



Institución Universitaria

LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y SU RELACIÓN CON LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PYMES DE MEDELLÍN

María Isabel Ardila Marín

Instituto Tecnológico Metropolitano

Facultad de Ingeniería

Medellín, Colombia

2018

LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y SU RELACIÓN CON LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PYMES DE MEDELLÍN

María Isabel Ardila Marín

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Gestión Energética Industrial

Director:

Juan Carlos Orrego Barrera, MsC

Asesor:

Carlos Alberto Acevedo Álvarez, Ph.D

Línea de Investigación:

Energía Térmica

Grupo de Investigación:

Materiales Avanzados y Energía - *MATyER*

Instituto Tecnológico Metropolitano

Facultad de Ingenierías

Medellín, Colombia

2018

A mi hermano JUAN

y

A mi amiga VILMA

Agradecimientos

Ph.D. Carlos Alberto Acevedo Álvarez y Mg. Juan Carlos Orrego Barrera, asesor y director de este trabajo de investigación.

Carlos Andrés Arango M. Director Administrativo Empresa Sector Metalmecánico.

Enrique Quiceno (Director de Ingeniería y proyectos) y Victor Ospina (Supervisor de Mantenimiento) de la empresa sector materiales no ferrosos.

Franley Franco, Jefe de Mantenimiento, de la empresa sector medicamentos naturales.

Brandon Cardona, técnico mecánico, de la empresa sector cadenas.

John Jairo Rendón, director operaciones de la empresa sector del plástico.

Resumen

En Colombia, El Ministerio de Minas y Energía ha desarrollado estudios que determinan las mejores acciones a promover en los diferentes sectores de consumo energético que contribuyan con el uso racional de la energía (URE). Para el sector industrial es ineludible el pago mensual de los recursos energéticos y es allí donde deben realizarse acciones que generen un consumo estrictamente necesario y no una cantidad diferente debido a su mala utilización. Las acciones de mantenimiento, correctivo y preventivo, pueden enfocarse desde el punto de vista energético, si se establece la medición de variables para ser controladas, y así verificar cómo influyen estas en la eficiencia energética. Este documento presenta un estudio que trata de determinar la relación existente entre el consumo de energía, las unidades producidas y las acciones de mantenimiento de los activos que intervienen en el respectivo proceso productivo, identificando como dichas acciones influyen con la eficiencia energética y por ende en la productividad y competitividad de las pymes en Medellín. De cinco empresas para el estudio se obtuvieron datos de unidades producidas, recursos energéticos consumidos y acciones de mantenimiento para un periodo de 12 meses y se determinó como la gestión del mantenimiento contribuye con la eficiencia energética en la medida que se logre una disminución en las acciones correctivas durante los periodos de producción.

Palabras clave: URE, Mantenimiento correctivo, Mantenimiento preventivo, Eficiencia energética, Productividad, Competitividad.

Abstract

The Mines and Energy Ministry in Colombia has developed studies that determine the best actions to promote among the different energetic consumption sectors who contribute with the Rational Use of Energy (RUE). For the industrial sector, the energetic resources monthly payment is unavoidable and there it is where there have to be made actions that contribute with the strictly necessary consumption for the compliance of that productive activity and don't for a different amount because of the wrong use of these. Those maintenance actions, corrective and preventive, can be focused on the energetic point of view, establishing variables that can be measured and controlled to corroborate how they influence on energetic efficiency. This document presents a study which tries to determine the relationship between the energy consumption, the produced units and the maintenance actions of the assets that are involved in a productive process, identifying how assets maintenance strategies would influence in Medellin Pymes' competitiveness, contributing with the increase of energetic efficiency and hence with its profitability. From five enterprises for the study there were obtained data about produced units, energetic resources consumed and the maintenance actions for a period of 12 months, and there was determined how the maintenance management contributes with the energetic efficiency as long as the decrease in corrective actions is achieved during the production periods.

Keywords: URE, Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Energetic Efficiency, Productivity, Competitiveness.

LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABLAS	15
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO 1: CONTEXTO DE LA TESIS	20
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	20
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.2.1 CONSUMO ENERGÉTICO EN COLOMBIA	21
1.2.2 USO RACIONAL DE LA ENERGÍA (URE)	24
1.2.3 RELACIÓN URE – MANTENIMIENTO	29
1.3 SÍNTESIS DEL PROBLEMA	34
1.4 HIPÓTESIS	34
1.5 OBJETIVOS	34
CAPÍTULO 2: MÓDELOS DE DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO Y AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	36
2.1. DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO	37
2.1.1. AUDITORÍA DE CALIDAD DE MANTENIMIENTO (GARCÍA GARRIDO, 2001)	37
2.1.2. CUESTIONARIO DE APROXIMACIÓN PARA DIAGNÓSTICOS DE MANTENIMIENTO (PISTARELLI, 2010)	39
2.1.3. <i>FLASH AUDIT</i>	42
2.2. AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	43
2.2.1. MODELOS INTERNACIONALES DE SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA	45
CAPÍTULO 3: DESARROLLO METODOLÓGICO	48
3.1. DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO	48
3.1.1. EMPRESA SECTOR METALMECÁNICO	48
3.1.2. EMPRESA SECTOR CADENAS	50
3.1.3. EMPRESA SECTOR MATERIALES NO FERROSOS	51
3.1.4. EMPRESA SECTOR MEDICAMENTOS NATURALES	53
3.2. CONSUMO ENERGÉTICO, UNIDADES PRODUCIDAS Y ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	54
3.2.1. EMPRESA SECTOR METALMECÁNICO	55
3.2.2. EMPRESA SECTOR CADENAS	59
3.2.3. EMPRESA SECTOR MATERIALES NO FERROSOS	61
3.2.4. EMPRESA SECTOR MEDICAMENTOS NATURALES	65
3.2.5. EMPRESA SECTOR DEL PLÁSTICO	67

3.3. RELACIÓN GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	70
3.3.1. EMPRESA SECTOR METALMECÁNICO	71
3.3.2. EMPRESA SECTOR CADENAS	72
3.3.3. EMPRESA SECTOR MATERIALES NO FERROSOS	73
3.3.4. EMPRESA SECTOR MEDICAMENTOS NATURALES	73
3.3.5. EMPRESA SECTOR PLÁSTICO	74
3.3.6. RESULTADOS CASO ESTUDIO EMPRESA UMO S.A. (AÑO 2011)	75
3.4. EVALUACIÓN DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
4.1. RESUMEN RESULTADOS OBTENIDOS	79
4.2. CONCLUSIONES	80
4.3. RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	82

Lista de figuras

Figura 1. Comportamiento de la demanda de energía anual en Colombia.	21
Figura 2. Crecimiento económico, Demanda de Energía y Crecimiento Industrial 2004 - 2014.	23
Figura 3. Distribución Consumo de Energía Eléctrica 2004 - 2014.	23
Figura 4. Estructura empresarial en Antioquia según grandes ramas de actividad económica.	25
Figura 5. Demanda final de energía en Colombia.	26
Figura 6. Escenarios de proyección de potencia máxima eléctrica.	27
Figura 7. Relación de la empresa con la Gestión de Activos.	30
Figura 8. Tipos de Mantenimiento en la Industria Colombiana.	30
Figura 9. Sistema Integral de Mantenimiento y Operación.	32
Figura 10. Consumo específico de combustible por unidad de producto en función de la producción.	44
Figura 11. Diagrama Sankey Para una fábrica pequeña.	45
Figura 12. Diagnóstico de la Gestión del Mantenimiento en empresa sector metalmecánico. Junio de 2016	49
Figura 13. Diagnóstico de la Gestión del Mantenimiento en empresa sector cadenas. Junio de 2016	51
Figura 14. Diagnóstico de la Gestión del Mantenimiento en empresa sector materiales no ferrosos. junio de 2016	52
Figura 15. Diagnóstico de la Gestión del Mantenimiento en empresa sector medicamentos naturales. Junio de 2016	54
Figura 16. Relación producción y consumo de energía durante el año 2016 para la empresa sector metalmecánico	56
Figura 17. Producción y consumo energético para el año 2016 en la empresa sector metalmecánico	57
Figura 18. Producción, consumo energético y órdenes de mantenimiento correctivo atendidas para el año 2016 en la empresa sector metalmecánico	59
Figura 19. Relación producción y consumo de energía durante el año 2016 - Empresa sector cadenas	60
Figura 20. Producción, consumo energético y órdenes de mantenimiento correctivo atendidas para el año 2016 - Empresa sector cadenas	61
Figura 21. Relación producción y consumo de energía durante el año 2015 - Empresa sector materiales no ferrosos	63
Figura 22. Relación consumo de energía, kilos producidos y OT de mantenimiento durante el año 2016 - Empresa sector materiales no ferrosos	63
Figura 23. Relación producción y consumo de energía durante el primer semestre del año 2016 - Empresa sector medicamentos naturales	66
Figura 24. Producción y consumo energético durante el primer semestre del año 2015 - Empresa sector medicamentos naturales	66

