:** Como su nombre lo indica, este modelo tiene como fundamento el mantenimiento correctivo y se dedica a lubricar, inspeccionar y reparar las averías encontradas. Usualmente este modelo se le aplica a aquellos equipos que no sean muy importantes o vitales para el funcionamiento de los procesos, o sea que no representen paradas graves o amenazas hacia la seguridad industrial.
- **Modelo condicional:** En este modelo se realizan las actividades del modelo correctivo pero además se le agrega una revisión condicional que establece si se actúa o no sobre el equipo. Para esto se deben tener estándares de funcionamiento o condiciones de operación establecidas para que al ser estas monitoreadas se pueda decidir si intervenir o no. Esto se hace en equipos que no son utilizados por mucho tiempo y que por tanto pueden tener una probabilidad de fallo muy baja. Este modelo tiene que ver mucho con el mantenimiento predictivo y sus actividades están encaminadas a tener un buen control estadístico sobre la manera en que los equipos operan.
- **Modelo sistemático:** Este modelo es normalmente aplicado a equipos clasificados como de disponibilidad media en los cuales alguna falla repentina puede producir algunos problemas relevantes. Las actividades que normalmente se ejecutan, además de la inspección y de la lubricación, son aquellas que estén programadas ya sea que al hacer las mediciones y controles se hayan identificados posibles fallos o no. Es decir, a un equipo se le pueden programar arreglos o revisiones sin tener idea de cómo está realmente el equipo o si verdaderamente las necesita.

Lo anterior se pudo observar con un ejemplo brindado por García Garrido Santiago con el de un reactor químico, el cuál necesita ser monitoreado pero a su vez es recomendable hacer una inspección rigurosa cada vez que éste vaya a ser usado pues las empresas no se pueden dar el lujo de que estos fallen (esto produciría no solo un elevado costo de reparación si no también un grave accidente para los empleados o para el medio ambiente)

- Modelo de alta disponibilidad: Como su nombre lo indica este modelo pretende cumplir con las exigencias de disponibilidad de casi del 90% de algunos equipos, que son verdaderamente importantes y vitales para el funcionamiento de la empresa. Para estos equipos es recomendable, además de lubricar, inspeccionar visualmente y llevar un registro de condiciones de operación, hacer una parada programada anual u *overhaul* en el que se puedan cambiar piezas que tengan una vida útil corta y tiendan a desgaste. Algo que lo distingue de todos los demás es que este modelo no permite un mantenimiento correctivo pues las consecuencias pueden ser muy perjudiciales; por esto se apoya en el mantenimiento preventivo y predictivo buscando que el equipo mantenga una disponibilidad constante y con *ceros averías*.

En la siguiente gráfica se observa cómo han evolucionado los tipos de mantenimiento antes expuestos a través del tiempo, donde se ve como el desarrollo de la economía, de los estándares y de la tecnología han ido de la mano de todos estos cambios.

Figura 2. Evolución de los tipos de mantenimiento.



Fuente: Material de la clase “Gestión de Mantenimiento” del profesor Juan Carlos Garzón

4.2.8. Estrategias de mantenimiento.

Como se pudo observar en el ítem anterior, los tipos de mantenimiento utilizados son muchos y su implementación depende de los lineamientos de trabajo de cada empresa.

Sin embargo, se considera que existen 2 grandes estrategias de mantenimiento que logran reunir varios aspectos relacionados dichas actividades, como qué tipo utilizar, qué hacer con la mano de obra requerida, cómo instituir la filosofía en la empresa, etc. A continuación se exponen los puntos más importantes de cada una.

4.2.9.Total productive maintenance o TPM.

Total Productive Maintenance o TPM: este término nace en Japón después de que el mantenimiento preventivo no puede ir al pie del aumento significativo de la producción y automatización de las industrias de este país. Se define básicamente como una metodología que se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costos en los procesos de producción industrial, por lo que pretende lograr cero defectos, cero averías y cero accidentes.

Entre sus aspectos más relevantes se puede mencionar que logra combinar las mejores prácticas de la calidad total, el mantenimiento y la gestión de la producción para lograr un nivel de productividad lo más alto posible, que se puede medir con un indicador llamado Eficiencia Global de los Equipos (OEE); también se debe mencionar que a diferencia del RCM el TPM se enfoca hacia la disponibilidad de los equipos y no en su confiabilidad entendiéndose esta como la "capacidad de un ítem de desempeñar una función requerida, en condiciones establecidas".

El término fue expresado por primera vez por un alto funcionario del reconocido Japanese Institute of Plant Management (JIPM) Seiichi Nakajima quién lo definió como: "El TPM es una filosofía de manufactura que enfoca y valoriza la relación efectiva de los operadores con el equipo y sus funciones, teniendo en cuenta la eliminación total de pérdidas". Esta teoría fue la continuación de la teoría de Total Quality Management TQM y en la actualidad se considera como una de las partes más importantes de la aplicación exitosa de un sistema de Lean Manufacturing dentro de las empresas.

Desde que fue creada esta estrategia el paradigma más importante que tuvo que cambiarse fue el de la poca importancia que tenían los empleados dentro de las actividades de mantenimiento, pues a lo largo de los años se había creado una imagen de que solo los contratados para dichas tareas eran los responsables por los equipos, pero la verdad es que esto no tenía mucho sentido pues no eran ellos los que estaban siempre ahí presentes y ciertamente no eran ellos los que se daban cuenta del desempeño real de las máquinas. Las empresas se dieron cuenta que los empleados no solo eran un recurso para poder producir sino que por el contrario mantenerlos felices, enseñándoles y teniéndolos en cuenta como pilares de la organización, era un tarea vital para que estos desarrollaran habilidades no solo de mantenimiento sino también de calidad y de organización que evidentemente les ayudaría a instituir esta estrategia mucho más fácilmente, obteniendo resultados más rápido de lo esperado.

Las empresas que pueden implementar esta filosofía son aquellas que busquen incrementar sus utilidades, aumentar su productividad y disponibilidad de los equipos y aquellas que realicen una gran cantidad de actividades en las que puedan intervenir muchas personas. Algunos de los beneficios que se pueden obtener aplicando esta filosofía son:

- Mejor calidad del producto.
- Ahorros significativos de las actividades de mantenimiento.
- Mayor cohesión y colaboración entre la fuerza laboral.
- Aumento de la disponibilidad de los equipos y por tanto aumento de la productividad.
- Mejoramiento continuo.

Para la implementación de la filosofía TPM en una empresa es muy importante tener en cuenta los pilares que propone el Japan Institute of Productive Maintenance o JIPM, quienes desde hace varios años han controlado este arduo pero beneficioso proceso. Seguir estos pilares puede no ser fácil ya que todas las empresas son heterogéneas pero tenerlos en cuenta hace que el proceso sea más fácil y asegura un gran porcentaje de éxito de la gestión. De acuerdo a una tesis ecuatoriana elaborada por Piedra p y María Fernanda (2005) se pudo mostrar que los 8 pilares son

1. Mejoras Enfocadas o Kobetsu Kaizen
2. Mantenimiento Autónomo o Jishu Hozen
3. Mantenimiento Progresivo o Keikaku Hozen
4. Mantenimiento de Calidad o Hinshitsu Hozen
5. Mantenimiento en Áreas Administrativas
6. Gestión Temprana de Mantenimiento
7. Liderazgo y formación
8. Seguridad, higiene y medio ambiente

Algunos casos exitosos analizados por el Dr. Jack Roberts (2011) son los de empresas como Kodak que reportó que con 5 millones de dólares de inversión logró aumentar sus utilidades en \$16 millones de beneficio directamente derivado de implementar esta estrategia, o el caso de Texas Instruments que reporta hasta un 80% de incrementos de su productividad.

4.2.10. Reliability centered maintenance o RCM.

Reliability Centered Maintenance o RCM: es una más de las estrategias de mantenimiento que se pueden utilizar y ha sido definida por la SAE (Society of Automotive Engineers) (2009) como: “proceso específico utilizado para identificar las políticas que deben aplicarse para gestionar los modos de fallas que podrían causar el fracaso funcional de todos los elementos físicos en un contexto operativo dado”. En otras palabras, es una filosofía de mantenimiento que determina una secuencia o programación de actividades de mantenimiento ideal que busca mantener las funciones (primarias y secundarias) de los equipos con miras a alcanzar la mayor confiabilidad¹ de ellos.

El término fue utilizado por primera vez en los años 60 cuando la industria aeronáutica empezó a darse cuenta de la gran cantidad de accidentes que se estaban presentando, por lo que empezó a desarrollar una metodología que pudiera asegurar la *fiabilidad* en las operaciones de los aviones. Para los años 80, y gracias a sus buenos resultados en el

¹ Confiabilidad está definida por http://www.solomantenimiento.com/m_confiabilidad_cm.htm como la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

campo de la aviación, las industrias empezaron a utilizar también esta metodología y uno de los pioneros en la introducción del tema fue John Moubray, quien logró desarrollar una serie de pasos y normas que especificaban cómo hacer que el RCM o RCM2, como lo denominó, funcionara para las industrias manufactureras. En 1999 nace la norma SAE JA 1011 que especifica los requerimientos que una empresa debe cumplir para asegurar que sus equipos trabajan bajo una filosofía de mantenimiento RCM.

Se puede decir que las ventajas obtenidas más conocidas gracias a la implementación de esta filosofía son no solo reducir los costos por las operaciones innecesarias de mantenimiento, sino también las relacionadas con el conocimiento y la identificación de la funcionalidad de cada equipo, pues hacerles un mantenimiento así porque sí sin saber realmente qué es lo que se debe buscar que haga no es rentable bajo ninguna circunstancia. Algo muy interesantes que también se rescata de esta filosofía es su alto interés en conocer las posibles fallas que se puedan presentar y entender de qué maneras estas pueden incidir en las condiciones de funcionamiento de la empresa o en la salud de los empleados o en el bienestar del medio ambiente. Para esto el RCM utiliza una técnica conocida como AMFE o análisis modal de fallos y efectos, el cual ayuda a entender a través del ciclo de vida del producto cuándo es posible que se presenten estos fallos y qué efectos tendrán de manera que sea posible prepararse evitándolos o amortiguándolos.

Cuando se va a iniciar el proceso de implementación de RCM se debe tener en cuenta la siguiente secuencia de preguntas y actividades propuestas en el libro de John Moubray RCMII (1999):

1. ¿Cuáles son las funciones y desempeño estándar de los equipos en su contexto normal de operación? Funciones primarias y secundarias
2. ¿De qué manera el equipo falla y no cumple con sus funciones? Cuáles son las fallas que se presentan
3. ¿Qué causa dicha falla funcional? Cuáles son los modos de falla: eventos que pueden causar una falla
4. ¿Qué sucede cuando cada falla ocurre? Cuáles son las consecuencias: paradas de producción, accidentes, defectos en los productos, etc.
5. ¿Cuál es la importancia o efectos de esas fallas? Qué representan estas fallas para la empresa: dinero, desperdicios, muertes, etc.
6. ¿Qué se puede hacer para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué se debe hacer si no se encuentra alguna manera de minimizar o eliminar la consecuencia de la falla?

Estas preguntas deben ser analizadas por un grupo de trabajo de aproximadamente 5 personas, entre las que se encuentran operarios, especialistas, auditores y los mismos gerentes o jefes de la planta. Gracias al estudio de las fallas RCM clasifica las fallas de acuerdo a sus consecuencias de la siguiente manera:

- Fallas escondidas: son aquellas que no se ven claramente o no impactan directamente a las actividades, pero que sí pueden exponer a la organización a algunas posibles fallas con consecuencias importantes.

- Consecuencias de seguridad y medio ambiente: aquellas que pueden representar un gran peligro de heridas o daños a las personas, incluida la muerte. Y para el medio ambiente se refiere a los estándares establecidos de acuerdo a la actividad de cada empresa.
- Consecuencias operacionales: son aquellas producidas por una falla que incide de manera directa en el producto, sus características o sus servicios relacionados, como su calidad o el servicio al cliente prestado.
- Consecuencias no operacionales: estas solo representan costos para la empresa pero por reparación o mantenimiento directo, pues no afectan ni la producción ni la seguridad de las personas o del medio ambiente.

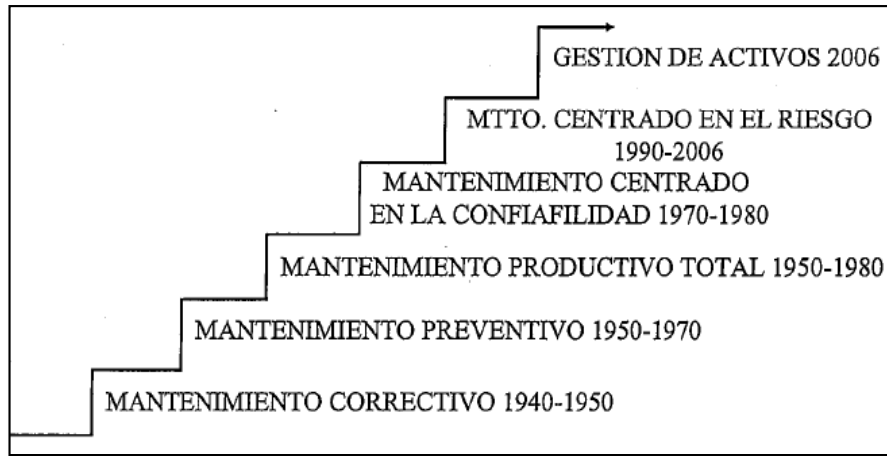
Algo que el autor John Moubray (1999) destaca acerca de esta clasificación de fallas es que les permite a las personas pensar un poco más acerca de cómo manejarlas y no cómo evitarlas, pues es evidente que esto no siempre es posible. Es por esto que se también se definen 2 técnicas de manejo de fallas: *las tareas proactivas* (aquellas relacionadas con mantenimiento predictivo y preventivo que se pueden ejecutar antes que las fallas ocurran) y *las acciones por defecto* (son las relacionadas con el mantenimiento correctivo y se hacen cuando las fallas ya suceden porque no es posible hacer alguna actividad para evitar que suceda).

Finalmente es importante mencionar que así como la filosofía TPM, lo que aplica para una empresa puede no servir para otra y son muchos los factores que influyen en una correcta implementación y aceptación de la filosofía dentro de los procesos productivos y de la cultura organizacional. Es por esto que si una empresa quiere empezar con este proceso lo mejor es remitirse a la norma SAE JA 1011 y tomar en cuenta todas sus recomendaciones y consejos. Hacer esto no solo asegura que el modelo empleado sea reconocido y avalado por estándares internacionales, sino que también asegura que el RCM logrará:

- Mayor seguridad e integridad ambiental.
- Mejor desempeño operacional.
- Mayor relación costo-beneficio en cuanto a costos de mantenimiento.
- Mayor vida útil de activos caros e importantes.
- Más y mejor trabajo en equipo.

En la siguiente gráfica se muestra cómo se ha ido avanzando en la materia de mantenimiento desde los tipos básicos hasta las filosofías que logran integrar variados aspectos formando modelos mucho más estructurados y por los que se rigen las operaciones de muchas empresas.

Figura 3. Historia del mantenimiento.



Fuente: Material de la clase “Gestión de Mantenimiento” del profesor Juan Carlos Garzón

4.2.11. Análisis de criticidad.

A pesar de conocer los tipos de mantenimiento que existen y los diferentes modelos que se pueden aplicar, los procesos productivos de las empresas son todos muy variados e igualmente lo son sus equipos, por lo que es tarea de cada empresa definir qué tareas realizar según su propia infraestructura para lo que es de vital importancia aplicar el conocido **análisis de criticidad** tanto para equipos como para fallas y de esta manera identificar qué pasos seguir y cómo estructurar un adecuado plan de acción para cada tipo de equipo o de avería.

Figura 4. Modelo de análisis de criticidad.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD				
Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRITICO	Puede originar accidentes muy graves.	Su parada afecta el plan de producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto costo de reparación en caso de avería
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento.
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al plan de producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Costo medio en mantenimiento
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCIDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo costo de mantenimiento.

Fuente: GARCÍA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento, 2003.

- Análisis de criticidad en equipos

Dentro de una empresa manufacturera o de servicios existen equipos y recursos que hacen que la empresa tenga competitividad en el mercado gracias a la producción de algunos productos, pero la verdad es que no todos los equipos tienen la misma importancia dentro de las operaciones de la empresa. De esta manera Orrego B. y Juan C (2011) realizan la ecuación $Criticidad = Frecuencia * Consecuencias$, donde los principales componentes de este último elemento son: impacto operacional, costo de mantenimiento y frecuencia de fallas, calidad en los productos e impacto en la seguridad y en el medio ambiente. De los resultados obtenidos aquí se pudo asignar una categoría a cada equipo y estas son:

1. Equipos críticos: Son aquellos equipos que son primordiales para la producción, debido a que si tienen alguna falla o parada afectan significativamente el plan de producción, el aumento en el indicador de productos rechazados, altos costos (reparación, mano de obra por revisiones frecuentes) para la empresa, además puede originar accidentes graves o fatales

2. Equipos importantes: Son aquellos equipos que tienen un grado de importancia inferior a los equipos críticos, pero si estos presentan fallas o paradas afectan a la producción, pero es recuperable, es decir no se pierden clientes o no afecta el plan de producción, a su vez afecta la calidad, pero en porcentajes muy bajos, su costo de mantenimiento es medio y puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.
3. Equipos prescindibles: Son aquellos que afectan levemente los resultados. Como mucho, presentaran poca influencia a la producción, no se afecta la calidad del producto, tienen un bajo costo de mantenimiento.

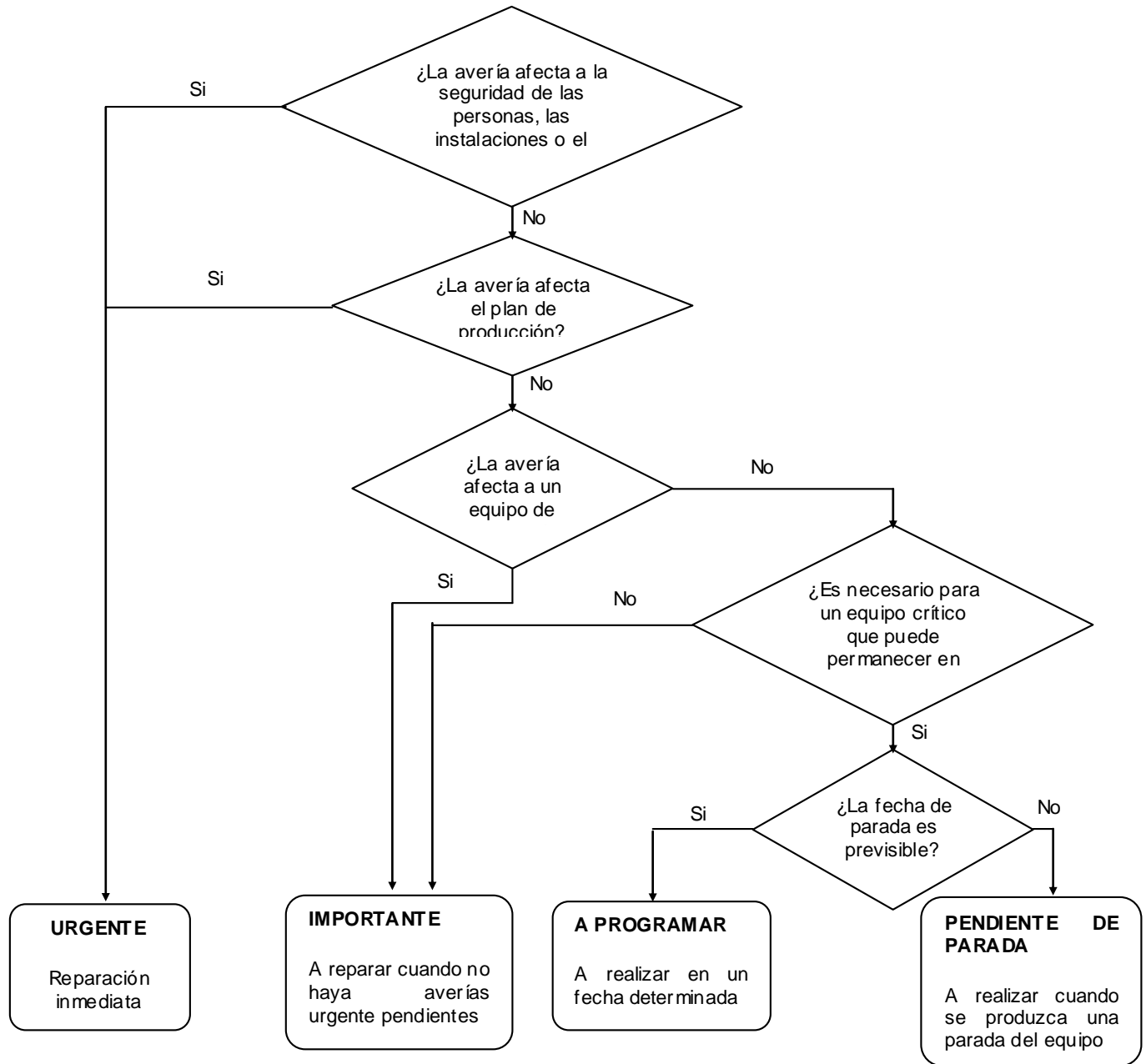
- Análisis de criticidad de averías

Es trascendental estudiar las consecuencias que pueden presentar las fallas o averías que tiene cada equipo de producción. Teniendo estas en cuenta, se decidirá si la falla se debe solucionar inmediatamente o si se puede controlar o amortiguar de alguna manera. Estas pueden ser definidas de manera similar a los equipos:

1. Avería urgente: es aquella que significa un gran problema para la continuidad de la producción o representa un peligro ya sea para los empleados o para el medio ambiente (seguridad industrial). Como cuando se avería la turbina de una planta generadora de electricidad o cuando se producen fugas en las tuberías de residuos tóxicos de alguna compañía de productos químicos.
2. Avería importante: es aquella que puede esperar un poco para ser solucionada pues no representa un gran obstáculo para el funcionamiento normal de la planta, ya sea en capacidad de producción o en seguridad industrial. Un ejemplo es si se tienen 2 máquinas que hacen lo mismo y ambas trabajan a la mitad de su capacidad, mientras una espera por ser arreglada la otra puede tomar su producción al menos por un tiempo determinado.
3. Avería programable: es aquella que puede esperar a que las averías anteriores se solucionen pues no representan ningún peligro ni para la producción ni para las personas o para el medio ambiente. Puede ser una pequeña falla identificada al inicio de la jornada de trabajo que es programada para reparación cuando el equipo se detenga o cuando se acabe la jornada.

A continuación se presenta una estructura de árbol de decisiones con la cual se puede comprender mejor cómo clasificar una avería cuando ésta sucede:

Figura 5. Clasificación de averías.



Fuente: GARCÍA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento, 2003.

Por otro lado, es importante entender que cuando una avería sucede esta se puede presentar por un gran número de razones, las cuales deben ser analizadas y tenidas en cuenta para próximas reparaciones o controles (mantenimiento predictivo) de los equipos en los que se observaron. Algunas de estas causas pueden ser:

- Falla en el diseño
- Falla en el material (rotura, desgaste, fatiga)
- Error humano (operación, mantenimiento)
- Condiciones externas

Finalmente, el Tiempo Promedio entre Reparaciones, o por sus siglas en inglés MTTR, debe ser el mínimo posible para evitar más tiempo perdido y costos. Para esto la empresa debe tener una muy buena capacidad de respuesta para gestionar las siguientes actividades lo más rápido posible sin dejar la calidad del servicio del mantenimiento de lado:

1. Tiempo de detección de la avería: es el tiempo que pasa antes de que los empleados se den cuenta que la máquina no está funcionando como debería o que definitivamente ya no funciona en lo absoluto.
2. Tiempo de comunicación de la avería: es el tiempo que pasa mientras que el daño es comunicado por el empleado a su jefe y este a su vez lo comunica a los encargados (dependiendo de cómo esté organizado el departamento de mantenimiento de la empresa).
3. Tiempo de espera: es aquel que transcurre desde que el problema se comunica y antes de que alguien sea enviado para ver qué es lo que realmente sucede.
4. Diagnóstico de la avería: el que las personas que revisan el equipo se demoran en entender qué parte del equipo fallo y qué se debe hacer para repararla, si desarmar todo el equipo o solo quitar algunas piezas, etc.
5. Alistamiento: es el que pasa entre el momento en que se hace la lista de herramientas y repuestos necesarios y entre la consecución de los mismos para empezar con el servicio de mantenimiento o arreglo del equipo.
6. Reparación de la avería: es el tiempo neto que se demora el encargado en dejar el equipo bien o en buen funcionamiento.
7. Pruebas de funcionamiento: este tiempo es casi opcional, aunque debe hacerse, pues es la verificación de que el trabajo fue exitoso. Es decir, se debe poner a funcionar la máquina sin incorporarla aún a sus actividades habituales para evitar inconvenientes como productos defectuosos.
8. Puesta en servicio: es el tiempo que transcurre entre la finalización de las pruebas y el funcionamiento normal del equipo.
9. Control: es el tiempo requerido para escribir las anotaciones y observaciones acerca del mantenimiento y del equipo.

4.2.12. Costos asociados a las actividades de mantenimiento .

A todos los empresarios les interesa tener utilidades y una manera de aumentarlas es reduciendo los costos de administración, producción, etc., dentro de la gestión de mantenimiento que hacen las empresas existen dos tipos de costos: costos directos de mantenimiento y costos de oportunidad, estos dos tipos de costos se encuentran subdivididos en 4:

- Costos de intervención: Están directamente relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo. Los gastos que se tienen en cuenta son: costo de la mano de obra interna y externa, repuestos en la bodega o comprados para la reparación y el material fungible usado en la intervención.

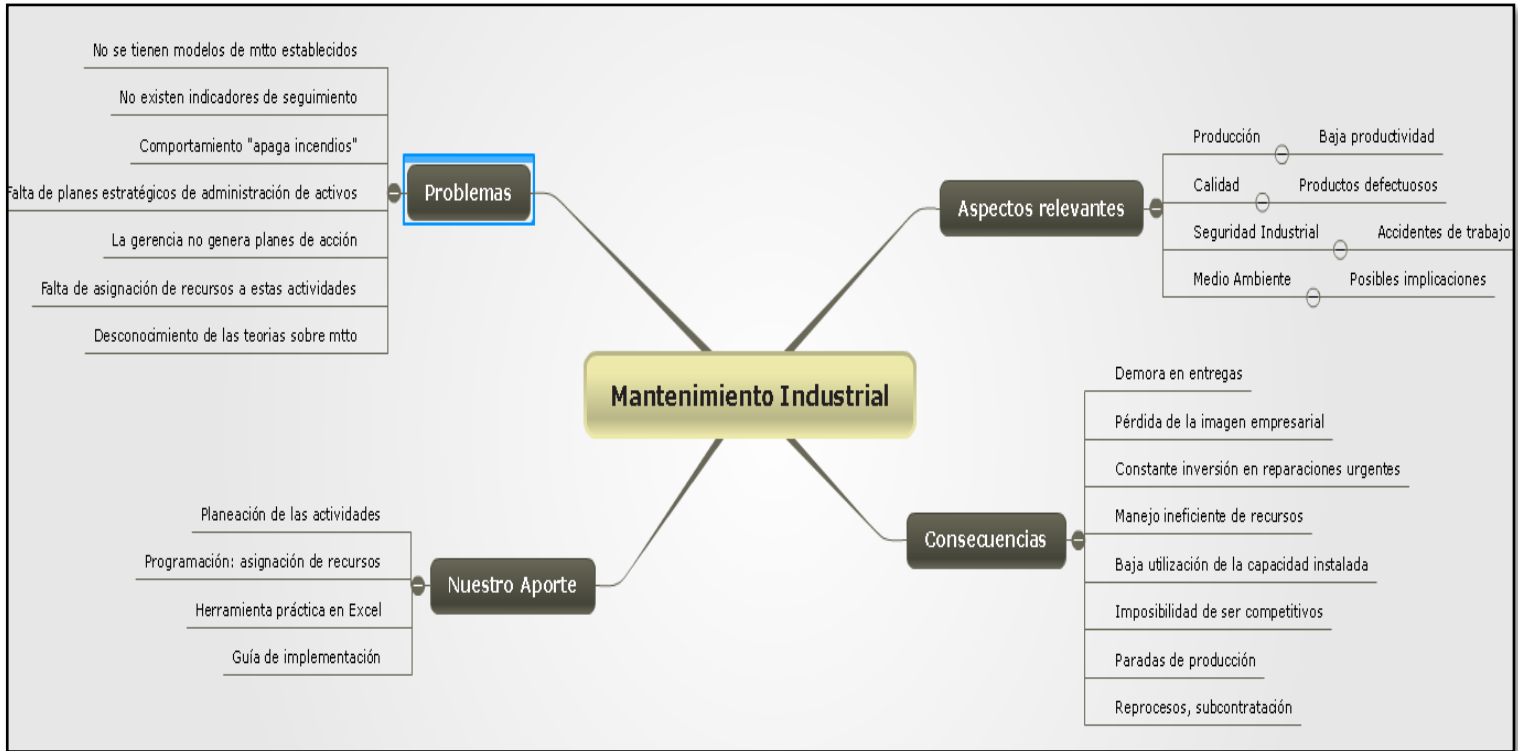
- Costos por fallas: Cuando no se tiene un plan de mantenimiento definido o cuando es mal ejecutado se incurren en fallas de maquinaria que a su vez generan pérdidas en el margen de utilidad debido a una reducción en la tasa de producción de productos con calidad deseada, costos por multas debido al daño ambiental, pérdida de negocios, pérdida de materia prima que no se puede reprocessar, etc.
- Costos de almacenamiento: Es aquí donde los costos aumentan para los empresarios, debido a que tienen que tener un inventario guardado que no está generando ingresos. El almacenamiento de este inventario destinado al mantenimiento genere unos costos por mano de obra e infraestructura computacional (ERP), costos de energía, seguridad y mantenimiento, costos en seguros, etc.
- Costos de sobre-inversión: Cuando es necesario comprar una nueva máquina que implica inversiones mayores que otras máquinas y que cumplen con los mismos requerimientos, pero que tiene un mayor ciclo de vida.

4.3. APORTE CRÍTICO.

Como ingenieros industriales es común hacer un diagnóstico al momento en el que se plantea alguna situación a resolver, pero esta tarea no consiste simplemente en observar y entender el funcionamiento de los procesos o de la problemática a estudiar sino que encontrar la herramienta adecuada para conseguir información útil y veraz es el punto de partida de todo el trabajo para que los datos puedan ser fácilmente estructurados y estudiados; es por esto que las herramientas de diagnóstico son tan importantes pues de los resultados obtenidos es que se podrá desarrollar un plan de mantenimiento dependiendo de los requerimientos de las micro y pequeñas empresas específicamente. Es decir, si bien es importante conocer los tipos de mantenimiento que existen y sus usos más recomendables de acuerdo al tipo de equipos utilizados, también es de vital importancia entender que cada empresa es diferente en cuanto a su organización, a sus procesos, a la cantidad de recursos disponibles, etc., por tanto no existe una fórmula única que le permita a todas las empresas tener la mejor programación de mantenimiento con la que se pueda asegurar la mayor disponibilidad y confiabilidad de los equipos, al mismo tiempo que se mantengan los costos asociados en un mínimo.

Teniendo en cuenta los antecedentes de la investigación y todas las definiciones, modelos y filosofías de mantenimiento, la finalidad del proyecto es desarrollar una herramienta utilizando un programa que no implique costos adicionales para las micro y pequeñas empresas. Este programa será Excel, que gracias a su uso masivo en las industrias, permite que todos puedan comprender el lenguaje utilizado, el cual debe ser claro y ameno para que las tareas de mantenimiento propuestas se puedan llevar a cabo de la mejor manera, sintetizando con ellas lo que se espera de las empresas y lo que ellas están en capacidad de hacer.

Figura 6. Síntesis aporte crítico.



Fuente: Los autores

5. MATRIZ DE MARCO LÓGICO.

5.1. OBJETIVOS Y ACTIVIDADES.

A continuación se encuentran los objetivos específicos del proyecto y las actividades necesarias para alcanzar cada uno de ellos. En el anexo A se encuentra la matriz de marco lógico.

- Diagnóstico de la situación actual de mantenimiento de las empresas del sector metalmeccánico de la ciudad de Cali
 - Empresas seleccionadas para la encuesta.
 - Acercamiento a las empresas y sus perfiles.
 - Aplicación de las encuestas.
 - Análisis de datos.
 - Conclusiones.
- Reconocimiento de los procesos productivos y los equipos
 - Elegir una empresa de las ya encuestadas para ser visitada.
 - Entender el proceso productivo (documentación de proceso general).
 - Reconocer los equipos que tiene la empresa seleccionada (ficha técnica, manual de operación).
- Análisis de métodos de mantenimiento a ser usados
 - Conocer los tipos y modelos de gestión de mantenimiento que se aplican a nivel mundial y local.
 - Realizar el análisis de criticidad identificando todas las consideraciones a tener en cuenta para cada equipo.
 - Elegir el modelo adecuado para ser utilizado en la empresa escogida.
- Herramienta desarrollada, revisada y aprobada.
 - Desarrollar el perfil de usuario de la herramienta.
 - Seleccionar la información necesaria para incluir en la herramienta, asesorándonos con algunos profesores de la Facultad de Ingeniería y con expertos externos a la Universidad Icesi.
 - Hacer la herramienta en Excel.
 - Entregar la herramienta al tutor temático para ser revisada antes de llevarla a las empresas y realizar las correcciones pertinentes.
 - Diligenciar un formato de reconocimiento de la herramienta que le sirva a las personas que van a usarla (manual).
 - Validación de la herramienta en varias empresas del sector (entrega del manual y capacitación del personal).

6. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.

6.1. RECURSOS.

Este proyecto necesita básicamente los siguientes recursos:

- Computadores con el paquete de office.
- Acceso a base de datos, papers, libros, artículos.
- Tiempo para visitar las empresas.
- Una grabadora de voz y/o cámara fotográfica digital.
- Transporte.
- Papel y una impresora para imprimir las encuestas y documentos necesarios.
- 2 investigadores, 1 tutor temático, 1 tutor metodológico y expertos en el tema que nos guíen en el desarrollo del proyecto.

6.2. EQUIPO DE INVESTIGACIÓN.

- María José Gómez Restrepo: Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi.
- Andrés Felipe Insuasty Chamorro: Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi.
- Meir Tanura Saportas: Ingeniero Mecánico, con amplia trayectoria en la dirección administrativa y técnica de empresas manufactureras. Especialista en la gerencia de proyectos de infraestructura general en áreas de administración general con énfasis en mejoramiento continuo e índices de productividad general, Especialista en la planeación y dirección de procesos de manufactura, en el control de calidad; en la elaboración de presupuesto de ventas; en las negociaciones comerciales; y en comercio exterior.

7. DESARROLLO DEL PROYECTO.

7.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR METALMECÁNICO DE LA CIUDAD DE CALI.

Este primer objetivo tiene como fin entender la situación actual de las micro empresas del sector metalmeccánico en cuanto a las actividades de mantenimiento que planean y ejecutan en sus empresas. Es importante entender esta situación para saber el punto de partida de las siguientes actividades de este proyecto. Para poder indagar acerca de esta situación se estudiaron los diferentes formatos de encuesta que existen y se eligió la *encuesta escrita*, la cual se realizó de forma personal a las personas encargadas de las actividades de mantenimiento de algunas empresas seleccionadas del sector metalmeccánico de acuerdo a la concordancia entre sus actividades (similares productos y procesos productivos). Con base en estas preguntas se decidió de igual manera evaluar a las empresas con la metodología conocida como *Radar* con la cual se buscaba encontrar los puntos débiles de estas actividades para poder trabajar con ellos y mejorarlos.

Las preguntas de estas encuestas se elaboraron teniendo como base los siguientes aspectos dentro de las actividades de mantenimiento:

1. Organización de la empresa
2. Documentación y análisis de equipos
3. Planeación y programación de mantenimiento
4. Trabajo por parte del operario
5. Gestión de repuestos
6. Registro de mantenimiento

La encuesta se diseñó de manera conjunta entre los investigadores y se validó con la ayuda de personas que conocen acerca del tema de mantenimiento en la ciudad de Cali. En el anexo A se encuentra la encuesta realizada.

7.1.1. Empresas seleccionadas para la encuesta.

Como se mencionó anteriormente, las 7 empresas seleccionadas para desarrollar esta encuesta fueron tenidas en cuenta por las similitudes entre sus procesos productivos y sus actividades, para de esta manera evidenciar aspectos que se pudieran comparar y para poder incluir en la herramienta factores de utilidad para las empresas del sector seleccionado. Para este proyecto se eligió, además de las micro empresas del sector metalmeccánico, a las empresas que diseñan y/o manufacturan piezas o componentes de metal o aleaciones.

7.1.2. Acercamiento a las empresas y sus perfiles.

El método de acercamiento a las micro y pequeñas empresas encuestadas se realizó mediante una búsqueda en el directorio 2011 de la ciudad de Cali y en las páginas

amarillas de internet, aquí se encontraron varias opciones de empresas de metalmecánica, pero se seleccionaron las que están en el alcance del proyecto, es decir, empresas que operen en el subsector de diseño y fabricación de partes para maquinaria industrial. La visita y a su vez la encuesta se realizaron físicamente, dando explicación de cada pregunta. Las empresas encuestadas son:

- **Metalmecánica Moreno:** Es una micro empresa dedicada a la fabricación bajo pedido de piezas y partes para maquinaria industrial de las pequeñas y medianas empresas. Cuenta con 6 máquinas industriales entre las cuales están 2 tomos, 2 fresas y 2 cepillos y no realiza una planeación de mantenimiento.
- **Metalmecánica y desarrollo EAT:** Es una micro empresa dedicada al diseño y fabricación de piezas y partes para maquinaria industrial de las pequeñas y medianas empresas. Cuentan con 12 máquinas industriales y no realizan planeación de mantenimiento.
- **Servi industrial el proveedor:** Es una pequeña empresa dedicada a la fabricación bajo pedido de piezas y partes para maquinaria industrial de las medianas empresas. Cuenta con 15 máquinas entre las cuales tiene tornos, fresas, taladro árbol, torreta, soldadores, equipos de soportes, segueta hidráulica, cepillo, limadora, compresor y prensa hidráulica. En servi industrial el proveedor no realizan una planeación de mantenimiento de sus equipos productivos.
- **Industrias Perdomo S.A:** Es una pequeña empresa dedica a la fabricación bajo pedido de piezas y partes para maquinaria industrial de las medianas y grandes empresas. Cuenta con 22 máquinas entre las cuales tiene fresas, tomos, CNC, cepillo, talachos, entre otros. En industria Perdomo no manejan una planeación de mantenimiento para sus equipos productivos.
- **Taller “Los Valencianos” Ltda.:** Es una pequeña empresa dedicada a la fabricación de piezas y partes para maquinaria industrial de las medianas, grandes y multinacionales de Colombia. Cuenta con aproximadamente 40 máquinas entre las cuales tienen tornos, fresas, cepillo, talachos, soldadores, entre otros. En taller “Los valencianos” no manejan una herramienta de planeación de mantenimiento para sus equipos productivos, pero un practicante Sena está realizando una planeación empírica del mantenimiento.
- **Payan y Cía:** Es una pequeña empresa dedicada al diseño, fabricación y reparación de piezas y partes para maquinaria industrial de las medianas y grandes empresas de Colombia. Cuenta aproximadamente con 80 máquinas. En la empresa manejan una herramienta de mantenimiento elaborada por los ingenieros de sistemas de la empresa.
- **Inpromec S.A.S:** Es una pequeña empresa dedicada a la fabricación de piezas y partes para maquinaria industrial de otras empresas. Cuentan con 13 máquinas y trabajan bajo un sistema de producción MTO.

7.1.3. Aplicación de la encuestas.

Para obtener la mayor cantidad de información posible, se diseñó un protocolo de encuesta (ver anexo B, C y D) para que los entrevistadores tuvieran claros los objetivos de la entrevista y las necesidades de información, antes y durante la visita. Dicho protocolo contiene el método de entrevista, el objetivo de la misma y las necesidades específicas de información.

El método de encuesta:

La encuesta se realizó personalmente con el encargado de mantenimiento de cada empresa y/o gerente, formulando preguntas de selección múltiple y preguntas abiertas.

El objetivo de la investigación:

Conocer las prácticas de las micro y pequeñas empresas respecto a la gestión del mantenimiento de sus equipos productivos y los resultados que han obtenido.

Las necesidades de información:

- *Conocer si las empresas cuentan con un departamento especializado para el mantenimiento.*
- *Conocer si las empresas escogidas planean el mantenimiento de sus equipos productivos.*
- *Conocer el tipo de mantenimiento que están usando en las empresas.*
- *Conocer cuáles son las prácticas que llevan a cabo para gestionar el mantenimiento en el día a día: establecer si tienen alguna clasificación de equipos y de acuerdo a cuáles características ha sido realizada.*
- *Conocer si cuentan con una herramienta con la que manejen la gestión del mantenimiento.*
- *Conocer cuánto tiempo llevan gestionando el mantenimiento.*
- *Conocer la función de los operarios dentro de la gestión del mantenimiento de sus equipos.*
- *Conocer si las empresas realizan la gestión de repuestos para mantenimiento.*

- *Conocer si las empresas realizan registros antes y después del mantenimiento. Si estas tienen lista de equipos, hoja de vida de ellos, personas que les realizan el mantenimiento, costos, etc.*

En el ANEXO B se muestra la encuesta presentada a los expertos en mantenimiento de los cuales se recibió retroalimentación para poder corregir las preguntas y disminuir la cantidad de estas, la encuesta corregida se muestra en el ANEXO C. Esta última encuesta se revisó con el tutor temático en donde se pudo sacar el cuestionario final que está en el ANEXO D, el cual se le realizó a las empresas.