- Figura 25.** Relación acciones de mantenimiento con el consumo de energía, durante el primer semestre del año 2016 - Empresa sector medicamentos naturales 67
- Figura 26.** Relación producción y consumo de energía durante tres trimestres del año 2016 - Empresa sector plástico. 68
- Figura 27.** Relación producción y consumo de gas durante tres trimestres del año 2016 - Empresa sector plástico. 69
- Figura 28.** Relación acciones de mantenimiento con el consumo de energía durante tres trimestres del año 2016 - Empresa sector plástico. 70
- Figura 29.** Diagnóstico de la gestión del mantenimiento UMO S.A. Junio de 2010. 76

Lista de tablas

Tabla 1. Demanda de energía tipos de mercados y actividades económicas. Fuente: XM, 2015	22
Tabla 2. Potenciales y metas de ahorro en energía eléctrica estimados por la UPME para el 2017- 2022. Fuente: PAI- PROURE, 2017	27
Tabla 3. Costo operativo según tipo de mantenimiento (Fuente: Piotrowski, 2007 y Sullivan, 2004).....	29
Tabla 4. Calificación Auditoría de Calidad de Mantenimiento (García Garrido, 2003)	39
Tabla 5. Cuestionario de aproximación para Diagnósticos de Mantenimiento.....	40
(Pistarelli, 2010)	40
Tabla 6. Resultados Aplicación encuesta Flash Audit – Empresa Sector Metalmecánico	49
Tabla 7. Resultados Aplicación encuesta Flash Audit – Empresa Sector Cadenas.....	50
Tabla 8. Resultados Aplicación encuesta Flash Audit – Empresa Sector materiales no ferrosos	52
Tabla 9. Resultados Aplicación encuesta Flash Audit – Empresa Sector Medicamentos Naturales.....	53
Tabla10. Consumo energético y kilos producidos empresa metalmecánico.....	55
Tabla11. Comportamiento Órdenes de Servicio de Mantenimiento - Empresa sector metalmecánico	57
Tabla 12. Órdenes de mantenimiento atendidas en cada área de la Empresa sector metalmecánico durante al año 2016.....	58
Tabla 13. Ordenes de servicios atendidos por mantenimiento por área de Empresa sector metalmecánico	58
Tabla 14. Consumo energético y unidades producidas empresa sector cadenas	59
Tabla 15. Consumo energético y unidades producidas empresa sector materiales no ferrosos	62
Tabla 16. Ordenes de mantenimiento atendido por unidades de producción durante el año 2016	64
Tabla 17. Ordenes de mantenimiento atendidas cada mes del año 2016en cada unidad productiva de empresa sector materiales no ferrosos	64
Tabla 18. Consumo energético y unidades producidas empresa sector medicamentos naturales	65
Tabla 19. Consumo energético y unidades producidas empresa sector plástico.....	68
Tabla 20. Eficiencia energética y ordenes de mantenimiento para el año 2016– Empresa sector metalmecánico.....	71
Tabla 21. Eficiencia energética y órdenes de mantenimiento para el año 2016 en empresa sector cadenas.....	72

Tabla 22. Eficiencia energética y órdenes de mantenimiento para el año 2016 en empresa sector materiales no ferrosos	73
Tabla 23. Eficiencia energética y órdenes de mantenimiento para el año 2016 en empresa farmacéutica.....	74
Tabla 24. Eficiencia energética y órdenes de mantenimiento para el año 2016 en empresa sector plástico	74
Tabla 25. Ahorros alcanzables en consumo energético basado en las estrategias de mantenimiento.....	75
Tabla 26. Eficiencia energética e Intensidad energética para el año 2016– Empresa sector materiales no ferrosos	77
Tabla 27. Eficiencia energética e Intensidad energética para el año 2016– Empresa sector plástico	78
Tabla 28. Resultados finales para cada empresa.....	79

INTRODUCCIÓN

En Colombia, por contar con gran diversidad de recursos energéticos que garantizan la posibilidad de suplir su demanda interna, no se han generado proyectos representativos en uso racional y eficiente de la energía (Prias Caicedo, 2010). La energía eléctrica se constituye en el recurso más costoso de la canasta energética del país, seguido por la gasolina y el kerosene, siendo el más económico el carbón mineral seguido por el fuel oil. Por lo mencionado anteriormente es de vital importancia impulsar programas y estrategias que conduzcan al uso racional de la energía, cumpliendo a la vez con el marco normativo que establece la ley 697/2001 donde se declara el uso racional de la energía, URE, como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional para asegurar: el abastecimiento energético pleno y oportuno y la competitividad de la economía colombiana de manera sostenible con el medio ambiente (Prias Caicedo, 2010).

Para el sector industrial es ineludible el pago mensual de los energéticos y es allí donde deben realizarse acciones que contribuyan con el consumo estrictamente necesario para el cumplimiento de dicha actividad productiva y no una cantidad diferente debido a la mala utilización de estos (Orrego Barrera, 2011). Es en el sector industrial donde la demanda de energía eléctrica es muy intensiva, y es ahí donde el programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales – PROURE, define como indicador para evaluar el comportamiento de la economía del país en relación con el consumo de energía “la intensidad energética”, el cual relaciona la eficiencia energética y la productividad; como consecuencia refleja entonces el uso racional y eficiente de la misma en función de la producción (Prias Caicedo, 2010).

Al utilizar los recursos energéticos de modo más eficiente significa un menor costo de energía como factor productivo y en consecuencia una mejora de competitividad de las empresas (Rozas Balbotin, 2002). Para los países desarrollados hacer uso más eficiente de la energía a través de la implementación de artefactos de última tecnología es una estrategia que se aplica con facilidad, pero en Colombia dicha estrategia es difícil de implementar debido entre algunos factores como: las edades de los equipos que conforman los procesos productivos, mayores de 5 años (77,12%), la falta de cultura de eficiencia energética y el descuido de las instalaciones con que se cuenta (Arenas, 2009).

El motor de desarrollo del país lo constituye su estructura empresarial, del total de empresas establecidas en Antioquia y Medellín, 89% corresponde a microempresas, seguidas por pequeñas 8%, mediana 2% y gran empresa 0.7%, lo que demuestra la representación de las Pymes en la ciudad y la necesidad de hacer este gremio más competitivo y rentable (Antioquia, 2017).

La Unidad De Planeación Minero Energética (UPME) reporta como principales características del consumo energético en el sector industrial la obsolescencia tecnológica, poca eficiencia en los diferentes procesos de combustión y la omisión de buenas prácticas de instalación, operación y mantenimiento (Prias Caicedo, 2010).

En América Latina son pocos los países que han llevado programas exitosos respecto al URE, esto se debe a la falta de concientización sobre la importancia del tema, falta de regulación por parte del estado y prácticas deficientes en los sectores consumidores. Es acá donde puede considerarse lo expuesto por Piotrowski (2007) sobre la implementación de labores sistemáticas de mantenimiento que aportan al URE ahorros en la utilización de la energía entre un 28 y 67%, premisa que en la industria del país no se ha planteado ni evidenciado, excepto por el estudio realizado por Orrego en el 2011 donde hay una leve aproximación a las afirmaciones de Piotrowski, quien en sus trabajos junto con Sullivan (Sullivan G, 2004) muestra que el costo operativo de un activo es mayor si las acciones de mantenimiento tienden a ser solo correctivas.