7.1.4. Análisis de datos.

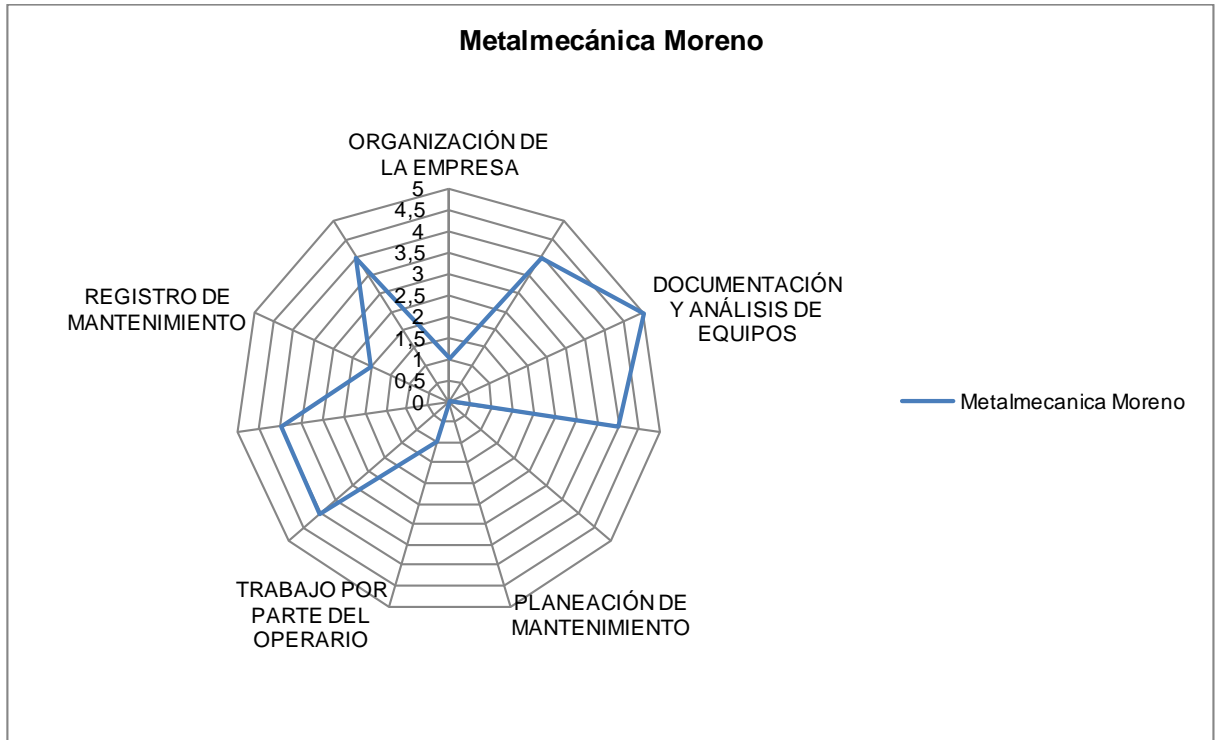
Teniendo en cuenta las respuestas de las empresas se realizó el diagnóstico de cada una. El diagnóstico se realizó con el método americano o método radar, el cual ayuda a visualizar de mejor manera el estado en el cual están las empresas. Para realizar el diagnóstico se tuvo como base 5 aspectos dentro de las actividades de mantenimiento, estos aspectos se recopilaron de la siguiente manera:

- ✓ Organización de la empresa: Preguntas 2 y 7.
- ✓ Documentación y análisis de equipos: Preguntas 10, 11 y 12.
- ✓ Planeación de mantenimiento: Pregunta 17
- ✓ Trabajo por parte del operario: Preguntas 29, 30 y 31.
- ✓ Registro de mantenimiento: Preguntas 43 y 44.

Las anteriores preguntas tenían una respuesta calificable de 0 a 5, en donde 0 es la calificación más baja y 5 es la calificación más alta. La idea es que cada empresa tenga una calificación de al menos 4 en cada ítem del radar, pues indicaría el nivel en el que cumplen con ciertos parámetros que se consideran buenos o estándar para las actividades de mantenimiento, su planeación y ejecución.

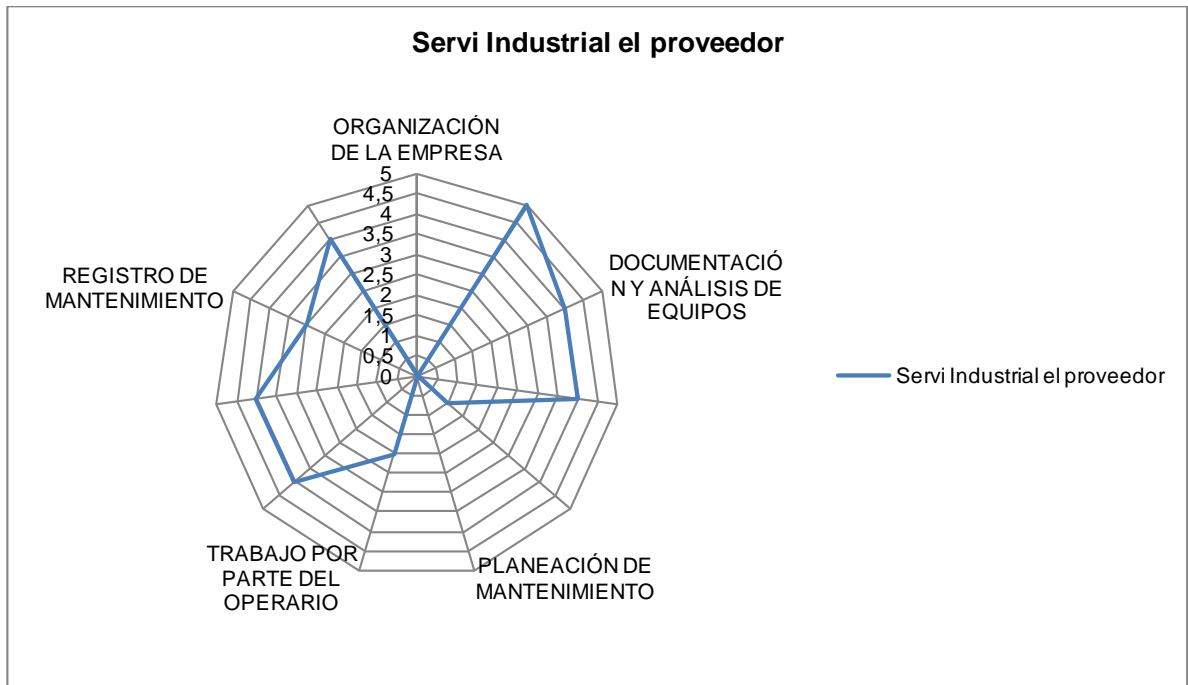
A continuación se mostrarán los diagramas de radar de cada empresa y su respectivo análisis.

Figura 7. Diagrama de radar de la empresa Metalmecánica Moreno



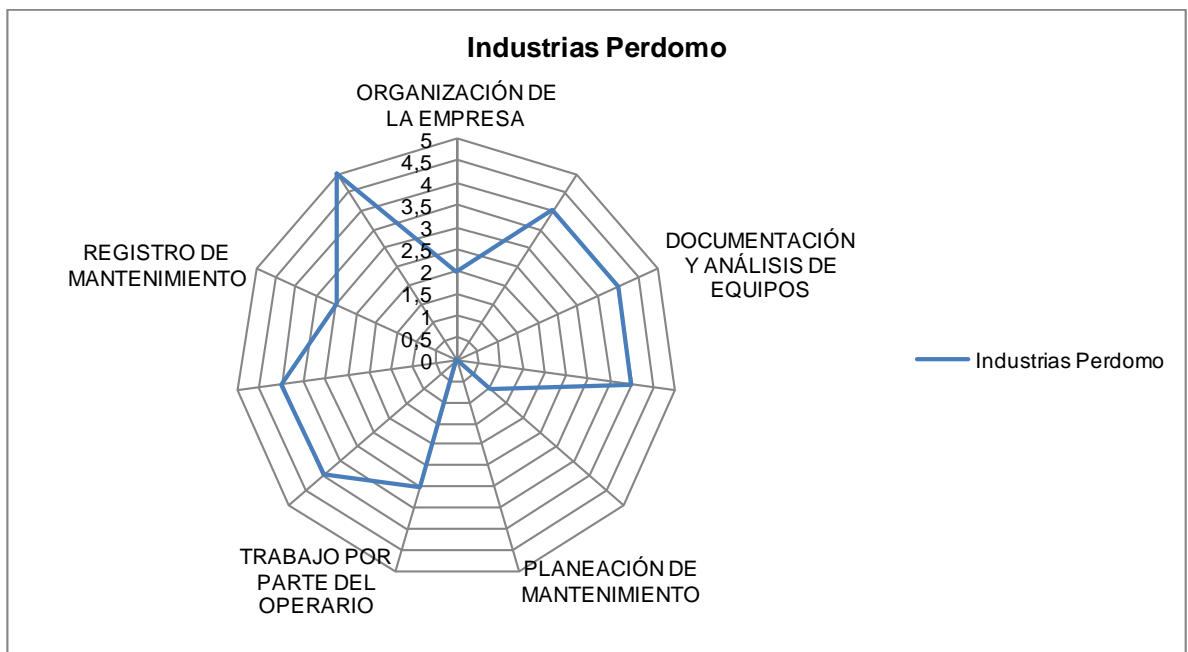
Fuente: Los autores

Figura 8. Diagrama de radar de la empresa Servi Industrial el proveedor



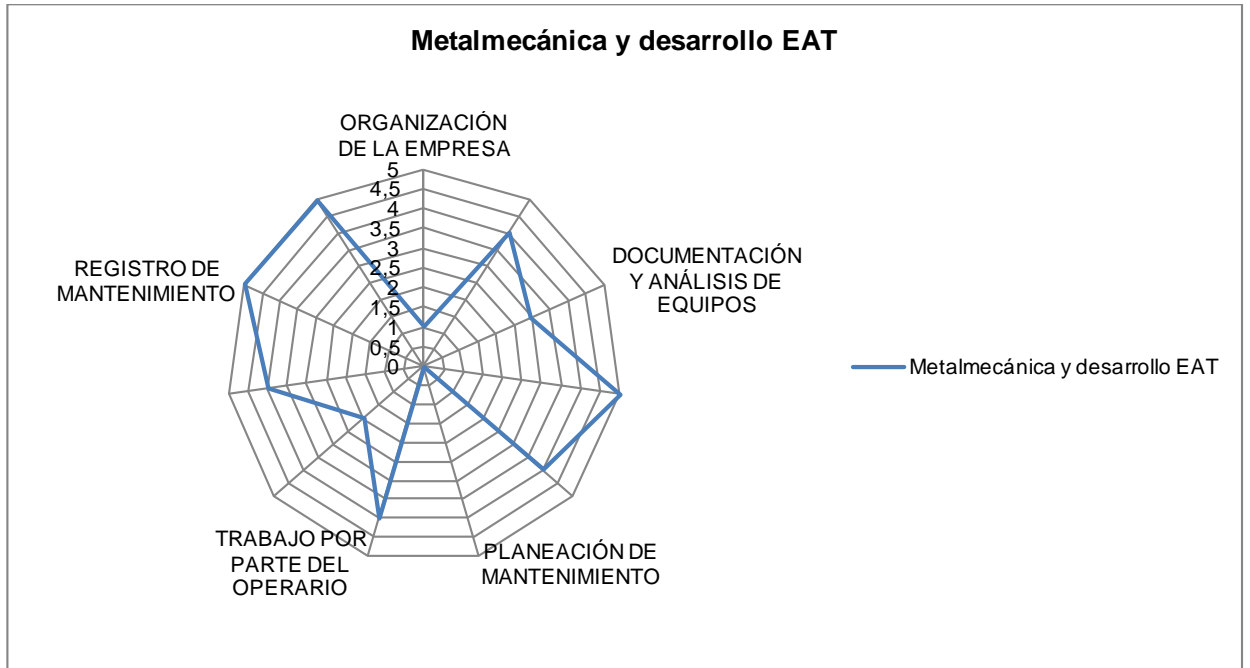
Fuente: Los autores

Figura 9. Diagrama de radar de la empresa Industrias Perdomo



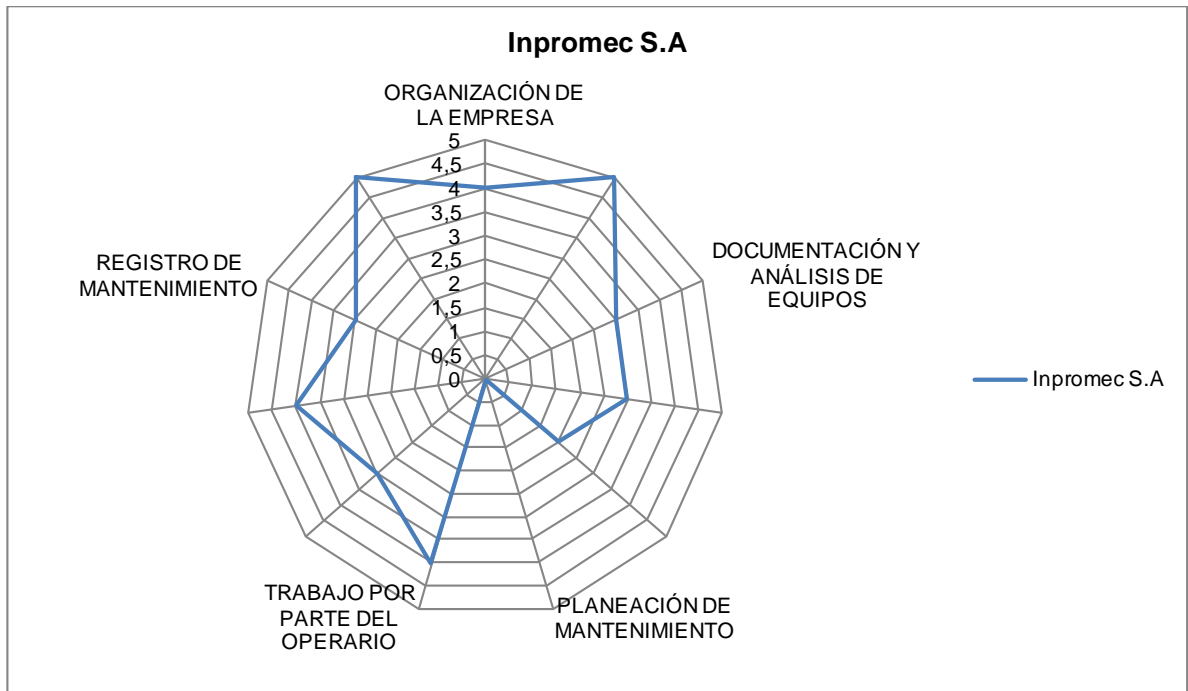
Fuente: Los autores

Figura 10. Diagrama de radar de la empresa Metalmecánica y desarrollo EAT.



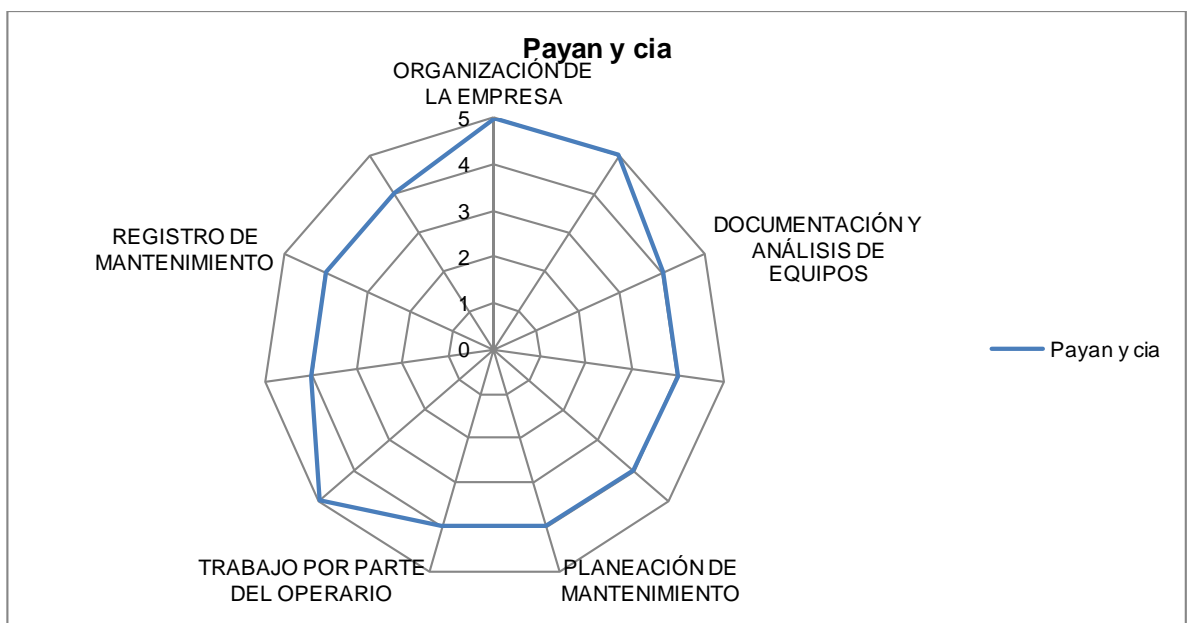
Fuente: Los autores

Figura 11. Diagrama de radar de la empresa Inpromec S.A.



Fuente: Los autores

Figura 12. Diagrama de radar de la empresa Payan y Cía.



Fuente: Los autores

7.1.5.Conclusiones.

Teniendo en cuenta las empresas encuestadas y la información de los expertos en este sector se llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ Las micro y pequeñas empresas realizan en su mayoría un mantenimiento correctivo para sus equipos productivos. El único mantenimiento preventivo que se realiza es el de limpieza y lubricación, pues suelen ser actividades que se hacen diariamente antes de empezar las actividades de producción.
- ✓ Los dueños de las empresas siempre están involucrados en todos los procesos de la empresa y están pendientes de resolver cualquier inconveniente ya sea en producción o con las actividades de mantenimiento.
- ✓ La cantidad de operarios en estas empresas no es alta (entre 6 y 25) y sus niveles de escolaridad siempre están entre la primaria, el bachillerato y algunos tienen estudios técnicos en cuestiones mecánicas. Los empleados que se encuentran en las áreas administrativas algunos son estudiantes del Sena o técnicos en áreas relacionadas con la ingeniería y la mecánica.
- ✓ Se pudo identificar que estas empresas trabajan bajo un sistema de producción MTO (make to order), pues los pedidos llegan de acuerdo con las necesidades de los clientes para resolver problemas en sus propios equipos, los cuales siempre son diferentes y tienen que trabajar en condiciones diferentes, haciendo que los requerimientos técnicos de diseño, producción y materiales siempre sean variables.
- ✓ Se evidenció que ninguna empresa maneja stock de repuestos, haciendo que el tiempo entre arreglo de fallas debido a cambio de piezas sea un poco prolongado (varios días) si el repuesto es de difícil adquisición o si hay que ponerlo a producir en la misma empresa. Sin embargo si se tiene una base de datos de proveedores que han sido previamente seleccionados por su rapidez de entrega, por el costo y por la calidad del repuesto.
- ✓ En todas las empresas visitadas se encontró que las actividades de mantenimiento las realizan los operarios con ayuda del jefe de planta o del dueño (quien normalmente está empapado de todo el funcionamiento de los equipos). Solo en algunos casos contratan a personas externas para que realicen el mantenimiento (por ejemplo cuando los daños son irreparables por los operarios o cuando no se sabe mucho de ellos es mejor contratar a personal especializado, usualmente esto sucede con las actividades de mantenimiento eléctrico o electrónico).
- ✓ Se encontró que en las empresas no se realizan auditorías de las actividades de mantenimiento, por lo que no se llevan registros acumulados de fallas y no se pueden identificar oportunidades de mejora en cuanto a los procesos asociados con el mantenimiento de sus equipos.