En Colombia, optimizar el uso de la energía a partir de cambio de tecnología como se hace en otros países no es posible por los costos que esto implica; pero se han adelantado acciones que van hacia la cultura URE que se requiere, como son el cambio de iluminación incandescente por fluorescente, mejor aislamiento de tuberías y el uso de motores eléctricos de alta eficiencia (Orrego Barrera, 2011). Pero con estas acciones aún no se logran los niveles de competitividad requeridos que se imponen actualmente por la globalización, para lo cual queda la opción de convencerse que “un activo bien mantenido” consume menos energía que el que no lo está. Los tipos de mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y modificativo y las estrategias de mantenimiento TPM (mantenimiento productivo total) y RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad); deben combinarse de tal modo que logren resultados exitosos en cuanto a la competitividad y rentabilidad de las industrias (Oke, 2006). La eliminación del desperdicio es un objetivo claro a lograr con la implementación de estas acciones, siendo uno de ellos el consumo excesivo de energía por mal estado de la maquinaria y equipos. Con esto podrían disminuirse costos y generar mayores ingresos para las Pymes, haciéndolas por lo tanto más competitivas.

El estudio del diagnóstico del mantenimiento en Colombia de ACIEM para el año 2015, entrega los resultados donde se evidencia una tendencia reactiva de la industria frente al mantenimiento de sus activos, el 46% de los casos corresponden a las modalidades de mantenimiento correctivo. Por lo tanto, se evidencia la necesidad de promover acciones que contribuyan con la creación de cultura de mantenimiento, con la proyección de lograr a partir de esta, disminuir el consumo energético en el proceso productivo donde intervienen los activos a mantener y así mejorar el nivel de producción de las Pymes en el país.

Con la presente investigación se pretende identificar como la relación URE- mantenimiento podría orientarse en beneficio de la eficiencia energética, inicialmente se presentan los resultados del modelo de diagnóstico de mantenimiento aplicado a las diferentes Pymes para identificar su realidad, luego con la recopilación de la información de los consumos de energía, las unidades producidas y las acciones de mantenimiento ejecutadas de los respectivos periodos registrados se realiza un análisis de datos verificando la correlación que presentan, para así identificar como influyen las acciones de mantenimiento en los consumos de energía al final de cada periodo.

Capítulo 1: CONTEXTO DE LA TESIS

El programa de uso racional y eficiente de energía PROURE dentro de sus líneas estratégicas contempla el mejoramiento de la eficiencia energética en el sector industrial, por ello se requiere identificar acciones dirigidas a ahorros energéticos. En Colombia, en la escala de empresas de mayor consumo energético se ubica al sector transporte en primer lugar y luego al sector industrial (Prias Caicedo, 2010), de allí la importancia de fomentar soluciones que lleven a un adecuado uso de la energía en los sectores industriales que permitan mayor competitividad y sostenibilidad en la producción de bienes y servicios. La difusión y adopción de buenas prácticas de mantenimiento constituyen mecanismos para disminuir consumos energéticos impactando directamente la rentabilidad y competitividad de las Pymes en la ciudad de Medellín, aspecto que no se ha evidenciado ni planteado en estudios realizados, a pesar de los esfuerzos del Ministerio de Minas y Energía por difundir dentro de sus programas este tipo de proyectos para aportarle al Uso Racional de la Energía.

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Para fortalecer el área de mantenimiento y su relación con el URE (uso eficiente de la energía), se realizó un trabajo donde se ha evidenciado la necesidad de establecer la relación URE - mantenimiento para el logro de beneficios en la rentabilidad de las empresas y así obtener herramientas más sólidas que ayuden a justificar desde el punto de vista de la gestión del mantenimiento el aumento de la eficiencia energética.

En países desarrollados, el trabajo con énfasis en las políticas URE (enfocados a energía y ambiente), ha obtenido logros considerables, no solo por la implementación de una regulación más estricta, sino por liderar procesos de innovación tecnológica que han permitido alcanzar importantes metas en la materia (UPME, Unidad de Planeación minero energética, 2016). En Colombia por sus condiciones de competitividad, puesto 61 de 140 países en el año 2015 (Competitividad, 2016) e infraestructura tecnológica, se plantean estrategias para promover la eficiencia energética y la protección del ambiente. El Ministerio de Minas y Energía ha desarrollado estudios que determinan las mejores acciones a promover en los diferentes sectores de consumo energético, dentro de los cuales pueden mencionarse la actualización tecnológica, la capacitación para la selección

y uso de maquinaria y equipos y la implementación de buenas prácticas de mantenimiento de estos (Prias Caicedo, 2010).

Por lo mencionado anteriormente, es importante impulsar programas y estrategias que conduzcan al uso racional de la energía, cumpliendo a la vez con el marco normativo que establece la ley 697/2001 donde se declara el URE como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional para asegurar: el abastecimiento energético pleno y oportuno y la competitividad de la economía colombiana de manera sostenible con el medio ambiente (Energía, 2016).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Consumo Energético En Colombia

En Colombia por contar con gran diversidad de recursos energéticos que garantizan la posibilidad de suplir su demanda interna (Prias Caicedo, 2010) no se han generado proyectos representativos en uso racional y eficiente de la energía. La demanda de energía se entiende como la demanda de los usuarios finales, en la figura 1 puede verse su comportamiento durante los años desde 2005 hasta 2016.

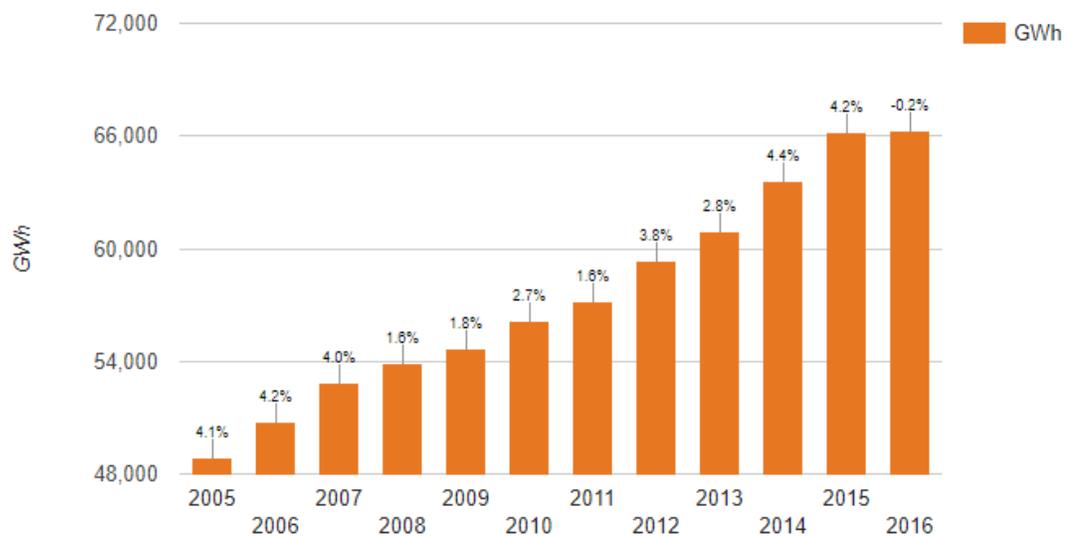


Figura1. Comportamiento de la demanda de energía anual en Colombia. Fuente: (Informe de operación del SIN y Administración del Mercado, 2016)

Los datos de la demanda regulada (demanda residencial y pequeños negocios) y los de la demanda no regulada (demanda de grandes consumidores como las industrias) pueden verse en la tabla 1 para los periodos 2014 y 2015 (XM, 2015). Es importante observar que la demanda regulada indica cómo evoluciona el consumo de energía en el sector residencial y la demanda no regulada es un indicador del comportamiento del sector industrial.