- ✓ En general los registros llevados sobre las actividades de mantenimiento son pocos y no se encuentran en formatos estandarizados o en alguna base de datos centralizada que permitan llevar control sobre esta información. En una de las empresas encuestada los formatos solo los tiene el gerente de la empresa y no permite que los operarios los diligencien, olvidando también él hacerlo y por eso la información no se registra de ninguna manera a pesar de existir formatos bien estructurados ya creados.
- ✓ En ninguna de las empresas encuestadas se encontró el análisis de criticidad de los equipos, por lo que el manejo de cada equipo y de las actividades de mantenimiento asociadas son siempre “al ojo”, por la experiencia o cuando el daño se evidencia. En unas empresas se realizan arreglos no siempre de buena calidad ignorando lo que esto podría ocasionar para la calidad del producto manufacturado en esa máquina o los daños que podría ocasionar para alguno de los operarios si el daños fuera mayor.
- ✓ Se evidenció que en casi todas las empresas encuestadas no se pagan seguros por las máquinas ni por lo que pueda ocurrir en caso de algún siniestro con alguna de ellas. Los entrevistados nos hicieron saber que era porque la complejidad de sus equipos no ameritaba dichos pagos. Esta es una de las razones por las que no se lleva control de los equipos pues no hay nadie a quien reportárselo o no existen cláusulas que ameriten dicho control y seguimiento.
- ✓ En algunas de las empresas encuestadas se descubrió que la confianza depositada en sus operarios para poder acceder a información técnica sobre las máquinas o para registrar fallas y reparaciones realizadas en formatos no existe. En la mayoría de las empresas los operarios no pueden siquiera revisar los catálogos o manuales de operación de las máquinas pues los gerentes creen que no es necesario, de esta manera los operarios no pueden conocer mucho acerca de la máquina y todo lo que hacen o conocen de ella es por la experiencia de estar todos los días trabajando con ella.
- ✓ En las empresas encuestadas no existe ningún indicador que registre la cantidad de averías en el mes, la cantidad de horas que las máquinas pasan fuera de producción por fallas o mantenimiento, la cantidad de dinero gastado en mantenimiento, las entregas tarde por paradas de las máquinas, entre otros. Se identificó que esta es una gran falla pues así las empresas no pueden ver la incidencia de la falta de planeación en las horas totales productivas o la cantidad de dinero que están gastando inesperadamente en averías repentinas graves o no.
- ✓ En ninguna de las empresas encuestadas se encontró que estas llevaran un control de calidad o revisión posterior sobre los arreglos que personas o empresas externas realizan sobre sus equipos. Ellos simplemente los ponen a funcionar y de esta manera comprueban si el mantenimiento fue el adecuado. Con esta pregunta, los gerentes se quedaron pensando y recapacitaron sobre este hecho, pues no le habían visto la importancia.

7.2. RECONOCIMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y DE LOS EQUIPOS.

7.2.1.Elegir una empresa de las ya encuestadas para ser visitada.

La empresa escogida para continuar con la segunda fase del proyecto se llama Inpromec S.A. Esta es una pequeña empresa del sector metalmeccánico de la ciudad de Cali que de acuerdo a su página web (2011) se dedica a “la fabricación, reparación y montaje de partes mecánicas para maquinaria liviana y pesada”. Se decidió trabajar con esta empresa porque después de conocer los resultados de su diagnóstico en cuanto a las actividades de mantenimiento se evidenció que a pesar de que en la actualidad no se manejan estas actividades de forma organizada y concreta, la preocupación por el buen estado de sus equipos siempre ha estado presente en la planeación de la empresa.

Se encontró que desde hace aproximadamente 6 años las actividades de mantenimiento se han venido realizando empíricamente y sin llevar registro de ellas, por lo que se decidió indagar acerca de esta situación con la encuesta y esto fue lo que se encontró:

- ✓ Entre 2003 y 2006 tuvieron la certificación ISO 9001, gracias a la cual lograron establecer formatos acerca de mantenimiento, establecer indicadores y hacerle un seguimiento a las actividades de sus equipos productivos. Desde el 2006 se perdió este avance pues la empresa no se volvió a certificar.
- ✓ En la empresa existen formatos en los computadores que la persona encargada de las actividades de mantenimiento debería llenar y revisar periódicamente, pero esta persona no existe y la empresa dice no tener presupuesto suficiente para crear un puesto de trabajo para una persona que se encargue de analizar y revisar esta información diaria o semanalmente.
- ✓ El gerente de la empresa coordina varias de las actividades de mantenimiento de la empresa pero al no tener tiempo suficiente no diligencia los formatos ni delega a alguien esa tarea, pues considera que no es trabajo de los operarios ni del jefe de planta o de producción.
- ✓ Los empleados han identificado que son muchas las paradas y entregas tardías que se evidencian en la empresa por el mal funcionamiento de las máquinas o por el largo tiempo que estas pasan en mantenimiento.
- ✓ En la empresa existen muchas bases para hacer una adecuada planeación de las actividades de mantenimiento y el deseo de sus gerentes por llevar una información al día es bastante grande, por lo que las oportunidades de mejora en este campo son muchas y se tienen documentos para empezar.

Por otro lado, también se escogió esta empresa porque está muy interesada en trabajar con este proyecto gracias al interés que tienen por mejorar sus procesos y porque consideran que si ellos trabajan para mantener en buen estado los equipos productivos de otros, por qué no tratar de hacer lo mismo con los suyos.

7.2.2.Entender el proceso productivo (documentación de proceso general).

En Inpromec S.A las cosas funcionan de la siguiente manera:

1. Cuando en alguna empresa se daña alguna pieza mecánica de una máquina, ellos se comunican directamente con la empresa para pedirles que realicen una igual con algunas especificaciones. Si el problema está con el diseño actual de la pieza, se les pide que diseñen una nueva dependiendo de su conocimiento en materiales, tolerancias y uso esperado. Estos procesos son MTO (make to order) o ETO (engineering to order).
2. Después de que la empresa entienda cuáles son los requerimientos del cliente y diseñe los planos estructurales de la pieza o máquina requerida, estos deben ser aprobados por el cliente para poder enviar la orden de producción a planta y por tanto también se debe emitir la orden de compra de materiales al departamento de compras.
3. Cuando la pieza, maquina o herramienta está terminada, se le entrega al cliente estando muy pendiente de siempre satisfacer sus deseos en cuanto a calidad, entrega y utilidad del elemento.

Como se puede ver, no todas las órdenes de producción son las mismas pues las piezas y maquinarias requeridas pueden variar no solo en tamaño y materiales sino también en tiempo de producción y equipos requeridos para fabricarlas. Es por esto que las máquinas no siempre están en funcionamiento pero si fallan justo en una época en la que hay muchos pedidos es difícil cumplir con la programación de las actividades o de las entregas pendientes.

Con respecto a esto, las actividades de mantenimiento usualmente se realizan por conveniencia o anticipación (mantenimiento preventivo) los fines de semana o cuando hay puentes para evitar demoras por falta de repuestos, pues no se tiene un stock de estos o mandarlos a producir en la planta misma no siempre es factible. Sin embargo, estas actividades preventivas no siempre se llevan a cabo o se las deja pasar por la poca importancia que pueden significar en un momento dado, por lo que el mantenimiento principal que se lleva a cabo en la empresa es el correctivo o correctivo programado (en el que se evidencian fallas no tan graves o que en el momento no se cuenta con suficiente presupuesto para conseguir el repuesto y se dejan para cambiarlas más adelante).

7.2.3.Reconocer los equipos que tiene la empresa seleccionada (ficha técnica, manual de operación).

En la actualidad la empresa cuenta con 13 equipos productivos, los cuales son:

- Tornos paralelos (3)
- Centro de Mecanizado CNC (1)
- Fresadora CNC (2)
- Torno CNC (1)
- Rectificadora plana (1)
- Electroerosionadora (1)
- Taladro fresa (1)
- Equipos de soldadura (3)

Datos encontrados con respecto a las actividades de mantenimiento de cada uno de ellos:

- ✓ En la actualidad el Torno CNC se encuentra fuera de funcionamiento desde hace casi 1 años, pues una falla grave en su sistema eléctrico ha evitado que el mantenimiento pueda ejecutarse ya que falta un repuesto importante y muy costoso que solo se consigue en España (casa matriz del proveedor de la máquina). Además, el tiempo comprendido desde el momento en que la máquina se dañó y el momento en el que se pudo identificar cuál era realmente la falla fue de varios meses. También se intentó encontrar una solución más económica aquí en Cali y en Colombia, pero definitivamente no se pudo y por estos retardos y el lead time de entrega, la reparación ya se ha demorado varios meses.
- ✓ Desde el momento de su compra, uno de los tornos convencionales ha presentado fallas continuamente, por lo que se le han cambiado muchas piezas a lo largo de su vida útil en la empresa. Además se encontró que no puede trabajar a full capacidad pues los daños se incrementan, evidenciando así que no importa cuántas revisiones se le hagan, la máquina nunca podrá funcionar bien y por esto se concluyó que los errores vienen desde la misma fabricación en China (de donde la compraron). Esto representa un gran problema pues no utilizar la capacidad de la máquina en momentos de lato flujo productivo puede retardar entrega de pedidos.
- ✓ El Centro de Mecanizado CNC recibió un Overhaul en el mes de septiembre, permitiendo realizar algunos cambios a los rodamientos y revisiones de rutina, aunque no se encontró nada más mal con la máquina.
- ✓ En la empresa se ha identificado que las piezas que más se dañan y que se pueden fabricar allí mismo son los ejes, los piñones, bujes y tuercas.
- ✓ Siguiendo con esta misma línea de los repuestos, ellos tratan de que su política sea JIT (just in time) pues consideran que no es necesario almacenar piezas que puedan desgastarse por su no uso y creen que es Cali es muy fácil conseguir las piezas que ellos normalmente requieren.

7.3. ANÁLISIS DE MÉTODOS DE MANTENIMIENTO A SER USADOS.

Con la realización de este objetivo lo que se buscaba era recopilar toda la información del sector metalmeccánico a nivel local, nacional e internacional en cuanto a las actividades de mantenimiento realizadas a sus equipos productivos y también conocer los tipos de mantenimiento utilizados e implementados en las empresas productivas a nivel mundial. La intención era relacionar esta información con lo encontrado en la empresa de referencia para poder tener una base teórica de qué es lo que se hace y poder planear las actividades teniendo en cuenta lo que ellos tenían y lo que se debería esperar que tuvieran para realizar una correcta planeación de mantenimiento.

7.3.1. Conocer los tipos y modelos de gestión de mantenimiento que se aplican a nivel mundial y local.

En el marco teórico se realizó una investigación acerca de los tipos de mantenimiento reconocidos a nivel mundial como el correctivo, el preventivo y el predictivo. También se analizaron los modelos que se utilizan como el correctivo, el condicional, el sistemático y el de alta disponibilidad. Con respecto a lo encontrado a nivel local, se encontró que en las grandes empresas se tiende a utilizar algún sistema de información para planear, ejecutar y controlar todas las actividades de mantenimiento, como Oracle o SAP. Pero a

nivel de las medianas, pequeñas y micro empresas del sector metalmecánico se encontró que la planeación de las actividades de mantenimiento se realiza de manera muy deficiente, si es que se realiza. En estas empresas generalmente utilizan el mantenimiento correctivo programado y no programado de manera constante, es decir, esperan a que las máquinas se dañen para arreglarlas o planean el mantenimiento cuando ven que alguna pieza ya está fallando.

Este tipo de conductas evidenciadas con respecto a las actividades de mantenimiento en las empresas se da principalmente por la falta de recursos tanto económicos como de mano de obra para contar con un departamento estructurado de mantenimiento o para tener un almacén de repuestos controlado por un planeador de mantenimiento, que puede ser el mismo jefe de planta o de producción pero que por parte de la gerencia no se le ha dado esta responsabilidad y por eso nadie lo hace. Es por esto que la herramienta que se va a desarrollar pretender ser de un fácil manejo para poder ser usada pero es de vital importancia que por parte de la alta gerencia se den las pautas y lineamientos para que este tipo de herramientas se empiecen a utilizar de manera constante en las empresas, tendiendo siempre por el buen funcionamiento de los equipos y el aprovechamiento al máximo de los recursos disponibles.

7.3.2. Realizar el análisis de criticidad identificando todas las consideraciones a tener en cuenta para cada equipo.

Teniendo en cuenta la información suministrada de las máquinas y el conocimiento y aporte del jefe de producción de la empresa Inpromec, se realizó el análisis de criticidad para sus equipos productivos, en donde las variables más relevantes que se tuvieron en cuenta son el impacto en el plan de producción si se llegase a dañar la máquina, la calidad que le brinda cada máquina al producto en ella trabajado y el nivel del costo de mantenimiento para cada máquina.

En Inpromec el flujo de material por las máquinas por lo general es: Fresadora CNC - torno – Taladro, es por esta razón que estas máquinas son las que generan un aporte crítico para el proceso productivo de la empresa, es decir, que sin estas máquinas las piezas que realizan en la empresa no se podrían ejecutar y no brindarían la calidad especificada de los clientes, es por esta razón que los costos de mantenimiento se consideran altos, pues la falla o avería de alguna máquina provoca que se incumpla al cliente final.

Las máquinas como la rectificadora y la electroerosionadora son importantes para la empresa, pero su uso no es tan frecuente como las anteriores máquinas ya mencionadas.

Figura 13. Diagrama de radar de la empresa Payan y Cía.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD				
	Tipo de Equipo	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRITICO	Fresadora CNC	Gran parte de la producción diaria de la empresa son trabajados en la fresadora CNC, entonces, una parada de esta máquina afecta el plan de producción.	Al ser mecanizada presenta mayor precisión, entonces, es clave para la calidad del producto.	Alto costo de reparación en caso de avería
	Torno	Su parada afecta el plan de producción	Determinante para la calidad del producto	Altos costos de mantenimiento para que el producto tenga buena calidad.
B IMPORTANTE	Taladro fresa	Su parada afecta a la producción, pero es recuperable.	Afecta a la calidad, pero habitualmente NO es problemático	Costos medios de mantenimiento
	Rectificadora	Es importante para darle precisión dimensional a las piezas, por ende, una parada afectaría la producción	Esta máquina le brinda la calidad dimensional a la pieza, es decir, es clave para la calidad del producto.	Costos medios de mantenimiento
C PRESCIDIBLE	Electroerosionadora	Poca influencia en la producción	Afecta la calidad, pero habitualmente no es problemático	Bajos costos de mantenimiento

Fuente. Los autores

7.3.3. Elegir el modelo adecuado para ser utilizado en la empresa escogida.

Teniendo en cuenta el análisis de criticidad anteriormente realizado, y conociendo la situación de la empresa y sus recursos disponibles, además de su interés por poder utilizar una herramienta que les permita planear mejor su mantenimiento, se decidió elaborar la planeación bajo los siguientes modelos:

- Modelo Correctivo: este modelo será utilizado para los equipos prescindibles, es decir, aquellos que si se dañan no ocasionan problemas significativos ya sea para el plan de producción, para la calidad de los productos o para los costos de

mantenimiento. El equipo que se acomoda a este modelo es la electroerosionadora y el mantenimiento será correctivo, ya que es una máquina de poco uso y las averías no suelen ser representativas ni entiendo ni en dinero.

- **Modelo Sistemático:** este modelo será utilizado para los equipos importantes, es decir, aquellos que si fallan pueden representar problemas relevantes, por lo que necesitan una disponibilidad media. Para estos equipos se programarán actividades de mantenimiento preventivo y otras de mantenimiento correctivo (según los componentes) y se tratará de asegurar las menos averías posibles.
- **Modelo de Alta Disponibilidad:** este modelo será utilizado para los equipos críticos, es decir, aquellos que se fallan pueden representar grandes problemas para la empresa como demoras en los tiempos de entrega de los productos a los clientes, mala calidad en el producto fabricado o altos costos asociados con el mantenimiento. Las actividades de mantenimiento que se desarrollaran consisten en actividades preventivas y predictivas para cambiar las piezas en el momento cercano al fin de su vida útil y evitar daños graves e inesperados.

7.4. HERRAMIENTA DESARROLLADA, REVISADA Y APROBADA.

7.4.1.Desarrollar el perfil de usuario de la herramienta.

Cuando se realizó la encuesta a las empresas del sector metalmecánico para conocer su situación en cuanto a las actividades de mantenimiento, también se identificó la necesidad de realizar una encuesta paralela que indagara acerca de las características personales y profesionales de las personas que utilizarían la herramienta una vez esta fuese entregada e implementada en la empresa. La información que se buscó tenía que ver con aspectos como el sexo de la persona encargada del mantenimiento de la empresa, edad, grado de escolaridad, nivel de estudios, experiencia, capacitaciones en mantenimiento y liderazgo, manejo de indicadores y hojas electrónicas e Internet.

Figura 14. Perfil de Usuario

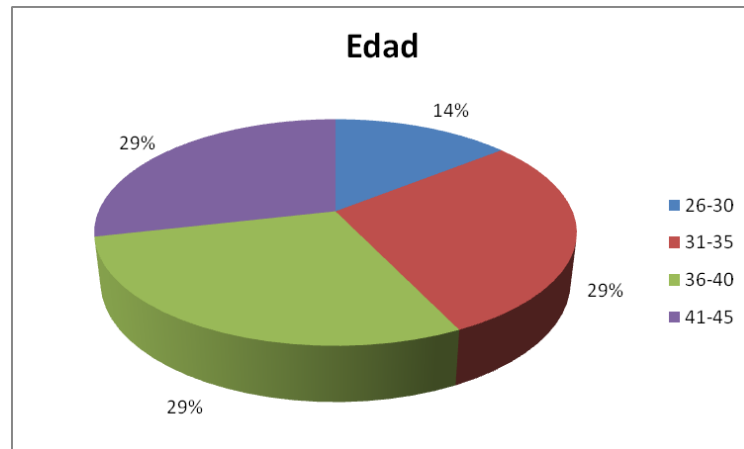
UNIVERSIDAD ICESI	
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
Evaluación para descripción de perfil del usuario de la herramienta de mantenimiento	
Esta encuesta tiene como proposito indagar sobre los rasgos particulares que caracterizan al futuro usuario de la herramienta de mantenimiento. Debe ser diligenciada por la persona encargada o responsable del mantenimiento. Para seleccionar la respuesta dé click en la opción deseada y doble click cuando deba escribir la respuesta	
Sexo:	<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F
Edad:	
1.¿Qué estudio(s) académicos ha realizado?	Bachillerato <input type="checkbox"/>
	Técnico <input type="checkbox"/>
	Universitario <input type="checkbox"/>
2.¿En cuál(es) área(s) ha adquirido su experiencia laboral?	Post-grado <input type="checkbox"/>
	Basado en la experiencia <input type="checkbox"/>
	Producción <input type="checkbox"/>
	Mantenimiento <input type="checkbox"/>
	Ventas <input type="checkbox"/>
3.¿Ha participado en algunas capacitaciones sobre temas con mantenimiento?	Logística <input type="checkbox"/>
	Compras <input type="checkbox"/>
	Recursos Humanos <input type="checkbox"/>
Otro. ¿Cuál?	
4.¿Ha participado en alguna capacitación sobre temas relacionados con liderazgo?	¿Cuál?
5. Indique su nivel de conocimiento en los siguientes aspecto, siendo 5 el máximo nivel. Elija una opción en cada aspecto.	
Manejo de hojas electronicas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Manejo de base de datos	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5

FUENTE. Los autores

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- El 100% de las personas encargadas del mantenimiento en las empresas y de la producción son hombres y el rango de sus edades está entre los 25 y 45 años.

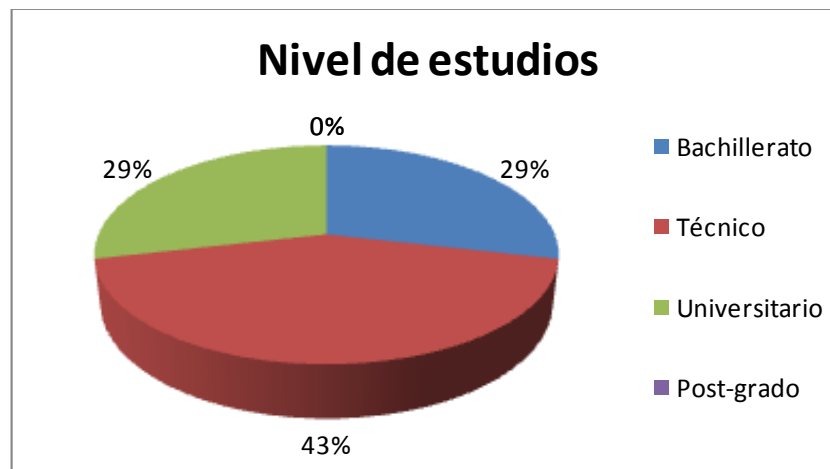
Figura 15. Resultados de las edades



FUENTE. Los autores

- El 43% de los encuestados ha realizado estudios técnicos y empatados con un 29% se encuentran los que solo tienen estudios de bachillerato y los que si tienen estudios universitarios. Esta información es relevante para saber qué tipo de lenguaje utilizar, el cuál será completamente entendible para esta población objetivo.

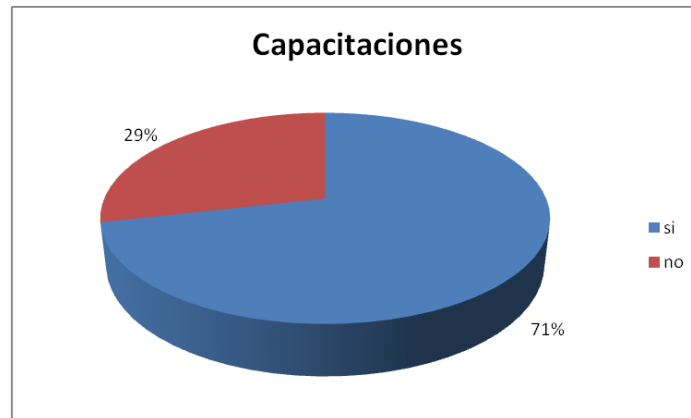
Figura 16. Resultados nivel de estudios



FUENTE. Los autores

- El 70% de los encuestados ha recibido formación en mantenimiento, dado que son quienes están a cargo de las máquinas y deben conocer acerca de ellas lo más posible. Algunos cursos los han tomado con el SENA, por cursos virtuales o han sido capacitaciones ofrecidas por la gerencia de la empresa.

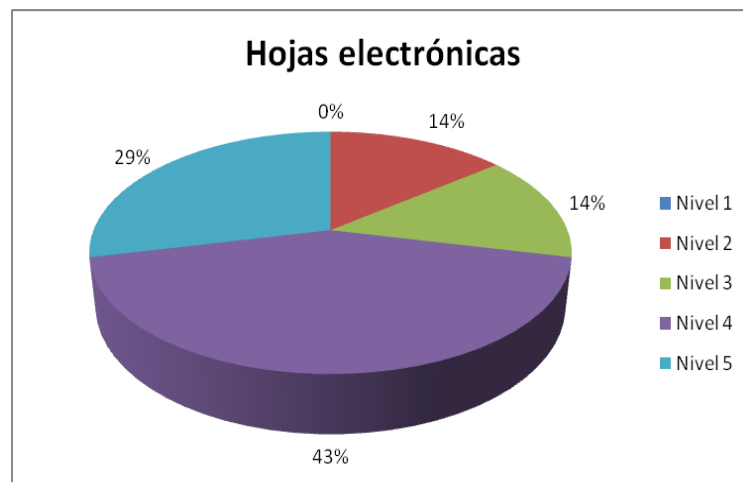
Figura 17. Resultados de las capacitaciones



FUENTE. Los autores

- Se encontró que el 43% de los posibles encargados de manejar la herramienta manejan las hojas electrónicas con un nivel 4, lo que es considerablemente bueno y nos permite confiar en que Excel es un buen programa para realizar la herramienta.

Figura 18. Resultados de los conocimientos en hojas electrónicas



FUENTE. Los autores

Finalmente, se podría describir el perfil del usuario de la herramienta en las micro y pequeñas empresas del sector metalmeccánico como:

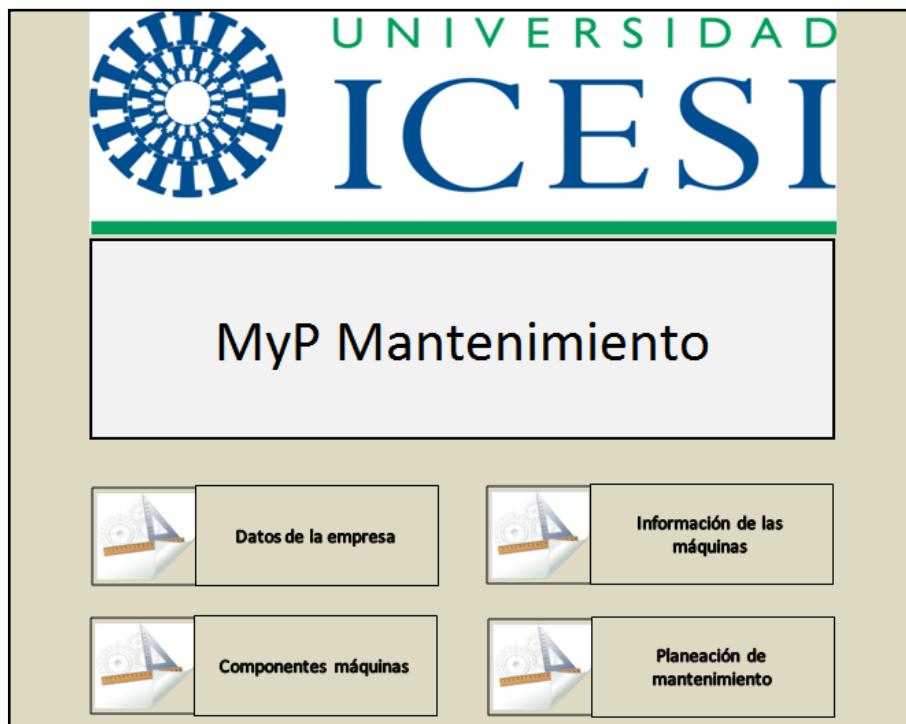
“Encargado del área de mantenimiento o jefe de planta, hombre, con edad entre 25 y 45 años, con nivel de escolaridad medio alto (en su mayoría técnicos), con algunos

conocimientos sobre el mantenimiento de los equipos y con un manejo de hojas electrónicas bastante aceptable.”

7.4.2. Seleccionar la información necesaria para incluir en la herramienta.

La herramienta está diseñada para que cualquier micro o pequeña empresa del sector metalmeccánico de la ciudad de Cali pueda utilizarla para realizar la planeación de mantenimiento de sus equipos. Es decir, si una empresa nueva la va a utilizar por primera vez tienen la oportunidad de ingresar toda su información importante y pertinente desde cero o puede tomar la de otra empresa como modelo. Se consideró que la información principal requerida por la herramienta se podría resumir en los 4 botones que se observan en la siguiente figura.

Figura 19. Página de bienvenida de la herramienta



FUENTE. Los autores

Una mayor información sobre cada botón se encuentra a continuación:

- Datos de la empresa: aquí se consignará el nombre de la empresa, el nombre del gerente, el nombre del jefe de producción, el número de máquinas de la empresa y sus respectivos nombres. Finalmente, el botón también permite que un usuario nuevo realice la encuesta que se realizó al principio del proyecto para que puedan conocer cómo se encuentran en cuanto a sus actividades de mantenimiento.

Figura 20. Imagen del botón Datos de le Empresa

FUENTE. Los autores

- Información de las máquinas: con este botón la persona que maneje la herramienta podrá ingresar datos relevantes de cada máquina de la empresa como su marca, la fecha de su compra y la información de quién se la vendió (proveedor), como el teléfono y su dirección.

Figura 21. Imagen del botón Información de las Máquinas

Máquina N°	Nombre del máquina	Marca	Tipo de máquina	Fecha de compra	Tiempo de producción (Horas mensual)	Nombre del proveedor	Dirección del proveedor	Teléfono del proveedor
1	torno	TOS SN 40C		13/11/1980	120	Gemini	Cra 27 No. 12B - 56	(+571) 277 8688
2	fresadora	Fresadora CNC Milltronics RH12		25/08/1998	80	Diamond Cut	Calle 100 No.14-63	57-1-218 3719
3	equipo de soldadura	Equipo MIG 350 amperios		09/02/2005	40	Unimáquinas LtDA.	calle 15 # 33-42	(1) 2773040

FUENTE. Los autores

- Componentes de las máquinas: con este botón se pueden ingresar hasta 50 componentes por máquina y se le puede asignar a cada uno una medición específica de mantenimiento y su valor máximo alcanzable para realizar el mantenimiento.

Figura 22. Imagen del botón Componentes de las máquinas

Componente	Mantenimiento	Medición de mantenimiento
Motor	150	HORAS OPERATIVAS
Carcaza	80	TEMPERATURA
Máquina	300	VIBRACIÓN

FUENTE. Los autores

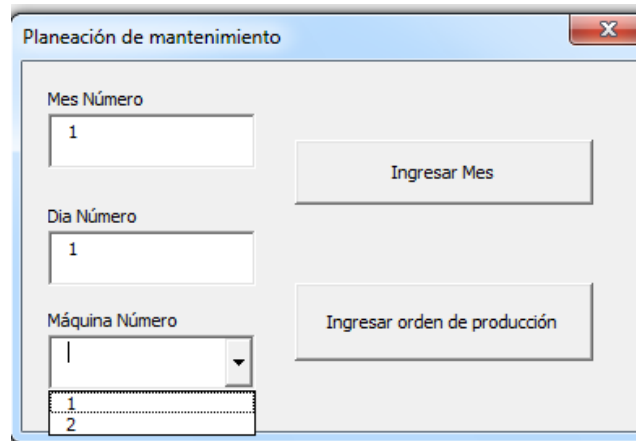
Figura 23. Imagen de un ejemplo de la información suministrada en el botón Componentes de las máquinas

Torno			Fresadora		
Componente	Mantenimiento	Tipo medición	Componente	Mantenimiento	Tipo medición
Motor	150	HORAS OPERATIVAS	Caja de transmisión	250	HORAS OPERATIVAS
Carcaza	80	TEMPERATURA	Correas	95	TEMPERATURA
Máquina	300	VIBRACIÓN			

FUENTE. Los autores

- Planeación de mantenimiento: aquí se puede agregar un mes cada vez que el tiempo vaya avanzando e ingresar por día las mediciones realizadas de acuerdo a 3 parámetros establecidos por la herramienta que son horas operativas, temperatura y vibración. Este campo sirve pues por día se acumulan los datos y cuando se llegue al máximo establecido en el botón anterior la herramienta le mostrará una ventana de alarma que indicará que se debe realizar el mantenimiento a x componente de la máquina y.

Figura 24. Imagen del botón Planeación de mantenimiento



FUENTE. Los autores

7.4.3.Hacer la herramienta en excel.

La herramienta en Excel fue completamente realizada por los estudiantes autores de este proyecto con los conocimientos aprendidos en el curso de Excel avanzado de la universidad Icesi sobre programación. Algunos aspectos que se tuvieron en cuenta para su realización fueron:

- ✓ Manejar una interfaz dinámica y llamativa para ser de fácil entendimiento.
- ✓ Utilizar el perfil de usuario desarrollo para comprender qué aspectos técnicos y de lenguaje, entre otros, debían ser tenidos en cuenta en el momento del desarrollo de la herramienta.
- ✓ En el botón de Datos de la empresa se permiten ingresar hasta 40 máquinas pues se recuerda que la herramienta está enfocada hacia las micro y pequeñas empresas del sector escogido para el proyecto.
- ✓ En el botón Componentes de las máquinas de igual manera solo se permite un número fijo de componentes (hasta 50) pues se identificó que este es el número aproximado de componentes de las máquinas encontradas en las empresas de referencia.
- ✓ En el botón Planeación de mantenimiento se manejó un calendario de 28 días, 4 semanas y 7 días cada una, pues codificar para que cada mes tenga diferente número de días era un poco complejo. En este botón también se muestra un contador para el total de horas operativas que deberá ser tenido en cuenta en el momento de empezar un nuevo mes.

7.4.4.Entregar la herramienta al tutor temático para ser revisada antes de llevarla a las empresas y realizar las correcciones pertinentes.

A lo largo del desarrollo de la herramienta el tutor temático estuvo pendiente y haciendo sus correcciones. Estas fueron principalmente de forma o de complemento de la información que se tenía. Al principio del proyecto se consideró incluir un botón que le permitiera a la empresa consolidar información para hallar el valor de algunos indicadores

calculados con información de las actividades de mantenimiento como el OEE (Overall Equipment Effectiveness), pero el tutor recomendó que no se hiciera pues realizar un análisis para fijar valores aceptables a estos indicadores sería algo muy largo y el tiempo no hubiese sido suficiente. Sin embargo, se deja abierta la posibilidad a que la empresa maneje internamente estos indicadores con la información que pueda sacar de esta herramienta o si algún próximo proyecto de grado desea continuar con esta tarea.

Básicamente esta fue su mayor observación y el resto fueron tenidas en cuenta a lo largo del desarrollo del proyecto y por esto al momento de terminar la herramienta no hubo ninguna otra corrección.

7.4.5. Diligenciar un formato de reconocimiento de la herramienta que le sirva a las personas que van a usarla (manual).

Teniendo en cuenta quién utilizaría la herramienta y con base en el perfil de usuario desarrollado, se creó un manual de uso para hacer más fácil el entendimiento del funcionamiento de la herramienta. Es claro que la primera vez que las empresas de referencia tuvieron contacto con ésta, se les hizo un acompañamiento, pero fue mejor dejarles el manual en caso de cualquier duda o inquietud cuando los autores no estuvieran presentes. En el anexo D se puede encontrar este manual.

7.4.6. Validación de la herramienta en varias empresas del sector (entrega del manual y capacitación del personal).

La herramienta que se desarrolló se realizó a partir de la información que se recogió del sector metalmeccánico, pero no se puede pretender que a todas las empresas les sirva de la misma manera o le vean la misma utilidad. Es por eso que fue importante llevar la herramienta a algunas empresas para que la pudieran probar y evaluar sus ventajas o desventajas dentro de su planeación de mantenimiento. Los siguientes fueron los comentarios recibidos:

- **Inpromec S.A:** esta fue la empresa de referencia con la que se trabajó durante todo el tiempo que duró el proyecto. Ellos brindaron información específica de qué era lo que querían dentro de la herramienta y se trató de incluir todas sus observaciones dado que la herramienta se le entregó a esta empresa para que fuera utilizada desde el próximo año en su proceso de planeación y ejecución de las actividades de mantenimiento.
En un principio se consideró incluir una planeación inicial para los equipos de la empresa, pero fue evidente que la cantidad de componentes que tiene cada máquina son muchos y además de la herramienta el trabajo para indagar un tiempo de mantenimiento preventivo para cada componente era un trabajo muy pesado, por lo que se llegó a un acuerdo entre la empresa y el tutor temático en el que se le daba completa libertad a la empresa para que consignara esta información como creyera necesario con tal de tener en dónde hacerlo.
Ellos consideran que la presentación es realmente fácil de entender y que gracias al manual que se realizó y entregó, el jefe de producción (quien utilizará la herramienta) puede ingresar rápidamente la información de las máquinas, de los proveedores de estas y de los valores límites establecidos para realizar el mantenimiento de cada máquina.

Ellos están realmente agradecidos pues anteriormente no tenían una base centralizada en la que pudieran encontrar la información importante de sus equipos, para algunas máquinas ni siquiera recordaban quién se las había vendido o cuándo y por supuesto tampoco llevaban un registro de en qué momento falló algún equipo y qué se le hizo. Gracias a la herramienta, y a pesar de que por motivos de tiempo no se le pudieron incluir más cosas, ellos ahora podrán tener no solo una base de datos de sus equipos sino que también podrán conocer en qué momento realizar el mantenimiento a sus equipos de acuerdo con unas simples mediciones que se pueden tomar con equipos manuales que se encuentran ahí mismo en la empresa

- **Industrias Perdomo:** esta empresa es más grande que la anteriormente mencionada pero a pesar de esto tampoco tenían una herramienta o procesos y procedimientos que les permitirán realizar la gestión de mantenimiento de sus equipos. Ellos al revisar la herramienta pudieron identificar que su vocabulario es totalmente comprensible y que no se presentaron dificultades al leer el manual de funcionamiento de la herramienta. También dijeron que les parece completamente útil porque es fácil de manejar y no requiere mucho tiempo ingresar la información, aunque recomendaron que en el botón *Componentes de máquinas* debería poderse ingresar otro criterio de evaluación para la programación del mantenimiento. A parte de esto les pareció interesante que solo en Excel se hubiese podido realizar esta herramienta pues en su presupuesto no está adquirir un software especializado con módulos de mantenimiento, además comentaron que de ser necesarias adiciones ellos mismos las podrían realizar pues sus cuentan con personal capacitado en programación en Excel, solo que hasta el momento no habían dedicado el tiempo para que realizaran este tipo de herramienta.

8. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.

8.1. RECOMENDACIONES.

A continuación se presentan algunas recomendaciones para quienes interactúen con la herramienta o quisieran continuar trabajando con ella en un futuro proyecto de grado:

- Se considera que la encuesta realizada se podría evaluar nuevamente para evaluar aspectos que hayan podido ser pasados por alto. De igual manera se recomienda buscar una muestra un poco mayor de la actual en caso de querer recoger más información acerca del sector, aunque puede enfocarse a las medianas y pequeñas en vez de las pequeñas y micro como en este proyecto para evaluar si existen diferencias considerables que ameriten un rediseño total de la herramienta actual.
- La herramienta al haber sido desarrollada en Excel permite que cualquier persona con conocimientos en programación en este programa puedan agregarle más botones dependiendo de las necesidades propias de cada empresa. También se recomienda que algún futuro proyecto de grado continúe con esta herramienta pero le adicione más hojas con indicadores y formatos pertinentes.
- Se recomienda que las empresas utilicen esta herramienta pues es de muy fácil uso y les permite centralizar la información en un solo lugar al que se puede acceder fácilmente y presenta información en tiempo real. Es por eso que desde la gerencia se debe hacer énfasis en su uso y continua actualización.
- Se recomienda a las empresas desarrollar y llevar un control de los indicadores de mantenimiento más relevantes como el OEE, el MTBR y MTTR pues de esta manera es más fácil tomar decisiones acerca de su gestión de mantenimiento. De igual manera se recomienda hacer una auditoría por lo menos anual de las actividades de mantenimiento realizadas y de la organización del departamento como tal.
- Como la herramienta no indica qué recursos deben utilizarse para ejecutar el mantenimiento, se recomienda hacer una planeación adicional que indique qué materiales, qué tiempo y cuántas personas se requieren en caso de que cada equipo necesite una reparación, así la información de la herramienta se complementa y se mantiene listo un protocolo a seguir para cada caso.

8.2. CONCLUSIONES.

A continuación se presentan algunas conclusiones que se pueden identificar al finalizar este proyecto:

- Se puede evidenciar que la herramienta logra incluir en ella 3 de los 4 objetivos específicos planteados en un principio. Y se dice que 3 de 4 pues el cuarto objetivo es la herramienta como tal.
- De todas las empresas visitadas y encuestadas se puede concluir que la gestión de mantenimiento de los equipos productivos no es un fuerte en la planeación estratégica de las micro y pequeñas empresas del sector metalmeccánico, pero al mismo tiempo parecen muy interesados por tener una herramienta que les permita realizar estas actividades de una manera más efectiva.
- La herramienta es sencilla de implementar en cualquier empresa pero su uso y explotación por parte de ellas depende netamente de ellas mismas, pues de la continuidad de la información suministrada depende que las alarmas se den en el momento adecuado y que las acciones preventivas sean tomadas en el menor tiempo posible y evitar daños graves en los equipos.
- Se evidencia que las micro y pequeñas empresas del sector metalmeccánico necesitan trabajar más en su organización interna para definir planes estratégicos que les permitan utilizar mejor sus recursos y así poder destacarse en sus actividades operacionales.
- El mantenimiento de los equipos productivos en todas las empresas es una tarea difícil de ejecutar y mucho más de planear, pues se deben tener en cuenta muchos factores al mismo tiempo. Sin embargo, se debe reconocer que su importancia es bastante relevante dentro del funcionamiento de las empresas y por tanto no debe ser dejada a un lado sino que debe buscarse el mejor método que no comprometa la actividad económica y optimice la utilización de los recursos internos.
- Trabajar con las micro y pequeñas empresas en general es una experiencia bastante interesante pues se evidencian culturas empresariales bastante diversas y se pueden identificar oportunidades de mejora en casi todos los procesos de la empresa, por lo que son un target de estudio muy recomendable para próximos trabajos de grado.
- El trabajo de grado incluyó solo el diseño y elaboración de la herramienta para la administración eficiente de la gestión de mantenimiento de las micro y pequeñas empresas, sin embargo se propuso la elaboración y posterior seguimiento a unos indicadores de gestión que le permitieran a las empresas hacer una mejora continua de sus procesos de mantenimiento.
- Por experiencia de las empresas que aplicaron la herramienta, se pudo identificar que la esta lograba prevenir en un 85% las fallas de las máquinas que administraban bajo la herramienta en su primera etapa. Se espera que este número aumente cuando se tengan registros actualizados de la información de averías y cambios en las máquinas y sus componentes.

BIBLIOGRAFÍA.