Tabla 1. Demanda de energía tipos de mercados y actividades económicas. Fuente: XM, 2015

		Diciembre 2014, GWh	Diciembre 2015, GWh	Participación (%)	
Regulado		42.323	44.630	69	
No Regulado		20.864	21.187	31	
Consumo de energía	ACTIVIDADES ECONÓMICAS Mercado no regulado	Industrias manufactureras	9.493	9.491	43.6
		Explotación de minas y canteras	4.382	4.637	22.6
		Servicios sociales, comunales y personales	1845	1.809	8.2
		Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	1465	1.431	7.0
		Electricidad, gas de ciudad y agua	387	475	2.4
		Transporte, almacenamiento y comunicación	301	355	1.8
		Agropecuaria, silvicultura, caza y pesca	546	591	2.8
		Establecimientos financieros, seguros, inmuebles y servicios a las empresas	1.119	1.125	5.4
		Construcción	1.327	1.274	6.1

La demanda de la energía eléctrica tiene una relación directa con el crecimiento económico, que para el segundo trimestre del 2014 estuvo impulsado por la construcción, el sector financiero y de servicio social; siendo los sectores que menos contribuyeron con este crecimiento la industria y minería (UPME U. d., 2014). Puede observarse en la figura 2 el contraste entre el PIB, la demanda de energía y la actividad industrial, donde es evidente la desaceleración de la industria, aunque sigue siendo el sector que mayor demanda presenta, lo que puede verse en el histórico del consumo de energía eléctrica para el periodo entre 2004 y 2014, ver figura 3.

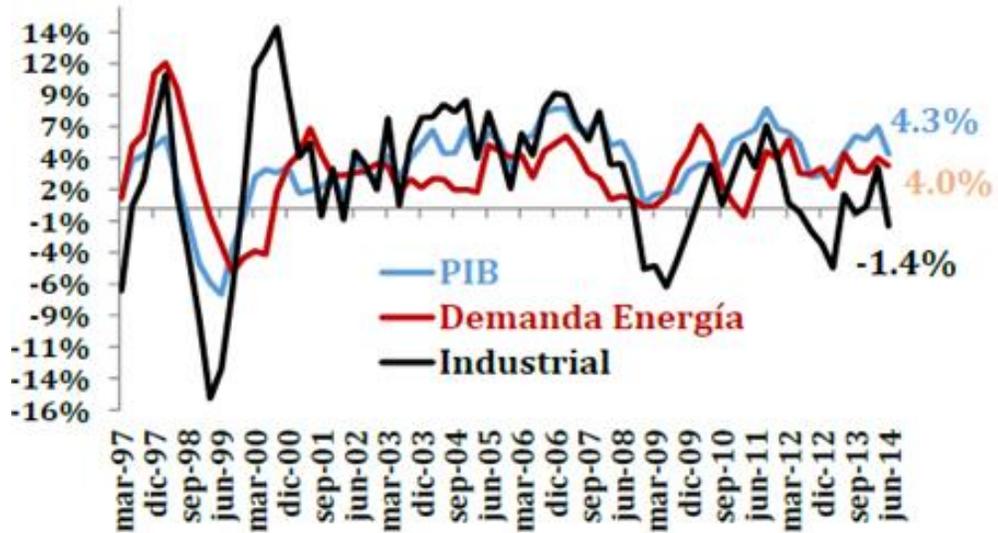


Figura 2. Crecimiento económico, Demanda de Energía y Crecimiento Industrial 2004 - 2014. Fuente: (Proyección de Demanda de Energía Eléctrica en Colombia (Revisión noviembre de 2014)

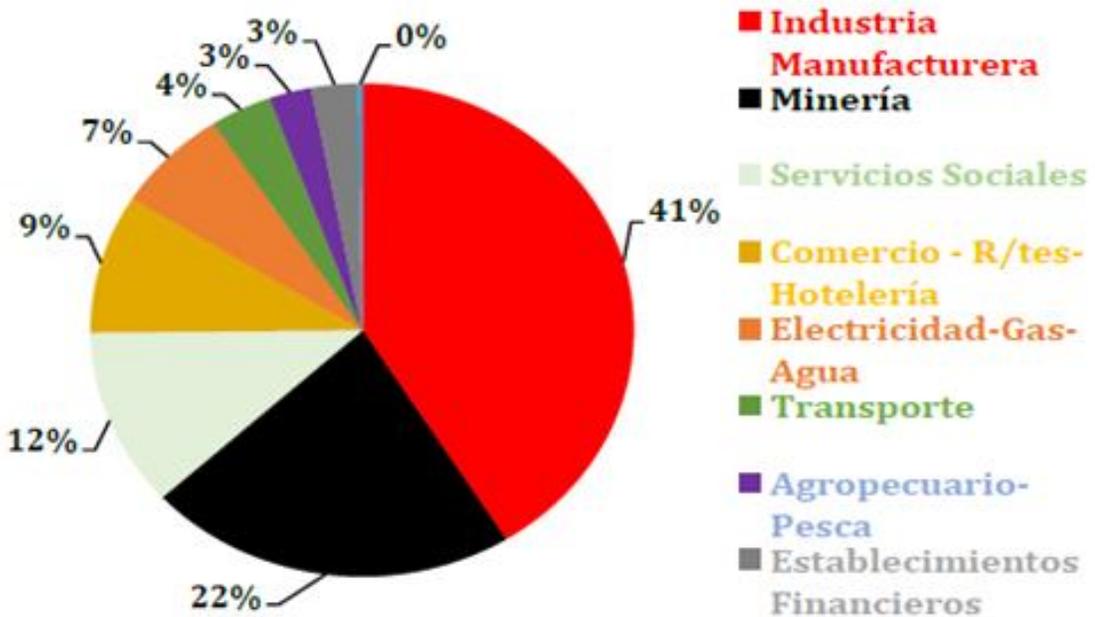


Figura 3. Distribución Consumo de Energía Eléctrica 2004 - 2014. Fuente: (Proyección de Demanda de Energía Eléctrica en Colombia (Revisión noviembre de 2014)

El sector industrial al estar reduciendo su crecimiento y por ser el sector más intensivo en la demanda de energía eléctrica, lo lleva a presentar un encarecimiento del costo de oportunidad por la capacidad no utilizada (UPME U. d., 2014) es ahí donde el programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales – PROURE, define como indicador para evaluar el comportamiento de la economía del país en relación con el consumo de energía “la intensidad energética”, el cual relaciona la eficiencia energética y la productividad; como consecuencia refleja entonces el uso racional y eficiente de la misma en función de la productividad (Prias Caicedo, 2010). Si este indicador tiende a disminuir, refleja entonces un aumento en la eficiencia energética con un nivel de productividad constante o incluso en aumento, lo cual se convierte en uno de los objetivos a promover por el Ministerio de Minas y Energía para contribuir así con el aumento en la competitividad de los sectores productores de bienes y servicios donde el consumo de energía impulsa su actividad principal.

Para el sector industrial las actividades de buenas prácticas de operación y mantenimiento son consideradas por PROURE como acciones que contribuyen con el logro del consumo estrictamente necesario para el cumplimiento de dicha actividad productiva y no una cantidad diferente debido a la mala utilización de la energía (UPME, 2016).

La energía eléctrica se constituye en el energético más costoso de la canasta energética del país, seguido por la gasolina y el kerosene, siendo el energético más económico el carbón mineral seguido por el fuel oil (Prias Caicedo, 2010).

1.2.2 Uso Racional De La Energía (URE)

En la mayoría de los países desarrollados la eficiencia energética ocupa un lugar importante en la agenda política. La importancia de la política de uso eficiente de la energía como objetivo, se origina en su vinculación con la competitividad industrial y comercial, el costo de vida de la población, los beneficios derivados de la seguridad de abastecimiento energético y el interés creciente de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Es obvio que al utilizar los recursos energéticos de modo más eficiente significa un menor costo de energía como factor productivo y en consecuencia una mejora de competitividad de las empresas (Rozas Balbotin, 2002). Para los países desarrollados hacer uso más eficiente de la energía a través de la implementación de artefactos de última tecnología es una estrategia que se aplica con facilidad, pero en Colombia dicha estrategia es difícil de implementar debido entre algunos factores como: las edades de los equipos que conforman los procesos productivos, mayores de 5 años (77,12%), la falta de cultura de eficiencia energética y el descuido de las instalaciones con que se cuenta (Arenas, 2009).

El uso racional de la energía (URE) puede relacionarse con producir más con la misma o menor cantidad de energía, promoviendo entonces tecnologías y/o prácticas más eficientes en el uso de la energía que se traducen en un menor consumo de esta. Para el caso de las Pymes en Medellín, considerar URE como sinónimo de adquisición de equipos o componentes de última tecnología puede significar un problema por la inversión que esto requiere y entonces ser una barrera que obstaculice su implementación como política dentro de las compañías.