BARRERA, JUAN CARLOS. (s.f). Análisis de criticidad. Obtenido de <http://www.slideshare.net/mantonline/anlisis-de-criticidad-presentation>

BOXWELL, ROBERTO J. (2008). UNIVERSIDAD DON BOSCO. Benchmarking para Competir con Ventaja. Obtenido de http://www.galeon.com/rcruz0423/Archivo_descargable/CLArauz.pdf

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. (2007). Documento sectorial: Metalmecánica y Siderurgia. *Agenda interna para la productividad y la competitividad*

ELLMANN, ENRIQUE. (2008). Confiabilidad: Una Estrategia de Negocios diferente. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/Elmann.pdf>

FRANCO, IRENE. (S.F). Mantenimiento predictivo. Obtenido de www.monografias.com/trabajos17/mantenimiento-predictivo/mantenimiento-predictivo.shtml

GARCÍA GARRIDO, SANTIAGO. (2009). TIPOS Y MODELOS DE MANTENIMIENTO. Obtenido de www.mantenimientoindustrial.renovetec.com/tiposdemantenimiento.html

GARCÍA GARRIDO, Santiago. Mantenimiento Correctivo: Organización y gestión de la reparación de averías. Edición No. 1. Editorial RENOVETEC, 2009. 26 pág.

GARZÓN O., JUAN C. Mantenimiento productivo total [diapositivas]. Cali: Universidad Icesi de Cali, S.F. Diapositiva 32

JISHU HOZEN: MANTENIMIENTO AUTÓNOMO por P.A.G.M. Artículo de JOMS de México consultoría industrial

MOUBRAY, JOHN. (1999). Reliability centered-maintenance. Edición No.2. Editorial Industrial Pr- Estados Unidos.

PIEDRA P., MARÍA F. Gerencia estratégica de mantenimiento de la empresa plásticos del Litoral-plastlit [Tesis de grado].Guayaquil: Escuela superior politécnica del litoral. Facultad de ingeniería en electricidad y computación; 2005. 106 p.

ROBERTS, JACK. TPM Mantenimiento Productivo Total: su definición e historia. Departamento de Tecnología e Ingeniería Industrial Texas A&M University-Commerce. Obtenido de www.mantenimientoplanificado.com/tpm.htm

SAE INTERNATIONAL. (2009). Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Obtenido de http://standards.sae.org/ja1011_200908

THOMPSON, IVAN (2006). Tipos de encuesta. Obtenido de <http://www.promonegocios.net/mercadotecnia/encuestas-tipos.html>

YACUZZI, ENRIQUE. MARTÍN, FERNANDO. (s.f). QFD: CONCEPTOS, APLICACIONES Y NUEVOS DESARROLLOS. Obtenido de <http://blog.pucp.edu.pe/media/avatar/187.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. Matriz de Marco Lógico

	RESUMEN NARRATIVO	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
OBJETIVO GENERAL	Propiciar el aprovechamiento de los recursos de manufactura de las microempresas del sector metalmeccánico con una adecuada planificación de las actividades de mantenimiento para sus equipos.			
OBJETIVO DEL PROYECTO	Desarrollar una herramienta que les permita a las microempresas del sector metalmeccánico de Cali a hacer una adecuada gestión de mantenimiento de sus equipos productivos.	La herramienta elaborada le es útil a las empresas y les permite planear el mantenimiento de sus equipos.	Aceptación por parte de las empresas visitadas y encuestadas de la herramienta terminada.	*La herramienta ya fue validada y probada en las empresas. *La herramienta no presenta problemas para su puesta en funcionamiento.

OBJETIVO ESPECÍFICO	1. Diagnóstico de la situación actual de mantenimiento de las empresas de referencia	Se conoce la situación actual de las empresas en un % igual al del cumplimiento de las tareas	Análisis de datos y generación de conclusiones.	
ACTIVIDADES	o Empresas seleccionadas para la encuesta.	Muestra escogida a partir del total de las empresas metalmeccánicas registradas en Cali	Listado de empresas actuales y método de selección.	*Investigación en la Cámara de Comercio de Cali
	o Acercamiento a las empresas y sus perfiles.	Información real acerca de las empresas brindada por ellas mismas.	Llamadas e información previa acerca de qué hace cada empresa.	*Formato de solicitud de visita
	o Aplicación de las encuestas.	Cantidad de encuestas realizadas comparada con la cantidad de empresas elegidas para aplicarles la encuesta.	Formato de encuesta terminado.	
	o Análisis de datos.	% total de datos recolectados y analizados sobre el total de los datos recolectados	Selección y utilización de herramientas para analizar los datos.	
	o Conclusiones.		Listado de conclusiones	*Previo análisis de datos.

OBJETIVO ESPECÍFICO	2. Reconocimiento de los procesos productivos y los equipos	El proceso productivo de la empresa de referencia se conocen un % igual al del cumplimiento de las tareas	Documentación del proceso, se conoce el flujo de los materiales y productos	*La empresa se visitó en varias ocasiones *Se tomaron fotos y se desarrollaron esquemas
ACTIVIDADES	o Elegir una empresa de las ya encuestadas para ser visitada.		Empresa seleccionada y con aceptación a ser visitada.	
	o Entender el proceso productivo (documentación de proceso general).	Se identifica el proceso productivo en un 100%	Pasos que se siguen con una orden de producción.	
	o Reconocer los equipos que tiene la empresa seleccionada (ficha técnica, manual de operación).	% del total de equipos documentados contra el total de los equipos que tiene la empresa	Listado de máquinas y sus funciones.	*Obtener información de a empresa y del proveedor de los equipos

OBJETIVO ESPECÍFICO	3. Análisis de métodos de mantenimiento a ser usados	Se tiene conocimiento y documentación sobre todos los métodos de mantenimiento que existen.	Tipos de mantenimiento identificados y analizados en el marco teórico	*Investigación previa.
ACTIVIDADES	o Conocer los tipos y modelos de gestión de mantenimiento que se aplican a nivel mundial y local.		Listado de tipos y modelos de mantenimiento a nivel local y mundial.	
	o Realizar el análisis de criticidad identificando todas las consideraciones a tener en cuenta para cada equipo.	% total de los equipos a los que se le hizo el análisis contra el total de equipos de la empresa	Análisis de criticidad elaborado (esquema).	
	o Elegir el modelo adecuado para ser utilizado en la empresa escogida.		Evidencias del por qué elegir dicho modelo, razones.	

OBJETIVO ESPECÍFICO	4. Herramienta desarrollada, revisada y aprobada.	La herramienta se encuentra lista y el tutor temático da su aprobación final.	Informe de observaciones por parte de los evaluadores.	*Se le dio un tiempo prudente de evaluación a cada evaluador.
ACTIVIDADES	o Desarrollar el perfil de usuario de la herramienta.	% de empresas a las que se le aplica la encuesta de perfil de usuario sobre el total de las empresas de referencia	Encuestas, perfil de usuario elaborado y definido.	
	o Seleccionar la información necesaria para incluir en la herramienta, asesorándonos con algunos profesores de la Facultad de Ingeniería y con expertos externos a la Universidad Icesi.	% total de aspectos elegidos	Informe de observaciones de los profesores, listado de aspectos relevantes para ser incluidos en la herramienta.	
	o Hacer la herramienta en Excel.	% total realizado sobre el % total esperado	Archivo en Excel con la herramienta.	*Se tienen conocimientos sobre programación en Excel
	o Entregar la herramienta al tutor temático para ser revisada antes de llevarla a las empresas y realizar las correcciones pertinentes.	% de correcciones realizadas contra el total de las correcciones señaladas	Informe de correcciones y observaciones por parte del tutor.	
	o Diligenciar un formato de reconocimiento de la herramienta que le sirva a las personas que van a usarla (manual).	% de satisfacción de los usuarios con la información contenida en el manual	Manual en físico.	*Se conoce el lenguaje que debe ser utilizado para la construcción del manual de acuerdo con los usuarios potenciales
	o Validación de la herramienta en varias empresas del sector (entrega del manual y capacitación del personal).	% de empresas de referencia visitadas que aprobaron la herramienta	Informe de observaciones por parte de las empresas.	*Tiempo disponible por parte de las empresas y de los investigadores

ANEXO B.

Encuesta tipo 1 realizada a las empresas: Metalmecánica Moreno y
Metalmecánica y desarrollo EAT

Proyecto de grado Universidad ICESI

“Diseño y elaboración de una herramienta para la planeación de mantenimiento en una micro empresa del sector metalmecánico”

Para conocer acerca de las actividades de mantenimiento de su empresa, se desarrolló la siguiente encuesta en la que se agruparon preguntas según algunos aspectos importantes. Estos son:

1. Organización de la empresa
2. Documentación y análisis de equipos
3. Planeación y programación de mantenimiento
4. Trabajo por parte del operario
5. Gestión de repuestos
6. Registro de mantenimiento

Algunas preguntas son de selección múltiple, mientras que en otras deberá escribir según sea el caso. De antemano se le agradece por su participación y por la veracidad de la información.

• ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA:

1. ¿Considera la gestión de mantenimiento como un proceso que agrega valor a sus actividades?
 - Sí
 - A veces
 - No

Si su respuesta es a veces o no, por favor explique:

2. ¿Dentro de su empresa cuenta con un departamento o área de mantenimiento establecido en su organigrama?
 - Si
 - No

Si su respuesta es negativa argumente por qué:

3. Dentro de este departamento o área, ¿con cuántas personas cuenta para elaborar las tareas de mantenimiento de los equipos?
 - 0
 - 1-3
 - 4-7
 - Más:_____

4. ¿Quién es el encargado de liderar esta área de mantenimiento?
 - Un ingeniero
 - El gerente de la empresa
 - Algún operario
 - Una empresa externa (outsourcing)
 - Otro:_____

5. Cuando se presenta una avería o falla en algún equipo, ¿existen procesos y procedimientos que indiquen qué hacer?
 - No, se resuelve según lo que diga el encargado de mantenimiento
 - Sí, existen formatos en donde se tiene un programa de qué hacer si y cuáles son los recursos necesarios

6. Cuando se presenta una avería o falla en algún equipo, ¿realiza la reparación en algún lugar en especial?
 - Directamente sobre la máquina
 - En el área destinada a mantenimiento
 - El equipo es llevado a un lugar externo para ser reparado

7. ¿Su empresa conoce los diferentes tipos de mantenimiento que existen? Marque los que conoce
 - Mantenimiento correctivo
 - Mantenimiento preventivo
 - Mantenimiento predictivo
 - Mantenimiento Productivo Total
 - Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad
 - Todos los anteriores
 - Ninguno de los anteriores

8. Si la empresa conoce los tipos de mantenimiento, ¿cuál aplica específicamente a sus equipos productivos?
 - Mantenimiento correctivo

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento Productivo Total
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad
- Ninguno de los anteriores

9. ¿Alguna vez ha realizado auditorías de mantenimiento?

- Nunca
- Cada mes
- Cada 6 meses
- Cada año

10. Si las hace, ¿las personas encargadas con internas o externas?

- Externas
- Internas

11. ¿Tiene dentro de su organización alguna base de datos o plataforma que le permita guardar información acerca del mantenimiento de sus equipos, como la planificación de las actividades o el seguimiento de las fallas registradas?

- Si
- No

Si su respuesta es negativa, ¿le gustaría tener alguna? ¿Le parece necesario que su empresa cuente con una? ¿Por qué?

• **DOCUMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE EQUIPOS:**

12. ¿Conoce el número de equipos con los que cuenta su compañía actualmente? Por favor especifique el número

- Si
- No
- Número de equipos: _____

13. ¿Tiene codificados o numerados sus equipos para mejor reconocimiento de ellos dentro de la planta? ¿Cómo es esta codificación?

- Si
- No

Explique: _____

14. Califique de 1 a 5 el grado de conocimiento que tiene sobre cada uno de sus equipos, como su proveedor, su ciclo de vida, sus componentes, su costo, la depreciación asociada
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
15. ¿Las personas que manejan los equipos, el responsable de la producción o incluso el gerente de la compañía conocen las condiciones bajo las cuales operan los equipos como la presión adecuada o los niveles de vibración y temperatura permitidos?
- Si
 - No
16. Cuando una falla se presenta, ¿se tiene algún manual para arreglar el equipo?
Especifique
- Si
 - No
17. ¿Conoce el significado de una hoja de ruta? ¿Cuenta con una para cada equipo que tiene en su planta?
- No conozco el significado
 - Si conozco el significado pero no las manejo en mi planta
 - Si conozco el significado y si las manejo para algunos de mis equipos
18. Cuando se decide adquirir un equipo, ¿cuáles de estas consideraciones tiene en cuenta?
- Características
 - Costo de adquisición
 - Costo de mantenimiento
 - Repuestos
 - Ciclo de vida
 - Otras: _____

19. Cuando adquiere un equipo, pide de su proveedor:

- El manual de operación
- El manual de mantenimiento
- El manual de componentes
- Ninguno de los anteriores

20. ¿Alguna vez ha realizado el análisis de criticidad de sus equipos para determinar qué posición toma cada uno dentro de sus operaciones?

- No sé que es el análisis de criticidad
- Sí sé que es pero nunca lo he hecho
- Si lo he hecho pero hace mucho que no lo actualizo
- Lo hago cada vez que adquiero un nuevo equipo

21. ¿Qué aspectos ha tenido en cuenta para realizar este análisis teniendo en cuenta el efecto que cada equipo tiene dentro de los siguientes ítems?

- Costos asociados (mantenimiento, operación)
- Producción
- Medio ambiente
- Seguridad industrial

22. ¿Algún equipo tiene exigencias de mantenimiento legales? ¿Mantiene al día los registros de dichas revisiones?

- Ningun equipo tiene exigencias legales
- Solo algunos de los equipos requieren mantenimiento legal y sí mantenemos registros de cada actividad

23. En su empresa, ¿paga seguros por alguno de sus equipos en contra de accidentes, robos o averías significativas? Explique, si lo hace, por qué

- Si
- No

¿Por qué?: _____

• **PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO:**

24. ¿En su empresa realizan planeación de mantenimiento?

- Si
- No
- ¿Por qué?: _____

25. ¿Planean el mantenimiento de cada equipo de la empresa?

- Si
- No

26. ¿En que actividades consiste dicha planeación?

- Lubricación
- Inspección
- Overhaul
- Calibración
- Otros: _____

27. ¿Se hace la planeación de los recursos necesarios de las actividades de mantenimiento?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

28. ¿Quién hace la planeación de mantenimiento?

- Si
- No

29. ¿Cada cuanto se hace la planeación de mantenimiento?

- Semanal
- Quincenal
- Mensual
- Semestral
- Anual

Otro: _____

30. ¿Tiene en cuenta las fallas registradas?

- Si
- No

31. ¿Tiene en cuenta las condiciones de operación?

- Si
- No

32. ¿Para la planeación de mantenimiento manejan un presupuesto predeterminado?

- Si
- No

33. ¿La empresa realiza el mantenimiento de sus equipos o hacen subcontratación?

- La empresa realiza el mantenimiento
- Subcontratación.
- Otro: _____

34. ¿Se conoce el tiempo estimado del arreglo de las fallas?

- Si
- No

35. ¿En la empresa han realizado planeaciones de mantenimiento?

- Si
- No

36. ¿En la planeación de mantenimiento tienen en cuenta el plan de producción?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

37. ¿Al tener la planeación de las actividades de mantenimiento se comunica al personal de producción para que sepan estas actividades?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

- **TRABAJO POR PARTE DEL OPERARIO/EQUIPO:**

38. Dentro de su empresa cuenta con un grupo de operarios dedicado a las tareas de mantenimiento de sus equipos?

- Si
- No

39. Si la respuesta a la anterior pregunta fue sí, ¿los escoge usted teniendo en cuenta alguna habilidad o capacidad específica para las tareas o los entrena de alguna manera para estas tareas?

- Si
- No

40. Califique de 1 a 5 el conocimiento que tiene usted y los operarios sobre sus equipos productivos y sobre el mantenimiento que debe hacercele:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

41. Al ser contratados los operarios, ¿se les comunican sus responsabilidades en cuanto a la limpieza y mantenimiento de sus equipos?

- Si, desde el principio se les dice qué deben hacer
- No, algunas tareas están explícitas (limpieza, lubricación)
- No, estas tareas las realizan otras personas

42. Cuando se planea alguna actividad de mantenimiento, ¿se realiza teniendo en cuenta qué operario la va a realizar para poder comunicárselo?

- Si
- No

43. Cuando algún operario realiza alguna actividad de mantenimiento, ¿alguien lo supervisa o revisa el trabajo para poder darle retroalimentación?

- Si

- No

44. ¿Pueden los operarios acceder a información técnica sobre las máquinas para conocer más acerca de ellas, de su funcionamiento o de su mantenimiento?

- Si, los manuales están a la mano
- No, eso no es necesario

45. ¿Pueden los operarios realizar algún tipo de sugerencia en cuanto al funcionamiento de una máquina, su mantenimiento o su papel dentro del proceso productivo?

- Si
- No

46. Si se maneja algún tipo de indicador que indique las incidencias de las averías en laproducción o en los gastos operativos de la empresa, ¿conocen los empleados sobre ellos para que se tomen medida correctivas?

- Si
- No

• **GESTIÓN DE REPUESTOS**

47. La empresa cuenta con una bodega para las herramientas y repuestos de mantenimiento

- Si
- No

48. ¿El encargado de mantenimiento cuenta con una lista de los repuestos más pedidos?

- Si
- No

49. ¿El encargado de mantenimiento cuenta con una lista de los proveedores de repuestos?

- Si
- No

50. El tiempo de entrega desde que se hace la orden de pedido hasta que llega el repuesto por parte del proveedor es:

- 1 día – 1 semana
- 1 semana – 4 semanas
- 1 mes – 2 meses
- 2 meses – 4 meses
- 4 meses en adelante.

51. Califique de 1 a 5 la relación que tiene la empresa y los proveedores de repuestos:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

52. Bajo que criterios de selección se determinana los proveedores de repuestos (por ejemplo: calidad, costo, distancia, garantías, entre otros).

53. Maneja alguna herramienta o método para realizar las ordenes de compra de los repuestos

- Si, se realiza por medio de un pronóstico
- Si, se realiza de acuerdo a las especificaciones acordadas en el manual de mantenimiento.
- No, cada vez que se daña una pieza se realiza la orden de compra.
- Si, ¿Cuál? _____

54. Si la respuesta a la pregunta 53 es no, explique las razones por las cuales no maneja una herramienta o método

55. ¿Como es la politica de inventario de repuestos que maneja su empresa?

56. ¿La empresa cuenta con una clasificación de los repuestos?

- Si
- No

57. Si la respuesta a la pregunta 56 es si, nombre cuales son las clasificaciones que tienen los repuestos, de lo contrario explique las razones por las cuales no hace dicha clasificación.

58. ¿Cuál es el criterio de decisión para comprar los repuestos de la maquinaria?

• **REGISTRO DE MANTENIMIENTO**

59. ¿Cada vez que se planea o ejecuta una actividad de mantenimiento, se documenta en órdenes de trabajo?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

60. Si respondió sí a la pregunta anterior, identifica en estas órdenes de trabajo quién va a realizar el trabajo y cómo quedó la máquina después del trabajo elaborado en ella?

- Si
- No

61. Cuando los trabajos de mantenimiento son subcontratados, realiza usted algún control o inspección posterior del trabajo realizado?

- Si
- No
- Por qué sí o por qué no?

62. ¿Cuando se identifica una falla en un equipo, se le hace algún tipo de seguimiento o control para evaluar los efectos que puede tener sobre los trabajos o sobre los empleados antes de ser reparada?

- Si
- No

○ ¿Por qué? _____

63. ¿Si identifica fallas en sus equipos, las clasifica como urgente, importante o programable para mantenimiento?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

64. Si respondió Sí a la respuesta anterior, ¿bajo qué lineamientos hace la clasificación de averías?

- Seguridad industrial
- Calidad de la pieza
- Importancia de la máquina en el proceso productivo
- Falta de recursos
- Otro: _____

65. ¿Usted o sus operarios llevan algún tipo de registro en cuanto a las condiciones de operación de la máquina como vibración, temperatura, desempeño?

- Si
- No

66. Existe en la empresa algún indicador que mida el impacto de las averías en el cumplimiento a los clientes o en la seguridad de los empleados?

- Si
- No

67. Si respondió sí a la pregunta anterior, plantea planes de acción o de mejora haciendoles seguimiento? Cuales?

68. Si respondió no a la pregunta 44, explique las razones por las cuales no lo hace

69. ¿Existe algún indicador que mida el % de dinero sobre las ventas netas que se gasta en mantenimiento por accidentes o reparaciones urgentes o actividades planificadas?

- Si
- No

70. Conoce usted los indicadores OEE (Eficiencia General de los Equipos), MTBR (Tiempo medio de reparaciones) y el MTBF (Tiempo medio entre fallas)? Tiene registro de ellos en sus operaciones? Por qué sí o por qué no?

ANEXO C.

Encuesta tipo 2 realizada a las empresas: Servi industrial el proveedor y Taller
“Los Valencianos” Ltda

Proyecto de grado Universidad ICESI

“Diseño y elaboración de una herramienta para la planeación de mantenimiento en una micro empresa del sector metalmeccánico”

Para conocer acerca de las actividades de mantenimiento de su empresa, se desarrolló la siguiente encuesta en la que se agruparon preguntas según algunos aspectos importantes. Estos son:

1. Organización de la empresa
2. Documentación y análisis de equipos
3. Planeación y programación de mantenimiento
4. Trabajo por parte del operario
5. Gestión de repuestos
6. Registro de mantenimiento

Algunas preguntas son de selección múltiple, mientras que en otras deberá escribir según sea el caso. De antemano se le agradece por su participación y por la veracidad de la información.

• ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA:

1. ¿Dentro de su empresa cuenta con un departamento o área de mantenimiento establecido en su organigrama? ¿cuantas personas estan en el departamento?.
 - Si
 - No

2. Si la respuesta anterior es negativa, califique de 1 a 5 el grado de importancia que considera el tener un departamento de mantenimiento.
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5

3. ¿Quién es o quien sería el encargado de liderar esta área de mantenimiento?
- Un ingeniero
 - El gerente de la empresa
 - Algún operario
 - Una empresa externa (outsourcing)
 - Otro: _____
4. Cuando se presenta una avería o falla en algún equipo, ¿existen procesos y procedimientos que indiquen qué hacer?
- Sí, existen formatos en donde se tiene un programa de qué hacer y cuáles son los recursos necesarios.
 - No, se resuelve según lo que diga el encargado de mantenimiento.
5. ¿Cuál o cuales de los siguientes tipos de mantenimiento aplica su empresa?
¿Cuál es el que más usan?
- Mantenimiento correctivo
 - Mantenimiento preventivo
 - Mantenimiento predictivo
 - Mantenimiento Productivo Total
 - Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad
 - Ninguno de los anteriores
6. ¿Alguna vez ha realizado auditorías de mantenimiento?
- Nunca
 - Cada mes
 - Cada 6 meses
 - Cada año
7. Califique de 1 a 5 el grado de importancia que considera tener una gestión de mantenimiento en su empresa.
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5

8. ¿Tiene dentro de su organización alguna base de datos o plataforma que le permita guardar información acerca del mantenimiento de sus equipos, como la planificación de las actividades o el seguimiento de las fallas registradas?

- Si
- No

Si su respuesta es negativa, ¿le gustaría tener alguna? ¿Le parece necesario que su empresa cuente con una? ¿Por qué?

• **DOCUMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE EQUIPOS:**

9. ¿Conoce el número de equipos con los que cuenta su compañía actualmente? Por favor especifique el número

- Si
- No
- Número de equipos: _____

10. Califique de 1 a 5 el grado de conocimiento que tiene sobre cada uno de sus equipos, como su proveedor, su ciclo de vida, sus componentes, su costo, nivel de riesgo, actividades de mantenimiento.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

11. Califique de 1 a 5 el grado de conocimiento que tienen las personas que manejan los equipos, el responsable de la producción o incluso el gerente de la compañía sobre las condiciones bajo las cuales operan los equipos como la presión adecuada, los niveles de vibración y temperatura permitidos.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

12. ¿Conoce el significado de una hoja de ruta? ¿Cuenta con una para cada equipo que tiene en su planta?

- No conozco el significado
- Si conozco el significado pero no las manejo en mi planta
- Si conozco el significado y si las manejo para algunos de mis equipos

13. Cuando adquiere un equipo, pide de su proveedor:

- El manual de operación
- El manual de mantenimiento
- El manual de componentes
- Ninguno de los anteriores

14. ¿Alguna vez ha realizado el análisis de criticidad de sus equipos para determinar qué posición toma cada uno dentro de sus operaciones?

- No sé que es el análisis de criticidad
- Sí sé que es pero nunca lo he hecho
- Si lo he hecho pero hace mucho que no lo actualizo
- Lo hago cada vez que adquiero un nuevo equipo

15. ¿Qué aspectos ha tenido en cuenta para realizar este análisis teniendo en cuenta el efecto que cada equipo tiene dentro de los siguientes ítems?

- Costos asociados (mantenimiento, operación)
- Producción
- Medio ambiente
- Seguridad industrial

16. En su empresa, ¿paga seguros por alguno de sus equipos en contra de accidentes, robos o averías significativas? Explique, si lo hace, por qué

- Si
- No

¿Por qué?: _____

• **PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO:**

17. ¿En su empresa realizan planeación de mantenimiento?

- Si
- No
- ¿Por qué?: _____

18. ¿Cuáles de estas actividades realizan?

- Lubricación
- Inspección
- Overhaul
- Calibración
- Otros: _____

19. ¿Se hace la planeación de los recursos necesarios de las actividades de mantenimiento?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

20. ¿Quién debería hacer la planeación de mantenimiento?

21. ¿Cada cuanto se hace la planeación de mantenimiento?

- Semanal
- Quincenal
- Mensual
- Semestral
- Anual
- Otro: _____

22. ¿Tiene en cuenta las fallas registradas?

- Si
- No

23. ¿Tiene en cuenta las condiciones de operación?

- Si
- No

24. ¿La empresa realiza el mantenimiento de sus equipos o hacen subcontratación?

- La empresa realiza el mantenimiento
- Subcontratación.
- Otro: _____

25. ¿Se conoce el tiempo estimado del arreglo de las fallas?

- Si
- No

26. ¿En la planeación de mantenimiento tienen cuenta el plan de producción?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

27. ¿Al tener la planeación de las actividades de mantenimiento se comunica al personal de producción para que sepan estas actividades?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

• **TRABAJO POR PARTE DEL OPERARIO/EQUIPO:**

28. Dentro de su empresa cuenta con un grupo de operarios dedicado a las tareas de mantenimiento de sus equipos?

- Si
- No

¿El grupo de operarios tienen conocimientos del tema o han sido capacitados?

29. Al ser contratados los operarios, ¿se les comunican sus responsabilidades en cuanto a la limpieza y mantenimiento de sus equipos?

- Si, desde el principio se les dice qué deben hacer
- No, algunas tareas están explícitas (limpieza, lubricación)
- No, estas tareas las realizan otras personas

30. Cuando algún operario realiza alguna actividad de mantenimiento, ¿alguien lo supervisa o revisa el trabajo para poder darle retroalimentación?

- Si
- No

31. ¿Pueden los operarios acceder a información técnica sobre las máquinas para conocer más acerca de ellas, de su funcionamiento o de su mantenimiento?

- Si, los manuales están a la mano
- No, eso no es necesario

32. Si se maneja algún tipo de indicador que indique las incidencias de las averías en la producción o en los gastos operativos de la empresa, ¿conocen los empleados sobre ellos para que se tomen medidas correctivas?

- Si
- No

• **GESTIÓN DE REPUESTOS**

33. La empresa cuenta con una bodega para las herramientas y repuestos de mantenimiento

- Si
- No

34. ¿El encargado de mantenimiento cuenta con una lista de los proveedores de repuestos?

- Si
- No

35. El tiempo de entrega desde que se hace la orden de pedido hasta que llega el repuesto por parte del proveedor es:

- 1 día – 3 días
- 4 días – 1 semana
- 1 semana – 4 semanas
- 4 semanas – 7 semanas
- 7 semanas en adelante.

36. Bajo que criterios de selección se determinana los proveedores de repuestos (por ejemplo: calidad, costo, distancia, garantías, entre otros).

37. ¿Como es la politica de inventario de repuestos que maneja su empresa?

38. ¿La empresa cuenta con una clasificación de los repuestos?

- Si
- No

39. Si la repuesta a la pregunta 56 es si, nombre cuales son las clasificaciones que tienen los repuestos, de lo contrario explique las razones por las cuales no hace dicha clasificación.

• **REGISTRO DE MANTENIMIENTO**

40. ¿Cada vez que se planea o ejecuta una actividad de mantenimiento, se documenta en órdenes de trabajo?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

41. Si respondió sí a la pregunta anterior, identifica en estas órdenes de trabajo quién va a realizar el trabajo y cómo quedó la máquina después del trabajo elaborado en ella?

- Si
- No

42. Cuando los trabajos de mantenimiento son subcontratados, realiza usted algún control o inspección posterior del trabajo realizado?

- Si

- No
- Por qué sí o porqué no?

43. ¿Cuándo se identifica una falla en un equipo, se le hace algún tipo de seguimiento o control para evaluar los efectos que puede tener sobre los trabajos o sobre los empleados antes de ser reparada?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

44. ¿Si identifica fallas en sus equipos, las clasifica como urgente, importante o programable para mantenimiento?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

45. Si respondió Sí a la respuesta anterior, ¿bajo qué lineamientos hace la clasificación de averías?

- Seguridad industrial
- Calidad de la pieza
- Importancia de la máquina en el proceso productivo
- Falta de recursos
- Otro: _____

46. Existe en la empresa algún indicador que mida el impacto de las averías en el cumplimiento a los clientes o en la seguridad de los empleados?

- Si
- No

47. Si respondió sí a la pregunta anterior, plantea planes de acción o de mejora haciendoles seguimiento? Cuales?

48. ¿Existe algún indicador que mida el % de dinero sobre las ventas netas que se gasta en mantenimiento por accidentes o reparaciones urgentes o actividades planificadas?

- Si
- No

49. Conoce usted los indicadores OEE (Eficiencia General de los Equipos), MTBR (Tiempo medio de reparaciones) y el MTBF (Tiempo medio entre fallas)? Tiene registro de ellos en sus operaciones? Por qué sí o por qué no?

ANEXO D.

Encuesta tipo 3 realizada a las empresas: Industrias Perdomo S.A, Payan y Cía e Inpromec S.A.S

Proyecto de grado Universidad ICESI

“Diseño y elaboración de una herramienta para la planeación de mantenimiento en una micro empresa del sector metalmecánico”

Para conocer acerca de las actividades de mantenimiento de su empresa, se desarrolló la siguiente encuesta en la que se agruparon preguntas según algunos aspectos importantes. Estos son:

1. Organización de la empresa
2. Documentación y análisis de equipos
3. Planeación y programación de mantenimiento
4. Trabajo por parte del operario
5. Gestión de repuestos
6. Registro de mantenimiento

Algunas preguntas son de selección múltiple, mientras que en otras deberá escribir según sea el caso. De antemano se le agradece por su participación y por la veracidad de la información.

• ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA:

1. ¿Dentro de su empresa cuenta con un departamento o área de mantenimiento establecido en su organigrama? ¿cuántas personas están en el departamento?
 - Si
 - No
 - Número de personas: _____
2. Si la respuesta anterior es negativa, califique de 1 a 5 el grado de importancia que consideraría el tener un departamento de mantenimiento.
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
3. ¿Quién es o quien sería el encargado de liderar esta área de mantenimiento?

- Un ingeniero
 - El gerente de la empresa
 - Algún operario
 - Una empresa externa (outsourcing)
 - Otro:_____
4. Cuando se presenta una avería o falla en algún equipo, ¿existen procesos y procedimientos que indiquen qué hacer?
- Sí, existen formatos en donde se tiene un programa de qué hacer y cuáles son los recursos necesarios.
 - No, se resuelve según lo que diga el encargado de mantenimiento.
5. ¿Cuál o cuales de los siguientes tipos de mantenimiento aplica su empresa?
¿Cuál es el que más usan?
- Mantenimiento correctivo
 - Mantenimiento preventivo
 - Mantenimiento predictivo
 - Mantenimiento Productivo Total
 - Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad
 - Ninguno de los anteriores
6. ¿Alguna vez ha realizado auditorías de mantenimiento?
- Nunca
 - Cada mes
 - Cada 6 meses
 - Cada año
7. Califique de 1 a 5 el grado de importancia que considera tener una gestión de mantenimiento en su empresa.
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
8. ¿Tiene dentro de su organización alguna base de datos o plataforma que le permita guardar información acerca del mantenimiento de sus equipos, como la planificación de las actividades o el seguimiento de las fallas registradas?
- Si

- No

Si su respuesta es negativa, ¿le gustaría tener alguna? ¿Le parece necesario que su empresa cuente con una? ¿Por qué?

• **DOCUMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE EQUIPOS:**

9. ¿Conoce el número de equipos con los que cuenta su compañía actualmente? Por favor especifique el número

- Si
- No
- Número de equipos: _____
- ¿Cuáles? _____

10. Califique de 1 a 5 el grado de conocimiento que tiene sobre cada uno de sus equipos, como su proveedor, su ciclo de vida, sus componentes, su costo, nivel de riesgo, actividades de mantenimiento.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

11. Califique de 1 a 5 el grado de conocimiento que tienen las personas que manejan los equipos, el responsable de la producción o incluso el gerente de la compañía sobre las condiciones bajo las cuales operan los equipos como la presión adecuada, los niveles de vibración y temperatura permitidos.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

12. Califique de 0 a 5 el grado de conocimiento que tiene sobre una hoja de ruta
¿Cuenta con una para cada equipo que tiene en su planta?

- 0
- 1

- 2
- 3
- 4
- 5

13. Cuando adquiere un equipo, pide de su proveedor:

- El manual de operación
- El manual de mantenimiento
- El manual de componentes
- Ninguno de los anteriores

14. ¿Alguna vez ha realizado el análisis de criticidad de sus equipos para determinar qué posición toma cada uno dentro de sus operaciones?

- No sé que es el análisis de criticidad
- Sí sé que es pero nunca lo he hecho
- Si lo he hecho pero hace mucho que no lo actualizo
- Lo hago cada vez que adquiere un nuevo equipo

15. ¿Qué aspectos ha tenido en cuenta para realizar este análisis teniendo en cuenta el efecto que cada equipo tiene dentro de los siguientes ítems?

- Costos asociados (mantenimiento, operación)
- Producción
- Medio ambiente
- Seguridad industrial

16. ¿Su empresa paga seguros por alguno de sus equipos en contra de accidentes, robos o averías significativas? Explique el por qué, si lo hace

- Si
- No
- ¿Por qué?: _____

• **PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO:**

17. Califique de 0 a 5 el grado de planeación de mantenimiento en su empresa.

- 0
- 1
- 2
- 3

- 4
- 5

18. ¿Se hace la planeación de los recursos necesarios de las actividades de mantenimiento?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

19. ¿Cada cuanto se hace la planeación de mantenimiento?

- Semanal
- Quincenal
- Mensual
- Semestral
- Anual
- Otro: _____

20. ¿Tienen en cuenta las fallas registradas?

- Si
- No

21. ¿Tiene en cuenta las condiciones de operación?

- Si
- No

22. ¿En la planeación de mantenimiento tienen en cuenta el plan de producción?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

23. ¿Al tener la planeación de las actividades de mantenimiento se comunica al personal de producción para que sepan estas actividades?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

24. ¿Cuáles de estas actividades realizan?

- Lubricación

- Inspección
- Overhaul
- Calibración
- Otros:_____

25. ¿La empresa realiza el mantenimiento de sus equipos o hacen subcontratación?

- La empresa realiza el mantenimiento
- Subcontratación.
- Otro:_____

26. ¿Se conoce el tiempo estimado del arreglo de las fallas?

- Si
- No

27. ¿Quién es o quién debería ser el encargado de la planeación de mantenimiento?

28. ¿Quién debería ser el encargado de la herramienta de mantenimiento que les estamos proponiendo?

• **TRABAJO POR PARTE DEL OPERARIO/EQUIPO:**

29. Califique de 1 a 5 el grado de dedicación de sus compañeros en las tareas de mantenimiento.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

30. Califique de 1 a 5 el grado de inspección de una persona interna o externa cuando realiza el mantenimiento.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

31. Califique de 1 a 5 el grado de acceso a la información técnica sobre las máquinas que tienen sus compañeros o trabajadores.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

32. Si se maneja algún tipo de indicador que indique las incidencias de las averías en la producción o en los gastos operativos de la empresa, ¿conocen los empleados sobre ellos para que se tomen medidas correctivas?

- Si
- No

• **GESTIÓN DE REPUESTOS**

33. La empresa cuenta con una bodega para las herramientas y repuestos de mantenimiento

- Si
- No

34. ¿La empresa cuenta con una clasificación de los repuestos?

- Si
- No

35. Si la respuesta a la pregunta anterior es sí, nombre cuales son las clasificaciones que tienen los repuestos, de lo contrario explique las razones por las cuales no hace dicha clasificación.

36. ¿cuál es la política de inventario de repuestos que maneja su empresa?

37. ¿El encargado de mantenimiento cuenta con una lista de los proveedores de repuestos?

- Si
- No

38. El tiempo de entrega desde que se hace la orden de pedido hasta que llega el repuesto por parte del proveedor es:

- 1 día – 3 días
- 4 días – 1 semana
- 1 semana – 4 semanas
- 4 semanas – 7 semanas
- 7 semanas en adelante.

39. Bajo que criterios de selección se determinana los proveedores de repuestos (por ejemplo: calidad, costo, distancia, garantías, entre otros).

• **REGISTRO DE MANTENIMIENTO**

40. ¿Cada vez que se planea o ejecuta una actividad de mantenimiento, se documenta en órdenes de trabajo?

- Si
- No
- ¿Por qué? _____

41. Si respondió sí a la pregunta anterior, identifica en estas órdenes de trabajo quién va a realizar el trabajo y cómo quedó la máquina después del trabajo elaborado en ella?

- Si
- No

42. Cuando los trabajos de mantenimiento son subcontratados, realiza usted algún control o inspección posterior del trabajo realizado?

- Si
- No
- Por qué sí o por qué no? _____

43. Califique de 1 a 5 el grado de seguimiento o control para evaluar los efectos que pueden tener sobre los trabajos o sobre los empleados antes de ser reparada

- 1
- 2

- 3
- 4
- 5

44. Califique de 1 a 5 el grado de importancia de las fallas o averías de sus equipos productivos.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

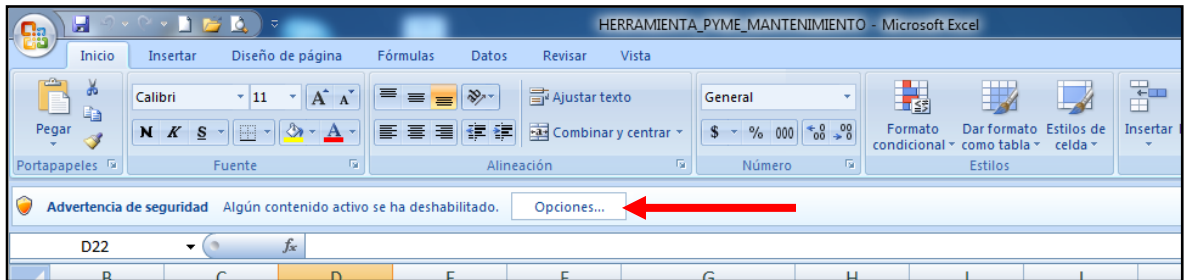
45. ¿Bajo qué lineamientos hace la clasificación de averías?

- Seguridad industrial
- Calidad de la pieza
- Importancia de la máquina en el proceso productivo
- Falta de recursos
- Otro: _____

ANEXO E. Manual de funcionamiento de la herramienta.