El motor de desarrollo del país lo constituye su estructura empresarial, del total de empresas establecidas en Antioquia y Medellín, 89% corresponde a microempresas, seguidas por pequeñas 8%, mediana 8% y gran empresa 0.7%, lo que demuestra la representación de las Pymes en la ciudad y la necesidad de hacer de este gremio más competitivo y rentable. En la figura 4 pueden observarse los sectores productivos más representativos para Antioquia, para las microempresas el 11,57% corresponde a industria manufacturera (Antioquia, 2017).

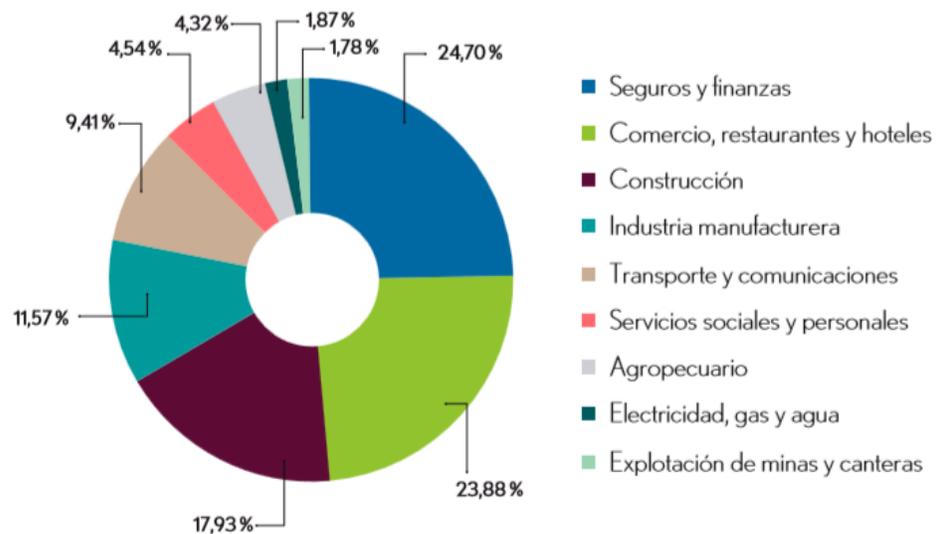


Figura 4. Estructura empresarial en Antioquia según grandes ramas de actividad económica. Fuente: (RAED, 2017)

La importancia de la industria manufacturera radica en que en ella se da la posibilidad de generar valor agregado y jalonar la economía nacional, debido a sus altas demandas de materias primas y servicios especializados (Antioquia, 2017), por lo que para ser productiva y competitiva debe hacer un uso adecuado de los recursos con los que dispone para su actividad, entre los que está la energía eléctrica.

La Unidad De Planeación Minero Energética (UPME) reporta como principales características del consumo energético en el sector industrial (Prias Caicedo, 2010):

- Alto consumo de energía térmica debido a poca eficiencia en los procesos de combustión
- Obsolescencia tecnológica en equipo eléctrico y térmico
- Omisión de buenas prácticas de operación y uso racional de la energía

De acuerdo al balance energético nacional, Colombia en el año 2012 consumió cerca de mil Peta Julios (1PetaJulio = 10^{18} Julios), de los cuales cerca del 67% corresponden a carbón, hidrocarburos y sus derivados; 13% a biomasa y 20% a energía eléctrica (Aponte, 2013), como se ve en la figura 5.

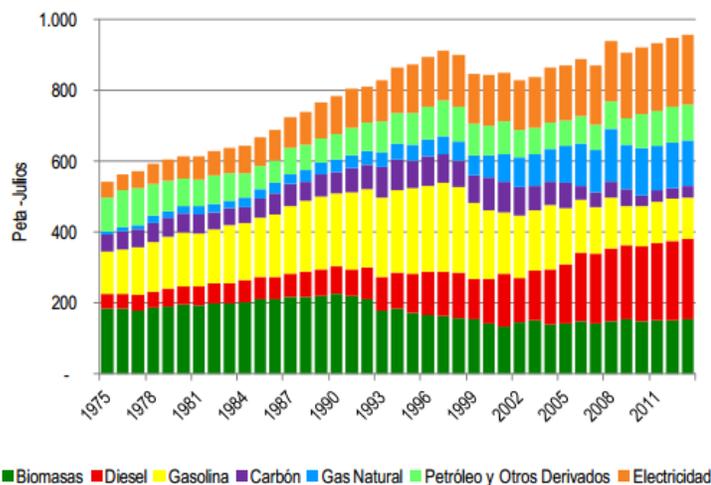


Figura 5. Demanda final de energía en Colombia. Fuente: Valores Preliminares balances Energéticos 2011 – 2012 UPME.

El crecimiento económico va acompañado de un creciente consumo de energía también, si este último se hace a una tasa menor se considera que hay un uso racional de la energía; por lo que el Ministerio de Minas y Energía promueve el URE como mecanismo de competitividad y vela por promover programas que contribuyan con esto. Se estima para el periodo 2015 – 2045 un crecimiento promedio anual de demanda de energía eléctrica desde varios posibles escenarios: T1, mayor consumo de gas natural y energía eléctrica; T2, T1 mas crecimiento económico; ME, supone energético predominante la electricidad; y EE, suponiendo aumento de la eficiencia energética del 25% al 30%; como se ve en la figura 6 (UPME, 2016).

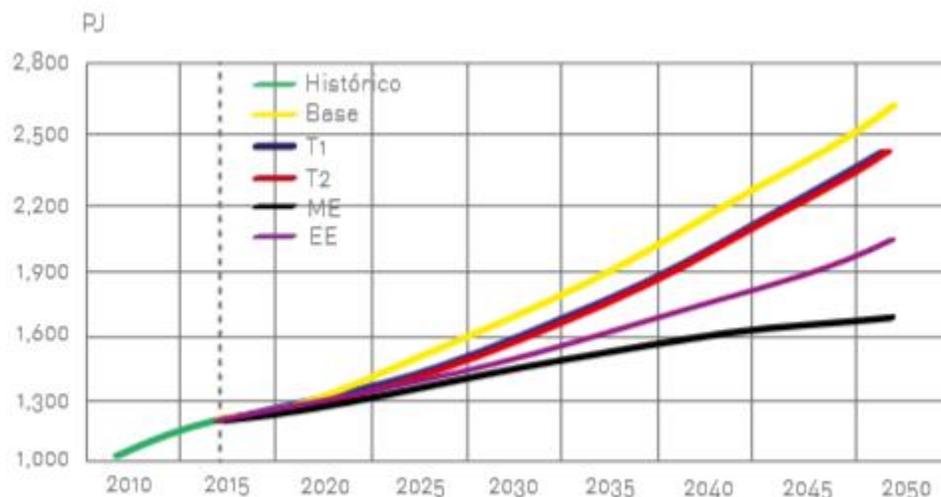


Figura 6. Escenarios de proyección de potencia máxima eléctrica. Fuente: PAI - PROURE, 2017

La tabla 2 muestra los potenciales y metas de ahorro en energía eléctrica, en los cuales la UPME ha considerado variables macroeconómicas, sociales, de comportamiento de la demanda, variables de mercado, entre otras, en función de la implementación de programas y estrategias que contribuyan con el aumento en la eficiencia energética en los diferentes sectores de consumo.

Tabla 2. Potenciales y metas de ahorro en energía eléctrica estimados por la UPME para el 2017- 2022. Fuente: PAI- PROURE, 2017

Sector	Meta de ahorro de energía
	%
Residencial	0.73
Industrial	1.71
Comercial y de servicios	1.13
Transporte	5.49
Total	9.05

De acuerdo al estudio realizado por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), de no haberse adoptado medidas en el campo del uso eficiente, el consumo de energía a nivel mundial sería un 25% mayor que el actual, con el consiguiente mayor impacto ambiental (OLADE, 2009). En Colombia, el Ministerio de Minas y Energía es consciente que para alcanzar este ahorro potencial es necesario consolidar la cultura de eficiencia energética a través del subprograma de carácter transversal “Educación, I+D+i y Gestión del Conocimiento” (UPME, 2016) dentro del cual cabe resaltar entre varias acciones a promover las siguientes y donde el mantenimiento tiene una incidencia directa:

- La optimización del uso de la energía eléctrica para la fuerza motriz
- La optimización del uso de las calderas
- La optimización de los procesos de combustión
- La optimización de la cadena de frío
- Uso racional y eficiente de la energía en pymes

“El Banco Interamericano de Desarrollo indica que América Latina y el Caribe en su conjunto pueden reducir el consumo de electricidad en un 10% durante la próxima década invirtiendo en tecnologías y equipamiento que hoy se encuentran ampliamente disponibles, por ejemplo, alcanzar ese objetivo costaría aproximadamente US\$ 17.000 millones, lo cual reduciría el consumo total de energía anticipado para el 2018 en cerca de 143.000 GWh. ¿Y qué ocurrirá si la región no mejora su eficiencia energética? En ese caso, América Latina y el Caribe necesitarían invertir cerca de US\$ 53.000 millones para construir el equivalente a 328 turbinas de gas de ciclo abierto (de 250 MW cada una) que se necesitan para producir la misma cantidad de 143.000 GWh de electricidad. En otras palabras, América Latina tiene dos alternativas para generar 143.000 GWh en 2018. Una cuesta US\$ 17.000 millones; la otra, US\$ 53.000 millones” (Prias, 2010).

En América Latina son pocos los países que han llevado programas exitosos respecto al URE, esto se debe a falta de concientización sobre la importancia del tema, falta de regulación por parte del estado y prácticas deficientes en los sectores consumidores. Es acá donde puede considerarse lo expuesto por Piotrowski (Piotrowski, 2007) sobre la implementación de labores sistemáticas de mantenimiento que aportan al URE ahorros en la utilización de la energía entre un 28 y 67%, premisa que en la industria del país no se ha planteado ni evidenciado, excepto por el estudio realizado por Orrego en el 2011 donde hay una leve aproximación a las afirmaciones de Piotrowski, quien en sus trabajos junto con Sullivan (Sullivan G, 2004) muestra que el costo operativo de un activo es mayor si las acciones de mantenimiento tienden a ser solo correctivas, esto puede verse en la tabla 3.

Tabla 3. Costo operativo según tipo de mantenimiento (Fuente: Piotrowski, 2007 y Sullivan, 2004)

Tipo de mantenimiento	US\$/hp/año (costo de operación)
Correctivo	18
Preventivo	13
Predictivo	9
Centrado en confiabilidad	6

En Colombia, optimizar el uso de la energía a partir de cambio de tecnología como se hace en otros países no es posible por los costos que esto implica; pero se han adelantado acciones que van hacia la cultura URE que se requiere, como son el cambio de iluminación incandescente por fluorescente, mejor aislamiento de tuberías y el uso de motores eléctricos de alta eficiencia (Orrego Barrera, 2011). Pero con estas acciones aún no se logran los niveles de competitividad requeridos que se imponen actualmente por la globalización, para lo cual queda la opción de convencerse que “un activo bien mantenido” consume menos energía que el que no lo está.

1.2.3 Relación URE – Mantenimiento

De acuerdo al informe entregado por ACIEM (Asociación Colombiana de Ingenieros Eléctricos y Mecánicos) sobre el Diagnóstico del Mantenimiento en Colombia, año 2015; la gestión del mantenimiento de las empresas es incipiente, solo el 19% de las empresas encuestadas reportan acciones solidas de mantenimiento basadas en la aplicación de normas como la ISO 55001 y la PAS 55, pero el restante 81% reportan que se están informando o están en proceso de implementación e incluso que no hacen nada respecto a la gestión del mantenimiento bajo algún tipo de certificación, como se ve en la figura 7(ACIEM, 2015).

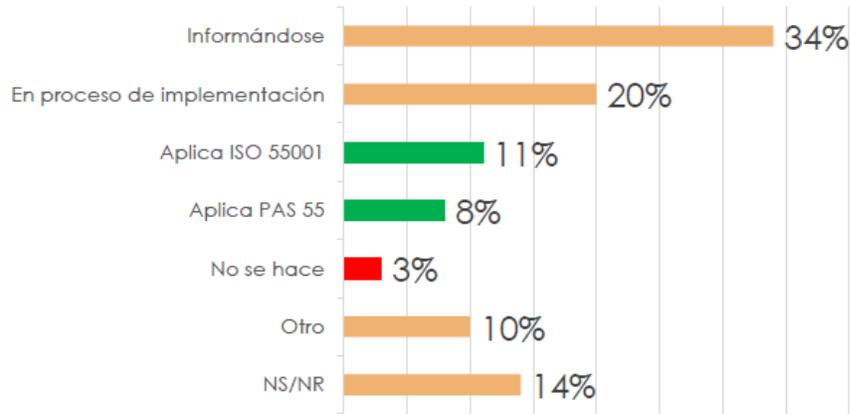


Figura 7. Relación de la empresa con la Gestión de Mantenimiento. Fuente: (Diagnóstico del Mantenimiento en Colombia – Aciem, 2015)

Por lo tanto, se evidencia la necesidad de promover acciones que contribuyan con la creación de cultura de mantenimiento puesto que esto impulsa lo que promueven dichas normas, adicionando que también contribuiría con la disminución del consumo energético en el proceso productivo donde intervienen los activos y así mejorar el nivel de productividad de las Pymes en el país.

En Colombia se evidencia una tendencia reactiva de la industria frente al mantenimiento de sus activos, el 46% de los casos corresponden a las modalidades de mantenimiento correctivo. Así lo muestra el estudio del diagnóstico del mantenimiento en Colombia de Aciem para el año 2015, ver figura 8.

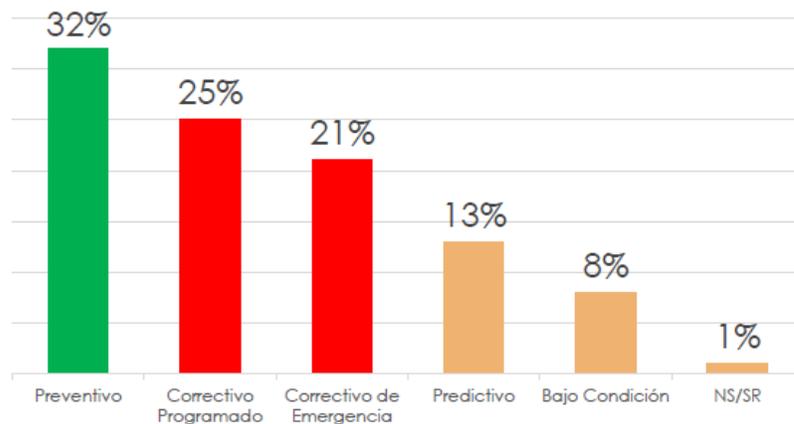


Figura 8. Tipos de Mantenimiento en la Industria Colombiana. Fuente: (Diagnóstico del Mantenimiento en Colombia – Aciem, 2015)

Es acá donde los departamentos de mantenimiento al interior de las empresas se convierten en responsables en la disminución de los consumos energéticos, aumentando por ende la eficiencia energética que promueve el Ministerio de Minas y Energía a través del PROURE, quien en su afán de asegurar el abastecimiento energético, el desarrollo del país, la competitividad de la economía nacional y la promoción de fuentes no convencionales de energía y la protección ambiental, promueve entre otros programas, la promoción de su desempeño energético y posterior incidencia en los costos operativos de cualquier compañía.

Existen trabajos que evidencian la relación URE – Mantenimiento, especialmente el realizado en el Área Metropolitana, “Análisis energético industrial del Valle de Aburra”, donde se muestra que existe un gran potencial de ahorro energético para la industria; pero donde se ve el que debe hacerse y el porqué, más no muestra cómo hacerlo (Chejne Janna, 2007)

Existen estudios orientados a problemas específicos de consumos energéticos pero en equipos puntuales como sistemas de acondicionamiento de aire, calderas o equipos de bombeo, entre otros; pero estudios orientados a relacionar la metodología del mantenimiento usada en las empresas con la eficiencia energética solo se inician con Piotrowski (2007).