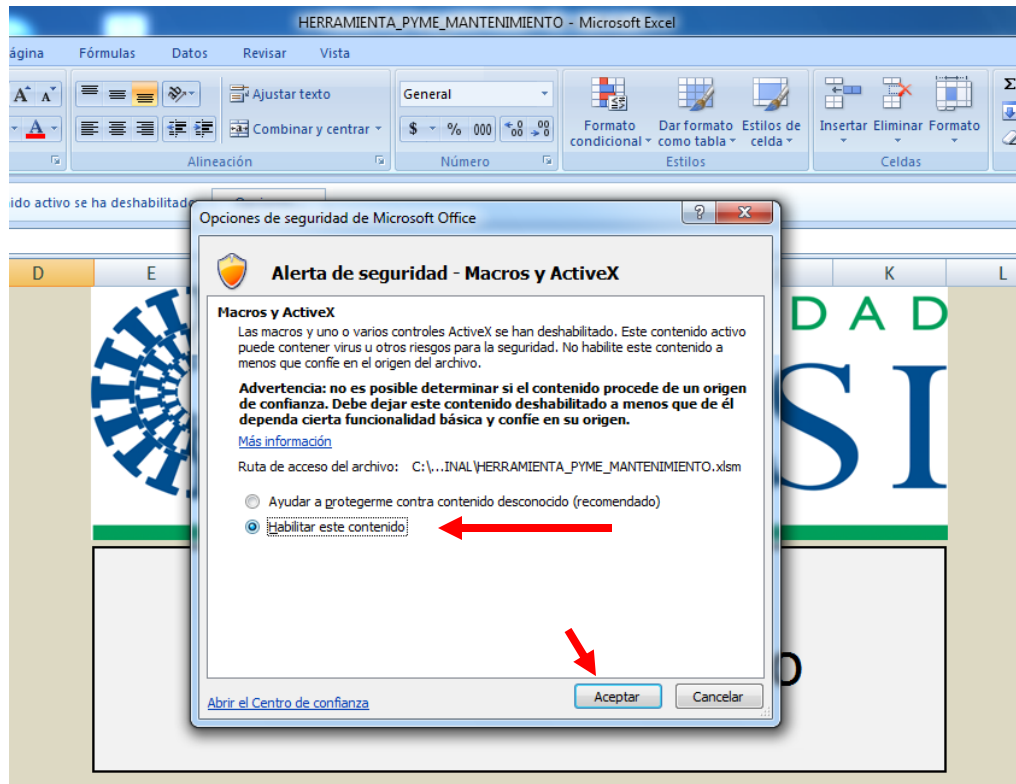
Lo primero que se debe hacer es abrir la herramienta que se encuentra en un archivo en Excel y habilitar el uso de macros en el extremo superior izquierdo debajo de la barra de herramientas. (Opciones + Habilitar este contenido + Aceptar)

Figura 25. Imagen del botón Planeación de mantenimiento



FUENTE. Los autores

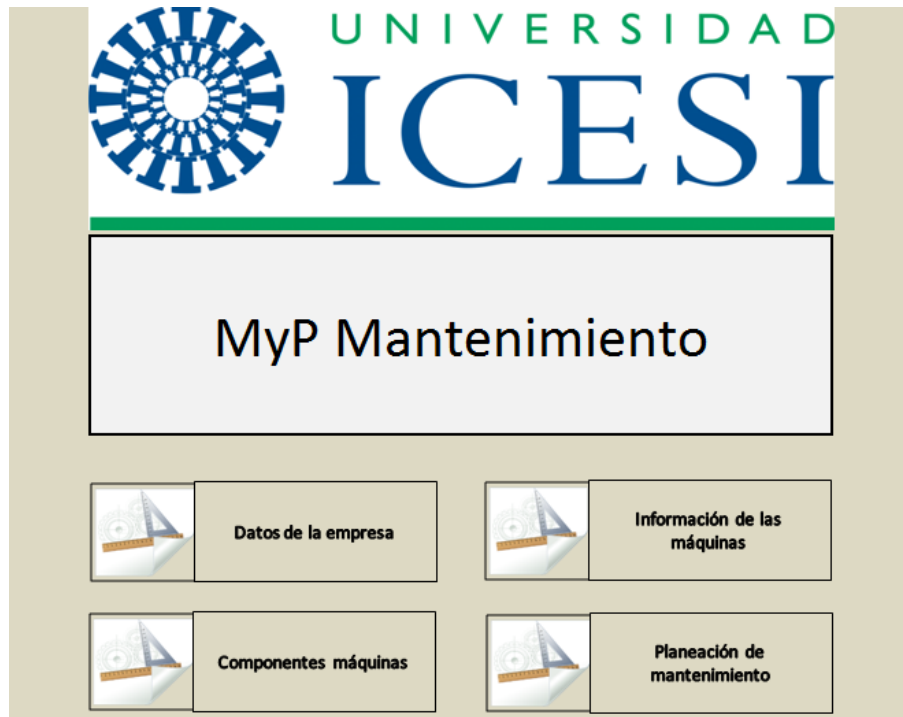
Figura 26. Imagen del botón Planeación de mantenimiento



FUENTE. Los autores

Una vez se ha hecho esto, el usuario puede ver la pantalla de inicio de la herramienta que contiene cuatro botones que le indican a la persona qué tipo de información quiere ingresar a la herramienta de acuerdo al mantenimiento. A continuación se explica cómo acceder a ella.

Figura 27. Imagen del botón Planeación de mantenimiento



FUENTE. Los autores

El primer botón que se debe presionar es el de *Datos de la empresa*, inmediatamente se abre una nueva hoja de Excel en la que se pueden ver 2 botones de la siguiente manera. El que se debe presionar para ingresar la información es el que dice Datos de la empresa.

Figura 28. Imagen del botón Planeación de mantenimiento



FUENTE. Los autores

A continuación se abre una ventana con un formulario en el que se debe diligenciar la siguiente información:

- ✓ Nombre de la empresa
- ✓ Nombre del gerente: usualmente es quien tiene acceso a la herramienta una vez esta es adquirida.
- ✓ Nombre del jefe de producción: usualmente es quien utilizará la herramienta y la mantendrá actualizada y corriendo.
- ✓ Número de máquinas: es un dato total de cuántas máquinas tiene la empresa en la actualidad, más adelante se podrá ingresar la información de cada una.

Figura 29. Imagen del botón Planeación de mantenimiento

Datos de la empresa

Nombre de la empresa
Impromec S.A

Nombre del gerente
Duvan Correa

Nombre del jefe de producción
Hernando Trejos

Número de máquinas
13

Ingresar máquinas

¿Desea conocer el diagnóstico de mantenimiento de su empresa? (S/N)

Si No

FUENTE. Los autores

Una vez se diligenciada esta información, el usuario deberá presionar el botón de la misma ventana Ingresar máquinas y verá que se despliega un nuevo formulario para que indique el nombre de cada una de las máquinas que anteriormente mencionó tener.

Figura 30. Imagen del botón Planeación de mantenimiento

Máquinas de la empresa

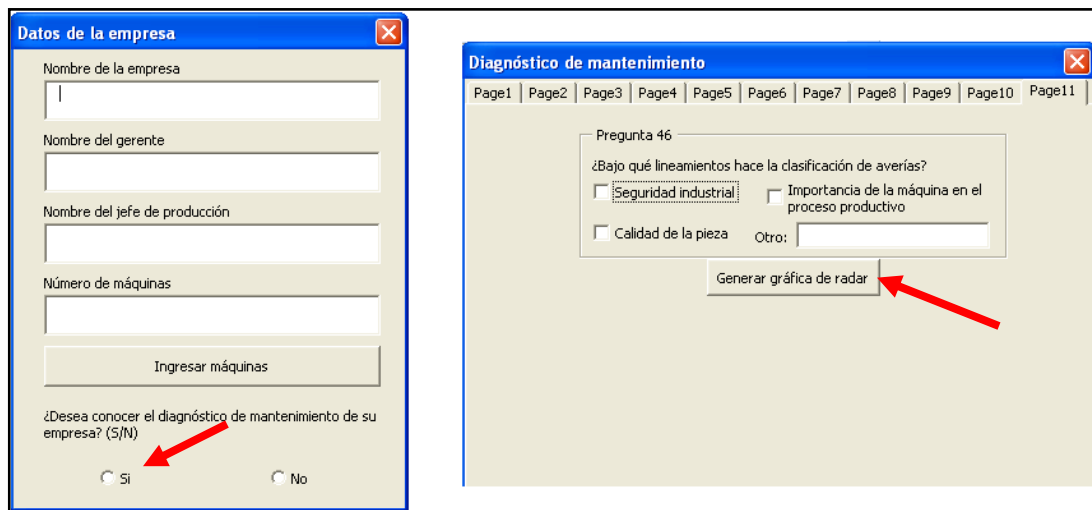
Page1 | Page2

Máquina 1 Torno	Máquina 11
Máquina 2 Fresadora	Máquina 12
Máquina 3 Equipo de soldadura	Máquina 13
Máquina 4 Esmeril	Máquina 14
Máquina 5	Máquina 15
Máquina 6	Máquina 16
Máquina 7	Máquina 17
Máquina 8	Máquina 18
Máquina 9	Máquina 19
Máquina 10	Máquina 20

FUENTE. Los autores

Cuando termine de colocar los nombres de las máquinas puede cerrar la ventana de la x que se encuentra en el extremo superior derecho de la ventana y le aparecerá de nuevo la ventana inicial. En ella puede tomar la decisión de cerrarla o de realizar una encuesta sobre sus actividades de mantenimiento con el fin de observar en una gráfica de radar cuál es su estado en cuanto al mantenimiento de sus equipos que se evidencia a través de 6 aspectos relevantes. Las preguntas se deben ir contestando en la ventana y cuando se llegue al final de la pregunta 46 se da click en el botón Generar gráfica de radar y ésta automáticamente se abrirá en una nueva hoja de Excel llamada Diagnóstico de Mantenimiento. Si se desea volver a diligenciar la información de la encuesta con el fin de volver a generar otra gráfica de radar es importante que primero se elimine la que existe actualmente, pues de lo contrario la herramienta presentará un error pues no reconoce otra ubicación para la gráfica. Lo que se puede hacer para comparar es copiar y pegar la gráfica en otro archivo o en otra hoja de Excel y compararlos.

Figura 31. Imagen de las ventanas para generar el diagnóstico de mantenimiento



FUENTE. Los autores

Después de ver la gráfica de radar, el usuario puede presionar el botón *Presentación* y volver a la pantalla de inicio. Aquí deberá hacer click en el botón *Información de las máquinas* y observará un cuadro que funciona como base de datos en el que deberá consignar toda la información importante sobre sus máquinas. La herramienta automáticamente rellena las columnas de número de máquina y el nombre de la misma pues esta información ya se suministró anteriormente.

Figura 32. Ejemplo del cuadro de base de datos de la información de las máquinas

Máquina N°	Nombre del máquina	Marca	Tipo de máquina	Fecha de compra	Tiempo de producción (Horas mensual)	Nombre del proveedor	Dirección del proveedor	Teléfono del proveedor
1	torno	TOS SN 40C		13/11/1980	120	Gemini	Cra 27 No. 12B - 56	(+571) 277 8688
2	fresadora	Fresadora CNC Milltronics RH12		25/08/1998	80	Diamond Cut	Calle 100 No.14-63	57-1-218 3719
3	equipo de soldadura	Equipo MIG 350 amperios		09/02/2005	40	Unimáquinas LtDA.	calle 15 # 33-42	(1) 2773040

FUENTE. Los autores

Cuando esta información se haya colocado para cada máquina se debe hacer click en el botón Presentación y se vuelve la pantalla inicial. Aquí se continúa presionando el botón *Componentes de máquinas* que llevará al usuario automáticamente a otra hoja de Excel en la que encontrará 2 botones y deberá hacer click nuevamente es que se llama Componentes de las máquinas. Inmediatamente se abrirá un formulario que tiene espacio hasta para 50 componentes por máquina. En este formulario se deberá colocar además del nombre de cada componente la variable que se utilizará para medir en qué momento aparecerá una alarma en el sistema para efectuar el mantenimiento a dicho componente. Estas variables escogidas fueron horas operativas, temperatura y vibración. El valor que se debe colocar aquí corresponde al que el jefe de producción o gerente de la compañía determinen como máximo para realizar el mantenimiento preventivo y predictivo; este valor se puede determinar con base en la experiencia de funcionamiento de la máquina o con ayuda de los proveedores de las máquinas que normalmente cuando entregan una máquina hacen recomendaciones acerca de su funcionamiento y mantenimiento. A continuación se muestra un ejemplo de cómo se diligenciaría este formulario.

Figura 33. Ejemplo del formulario de componentes de cada máquina

The screenshot shows a window titled "Componentes de la máquina 1" with a tabbed interface (Page 1 to Page 10). The form contains the following data:

Componente	Mantenimiento	Medición de mantenimiento
Motor	150	HORAS OPERATIVAS
Carcaza	80	TEMPERATURA
Máquina	300	VIBRACIÓN

At the bottom of the window is a button labeled "Siguiente máquina".

FUENTE. Los autores

Una vez se coloquen todos los componentes de la máquina se deberá hacer click en el botón inferior de la misma ventana que dice Siguiente máquina y hacer lo mismo pero con

la máquina 2. En la hoja de Excel irá apareciendo un cuadro con el nombre de la máquina y la información que se va colocando de cada componente. Cuando se terminen de colocar los componentes para la cantidad de máquinas enunciada en el primer botón de Datos de la empresa, la ventana se cerrará automáticamente al hacer click en Siguiente máquina y es en este momento que se puede revisar toda la información para volver a la pantalla inicial haciendo click en botón que dice Presentación.

Figura 34. Ejemplo del cuadro de componentes de cada máquina

Torno			Fresadora		
Componente	Mantenimiento	Tipo medición	Componente	Mantenimiento	Tipo medición
Motor	150	HORAS OPERATIVAS	Caja de transmisión	250	HORAS OPERATIVAS
Carcaza	80	TEMPERATURA	Correas	95	TEMPERATURA
Máquina	300	VIBRACIÓN			

FUENTE. Los autores

Una vez en la pantalla principal se debe hacer click en el último botón que se llama *Planeación de mantenimiento*.

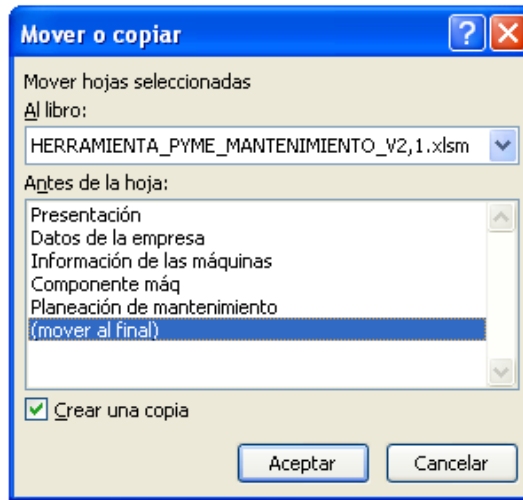
Nota: La hoja solo genera los 12 meses del año. Si el usuario desea generar un nuevo año tiene que copiar la hoja en el mismo libro y realiza los siguientes pasos para realizar el mantenimiento. Para realizar este paso se debe hacer click derecho sobre la pestaña "Planeación de mantenimiento" y seleccionar Mover o copiar, después seleccionar crear una copia y mover al final aceptar.

Figura 35. Ventana inicial del botón Planeación de Mantenimiento



FUENTE. Los autores

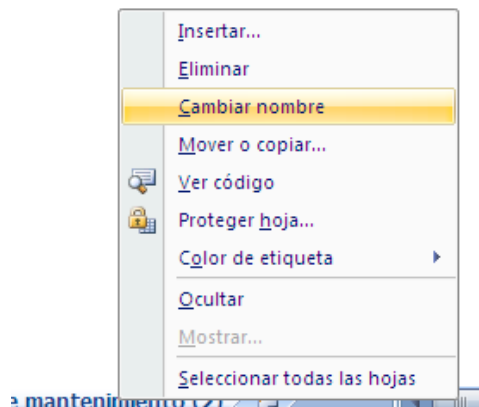
Figura 36. Ventana inicial del botón Planeación de Mantenimiento



FUENTE. Los autores

Si la persona desea cambiar el nombre de la pestaña de planeación de mantenimiento al año en que se desarrollo lo puede hacer de dos maneras. Dar doble click en la pestaña donde va a cambiar el nombre o hacer el siguiente procedimiento, dar click derecho en la pestaña, seleccionar Cambiar nombre y cambiarle el nombre, por ejemplo, Planeación de mantenimiento 2011.

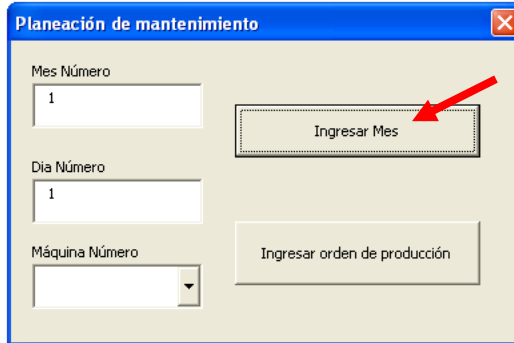
Figura 37. Ventana inicial del botón Planeación de Mantenimiento



FUENTE. Los autores

En esta nueva hoja de Excel a la que la persona es direccionada lo primero que se debe hacer es dar click en el botón Planeación de mantenimiento y en la ventana que le aparecer dar click en Ingresar Mes de la siguiente manera:

Figura 38. Ventana inicial del botón Planeación de Mantenimiento



FUENTE. Los autores

Automáticamente en la hoja de Excel se puede ver como se crea un cuadro con el mes digitado (Este mes contiene los días establecidos en un calendario por ejemplo, Enero 31, febrero 28 o 29) y aparece el nombre de cada máquina y el de las variables que se deben controlar para realizar el mantenimiento de los equipos.

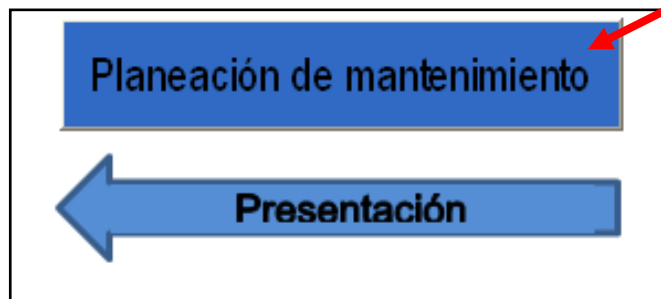
Figura 39. Ejemplo del cuadro de componentes de cada máquina

		ENERO																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Torno	Horas Operativas																															
	Temperatura																															
	Vibración																															
Fresa	Horas Operativas																															
	Temperatura																															
	Vibración																															

FUENTE. Los autores

Una vez aparece este cuadro, el encargado de la herramienta deberá ingresar por cada día cuánto tiempo estuvo en funcionamiento dicha máquina y qué valores se registraron en las mediciones de temperatura y vibraciones. Para cada día se debe colocar la información manual en las celdas que correspondan pero para que la información pueda ser comparada con los valores límites establecidos, la persona deberá colocar el cursor en una celda contigua y hacer click de nuevo en el botón Planeación de mantenimiento y seleccionar el mes en el que se encuentra, el día que desea agregar, la máquina acerca de la cual está ingresando la información y finalizar haciendo click en el botón Ingresar orden de producción. A continuación se muestra cómo.

Figura 40. Primer paso para ingresar los datos del día



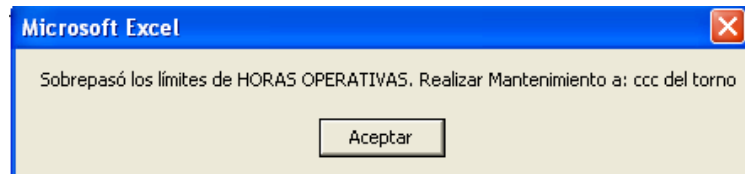
FUENTE. Los autores

Figura 41. Segundo paso para ingresar los datos del día

FUENTE. Los autores

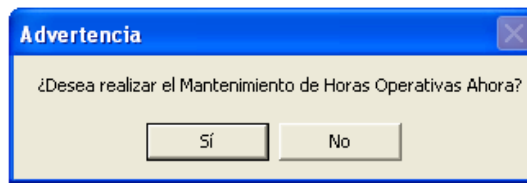
Cuando se presione el botón de Ingresar orden de producción la ventana se cerrará inmediatamente si los valores ingresados no sobrepasaron los límites establecidos con anterioridad, de lo contrario (si los valores son mayores a los establecidos) la herramienta mostrará una ventana de alarma como la siguiente indicando a qué componente y de qué máquina hay hacerle mantenimiento: aquí se debe hacer click en aceptar. Después aparecerá otra ventana preguntando si se desea hacer el mantenimiento ahora para lo cual puede responder Si (es lo más indicado y así el mantenimiento no se haga inmediatamente el encargado de la herramienta ya sabe que hay que realizarlo y lo puede programar para el mismo día o para esa misma semana, pues la idea es evitar un daño repentino) o No (la herramienta le dejará continuar pero al día siguiente cuando quiera ingresar la información de ese día el mensaje con la alarma volverá a salir de manera que no se pase por alto este mantenimiento).

Figura 42. Ventana de alarma para realizar un mantenimiento



FUENTE. Los autores

Figura 43. Ventana de confirmación del mantenimiento



FUENTE. Los autores

Aquí hay que hacer una aclaración, pues al final de las celdas de Horas Operativas se puede ver que existe un contador que acumula las horas que se han registrado hasta el momento. Este contador se colocará en cero cuando la alarma de hacer el mantenimiento aparezca y se de click en Sí en la ventana anterior. Para las otras variables no se hace esto pues no son acumulativas sino mediciones diarias. Cuando se vaya a iniciar un nuevo mes se debe sumar manualmente el acumulado y la medición del día uno para colocarla en ese mismo día uno. Este proceso de ingresar los datos diarios se hace igual para cada máquina y se pueden generar varios meses dependiendo del total de celdas disponibles en Excel.

Recomendaciones:

1. La información que se digite en la herramienta debe ser guardada antes de salir de ella por Inicio + Guardar
2. Si en algún momento se quiere corregir algún dato solo hay que ingresar al botón correspondiente y reescribir sobre él. De igual manera si se desea incluir una nueva máquina se debe regresar al botón datos de la empresa y reescribir el número de máquinas y crear la nueva con el botón Ingresar máquinas.
3. Es importante darle seguimiento a la herramienta y registrar los datos de operación de todas las máquinas pues de esto depende que los mantenimientos se realicen en un momento oportuno, es decir, antes de que ocurra la falla.
4. Cuando la empresa tenga una gran cantidad de datos en la herramienta (máquinas y componentes), es posible que se presenten demoras en la generación de los reportes, aunque también depende en gran medida de los procesadores.