Las acciones de mantenimiento preventivo y predictivo contribuyen a disminuir consumos energéticos, pero las estrategias modernas de mantenimiento (TPM –*Total productive Maintenance* y RCM – *Reliability Centred Maintenance*) aportan herramientas para formular y controlar las variables que intervienen en los equipos y que relacionan las funciones de estos con sus consumos energéticos (Tavares, 2000)

Para lograr la relación del mantenimiento con el URE y determinar las acciones y estrategias que contribuyan con el aumento de la eficiencia energética deben ser estudiados tres factores simultáneamente (Orrego Barrera, 2011):

- Consumos energéticos
- Unidades de producción
- Estrategias de mantenimiento

A partir de estos factores y su relación se determina la eficiencia energética en el rendimiento de los activos, estando este último estrechamente ligado con el mantenimiento. Por ello, deben establecerse los potenciales ahorros en el consumo de energía a partir de las acciones y estrategias adecuadas de mantenimiento, las cuales son definidas según el contexto operacional de los diferentes activos que intervienen en el

proceso productivo, contribuyendo así con mejorar el rendimiento de estos activos (Taylor, 1995).

Alberto Mora plantea como las industrias cuentan con dos unidades operativas: producción y mantenimiento (Mora Gutierrez, 2009), ambas, unidas por los equipos, máquinas o dispositivos que se requieren para la producción de bienes y/o servicios y con la necesidad de que estos operen en las mejores condiciones; dentro de las cuales se necesita que la energía sea transformada eficientemente y donde mantenimiento interviene de tal modo para que los equipos no generen desperdicio conservando sus condiciones originales de operación, ver la figura 9 que ilustra la energía como entrada tanto para el proceso de producción como para el proceso de mantenimiento y en la salida la energía usada o transformada (siendo uno de los objetivos del menor desperdicio posible).

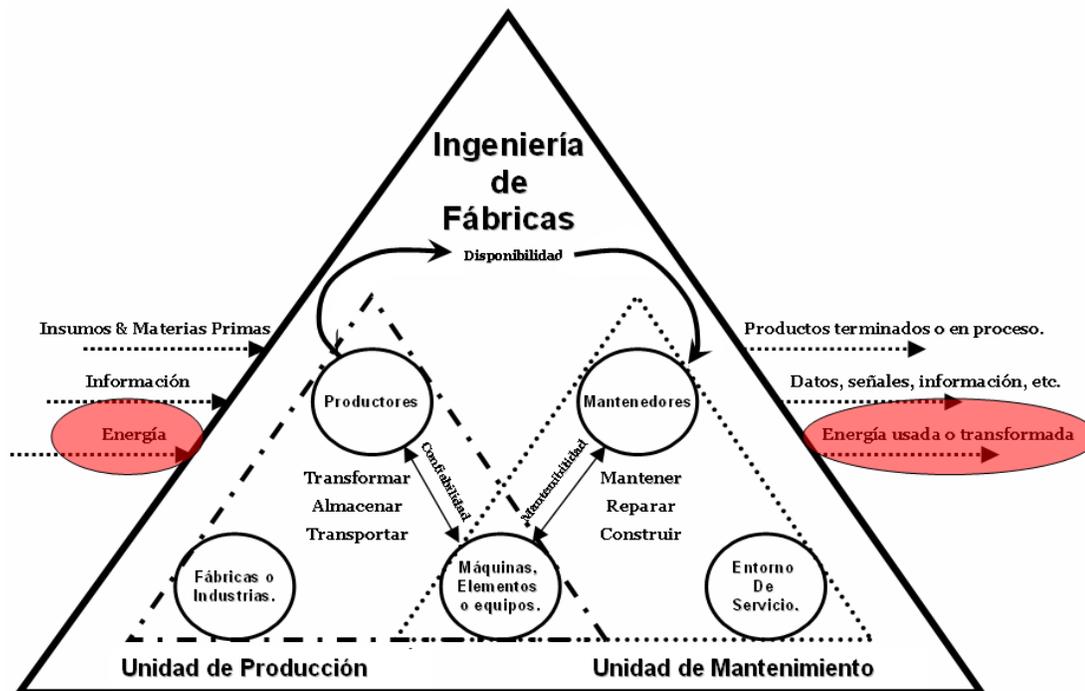


Figura 9. Sistema Integral de Mantenimiento y Operación. (Mora, 2009)

El mantenimiento busca “asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan” (Moubray, 1999), y dentro de estas cosas se encuentra que consuman solo la energía necesaria para el cumplimiento de su actividad. Si esto no ocurre mantenimiento debe intervenir, y así lograr los objetivos que esta unidad de la empresa debe tener claro, estos son:

- Asegurar la competitividad
- Maximizar el beneficio global

- Mejora de la confiabilidad de un equipo
- Aumento de la calidad de servicio \ producción
- Conocer en cada momento los recursos disponibles
- Mantener o aumentar el valor económico de los activos
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente
- Optimización de costos vinculados con el proceso de negocio
- Eliminar actividades sin valor añadido o que generen desorden
- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada
- Conseguir el desempeño eficiente de las instalaciones y activos como el control de su ciclo de vida.

Cada uno de los objetivos mencionados involucra el URE y es acá donde queda claro que la unidad de mantenimiento debe velar a través de sus programas por el logro del Uso Eficiente de la Energía, sin que la compañía tenga que crear un departamento exclusivo para ello.

Los tipos de mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y modificativo y las estrategias de mantenimiento TPM y RCM deben combinarse de tal modo que logren resultados exitosos en cuanto a la competitividad y rentabilidad de las industrias (Oke, 2006). La eliminación del desperdicio es un objetivo claro a lograr con la implementación de estas acciones, siendo uno de ellos el consumo excesivo de energía por mal estado de la maquinaria y equipos. Con esto podrían disminuirse costos y generar mayores ingresos para las Pymes, haciéndolas por lo tanto más competitivas.

Se han enfocado estudios que relacionan el mantenimiento con el uso racional de la energía para equipos específicos como aires acondicionados (Ning, 2009) bombas (Piotrowski, 2007), motores, entre otros; enfocándose en actividades que no logran cuantificar los beneficios en cuanto a los costos energéticos. Otros estudios como el realizado por Piotrowski y avalado por el departamento de energía de los Estados Unidos de América (Sullivan G, 2004) muestran como el tipo de mantenimiento repercute en los costos de la energía (ver tabla 3), lográndose menos costos operativos a medida que se disminuyen las acciones correctivas en los activos. Si la cuantificación de estos beneficios es difícil (Kreith Frnak, 2007) para equipos particulares, ahora para una planta lo es más, por lo que Orrego en su estudio hace un acercamiento a la determinación del indicador que puede servir para tal fin.

1.3 SÍNTESIS DEL PROBLEMA

Cuantificar el aporte que las acciones de mantenimiento hacen al URE ha sido una tarea relegada a propuestas desde lo técnico y no desde lo estratégico. Dichas acciones del mantenimiento pueden enfocarse desde el punto de vista energético, estableciendo variables que pueden ser medidas y controladas, para así corroborar cómo influyen en la eficiencia energética, así lo reporta Orrego en su investigación del año 2011, donde evidencia ahorros entre el 15,5% y el 19,4% para la empresa UMO S.A. en la medida que las acciones de mantenimiento preventivo y predictivo aumentan.

Un reporte del departamento de energía de los Estados Unidos(Sullivan G, 2004)entregó evidencias respecto a cómo las estrategias de mantenimiento influyen sobre la rentabilidad operativa (ver tabla 3). Igualmente, el estudio para el área Metropolitana de Medellín realizado por Chejne(Chejne Janna, 2007)muestra cómo pueden llegar a obtenerse ahorros hasta del 4% en consumos energéticos.

Estos antecedentes muestran como la implementación de acciones y estrategias de mantenimiento adecuadas, pueden llevar a mejoras energéticas. La determinación de la relación entre el consumo de energía, las unidades producidas y el rendimiento de los activos que intervienen, llevará a definir el indicador a partir del cual podría verificarse como las estrategias de mantenimiento influirían en la competitividad de las pymes de Medellín aportando con el aumento de la eficiencia energética y por ende con su rentabilidad. De igual forma establecer la intensidad energética como indicador permitirá el análisis de los rendimientos financieros en las empresas ayudando en la toma de decisiones acertadas desde el punto de vista energético.

1.4 HIPÓTESIS

Existe una relación entre la cantidad de mantenimiento correctivo y el consumo energético de los activos que intervienen en los procesos productivos de bienes y servicios. ¿Qué impacto genera la disminución del mantenimiento correctivo en los consumos energéticos en una Pyme?

1.5 OBJETIVOS

General

Evaluar el estado de la gestión de mantenimiento y su relación con la eficiencia energética en cinco (5) Pymes de Medellín para determinar el impacto que genera dicha gestión orientado hacia el URE.

Específicos

- Caracterizar la gestión del mantenimiento y el panorama de consumo energético en cinco (5) pymes de Medellín.
- Determinar y evaluar la intensidad energética para cada pyme del estudio.
- Recomendar acciones de mejora orientadas a la eficiencia energética basadas en acciones, estrategias o metodologías de mantenimiento para cada pyme del estudio.

Capítulo 2: MÓDELOS DE DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO Y AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

El Ministerio de Minas y Energía en su interés por lograr un uso racional de la energía ha incluido en su plan de acción el planteamiento de estrategias, subprogramas y líneas de acción orientadas al mejoramiento de la eficiencia energética en los sectores de consumo y la promoción de las fuentes no convencionales de energía (Prias Caicedo, 2010).

El desarrollo del país depende en gran medida del aumento en la competitividad del sector productivo y es acá donde el mantenimiento de los activos que hacen parte de la cadena productiva juega un papel importante, estos dispositivos deben cuidarse para que hagan un uso más eficiente de la energía y es a partir de la difusión y adopción de buenas prácticas de mantenimiento que puede lograrse un impacto directo en el aumento de la eficiencia energética y como consecuencia directa de esto un impacto directo en la rentabilidad y competitividad de las empresas productoras de bienes y servicios.

Dentro de los esfuerzos del Ministerio de Minas y Energía por difundir esto, en su programa de uso racional de la energía PROURE, se encuentran para el sector industrial el subprograma “optimización del uso de la energía eléctrica para fuerza motriz – calderas – sistemas de aire acondicionado y refrigeración”, en el que la principal línea de acción enfatiza la necesidad de difusión y adopción de buenas prácticas de mantenimiento a este tipo de equipos; otra línea de acción plantea la necesidad de educar sobre el dimensionamiento, operación y mantenimiento de motores , calderas, sistemas de aire acondicionado y refrigeración, tanto a nivel técnico como universitario. Sin dejar de enfatizar en la necesidad de implementar buenos programas de mantenimiento preventivo y predictivo para todo dispositivo que consuma energía para su funcionamiento, justificándose esto en el dato de que aproximadamente 70% de la energía eléctrica que se utiliza en la industria colombiana está asociada al uso de motores eléctricos (Prias Caicedo, 2010).

Por lo mencionado se hace necesario hacer auditorías energéticas, construcción de indicadores de consumo de energía en función de la producción y elaboración de guías de buenas prácticas de uso y mantenimiento; cultura que está en construcción en el sector productivo actualmente, para lo que ayuda el uso de herramientas existentes de diagnóstico de mantenimiento y de auditorías energéticas para identificar la situación actual y las oportunidades de mejora en función del aumento de la eficiencia energética.

2.1. DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO

La calidad del mantenimiento según Santiago García Garrido puede definirse como “máxima disponibilidad al mínimo costo”, lo que implica que se cumplan múltiples cosas, entre las que pueden mencionarse: mano de obra adecuada en cantidad, conocimiento y organización; disponibilidad de herramientas e insumos suficientes de acuerdo a los equipos a cargo; métodos de trabajo definidos y planeados; información y presupuestos adecuados (García Garrido, 2003). Es acá donde las auditorías de mantenimiento se convierten en una herramienta importante para identificar posibilidades de mejora, comparando la gestión actual del departamento de mantenimiento con un estándar de excelencia (García Garrido, 2003), también cuando la situación del área de mantenimiento entrega indicios de un desempeño insatisfactorio o cuando es necesario evaluarla, se presenta la oportunidad de realizar un diagnóstico que permita descubrir zonas débiles y oportunidades de mejora (Pistarelli, 2010).

Las auditorías, evaluaciones, diagnósticos y mediciones del área de mantenimiento son usuales en las empresas medianas y grandes, su forma de realización no es única ni estandarizada, existen varios métodos y herramientas para tal fin; todos con bondades y limitaciones (Mora Gutierrez, 2009). Algunos de estas herramientas son:

2.1.1. Auditoría de Calidad de Mantenimiento (García Garrido, 2001)

Este método busca comparar la situación del departamento de mantenimiento con un “estándar de excelencia” buscando un Índice de Conformidad dado en porcentaje, es decir, el 100% de conformidad corresponde al estándar de excelencia y el índice de conformidad establece que tan cerca o lejos se encuentra el departamento de mantenimiento de la excelencia.

¿Pero que es “estándar de excelencia” en mantenimiento? Para Santiago García Garrido es aquel que logra el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Asegurar vida útil lo más larga posible para toda la planta
- Garantizar la disponibilidad de la planta en un valor previamente definido
- Alcanzar la capacidad de producción establecida en un objetivo previo
- No superar consumos de materia prima y otros recursos establecidos como máximos con anterioridad
- Lograr todo lo anterior al menor costo posible

Los siete aspectos que contempla este método, y lo que cada uno evalúa, son:

- **Mano de obra:** identifica si la mano de obra con la que se cuenta es en cantidad, rendimiento, formación, disposición, cumplimiento y formas de trabajo, la adecuada.
- **Materiales:** se evalúa el manejo de la logística de repuestos, desde la cantidad mínima establecida de estos, su almacenamiento y el manejo de entradas y salidas; como es el proceso de compra y la realización de inventarios.
- **Medios Técnicos:** se pretende evaluar si las herramientas son adecuadas para la realización de las intervenciones, tanto en su calidad, cantidad, calibración, entre otros. Además, determina si los lugares de trabajo son ordenados y limpios; y si se cuenta con un sistema de información que suministre datos confiables para la toma de decisiones.
- **Métodos de trabajo:** determina si existe un programa de mantenimiento programado, como es su ejecución, cumplimiento y control; además se determina que tanto mantenimiento no programado se presenta y como es la participación de los operarios en esta gestión del mantenimiento.
- **Resultados:** Con las respuestas obtenidas en esta parte se evidencia si se tiene la disponibilidad de los activos en el nivel esperado, si es claro el tiempo medio entre fallas, como son el tiempo para reparar y si las averías se presentan de modo repetitivo, entre otros. Con lo cual se puede concluir si la gestión del mantenimiento actual arroja buenos resultados o por el contrario indica que se requiere ajustar el programa actual para mejorar dichos resultados.
- **Seguridad:** evalúa el aspecto visual de los lugares de trabajo, tratando de evidenciar si generan seguridad para la ejecución de las diferentes actividades.
- **Impacto Ambiental:** Como responsabilidad de todo mantenimiento de clase mundial está la protección ambiental, en esta parte se mide el nivel de responsabilidad ambiental que se tiene al realizar las diferentes actividades de mantenimiento.

Los aspectos mencionados se auditan a través de una encuesta que consta de 100 preguntas en total, cuyas respuestas se califican de la siguiente manera, ver tabla 4.

Tabla 4. Calificación Auditoría de Calidad de Mantenimiento (García Garrido, 2003)

0	Si el aspecto considerado está ausente
1	Si el aspecto considerado se alcanza deficientemente
2	Si se alcanza, pero puede mejorarse
3	Si se alcanza de forma óptima

La puntuación máxima posible será de 300 puntos. Por lo tanto, la puntuación real obtenida se compara con la máxima ideal (correspondiente al estándar de excelencia), obteniendo la ecuación 1:

$$\text{Índice de Conformidad} = \frac{\text{puntos obtenidos}}{\text{máxima puntuación posible}} \times 100(1)$$

Cabe resaltar que al aplicar la encuesta se requiere de una preparación previa de documentación (organigrama, plan de formación, inventarios de repuestos y herramientas, lista de equipos, plan de mantenimiento, registros de mantenimientos realizados, estadísticas de accidentalidad, entre otros) que además de ser evidencia de la información obtenida es necesaria para el análisis de los resultados obtenidos identificándose entonces todas las oportunidades de mejora en la gestión del mantenimiento, estas orientadas principalmente por las preguntas cuyo puntaje está entre 0 y 1.

2.1.2. Cuestionario de aproximación para Diagnósticos de Mantenimiento (Pistarelli, 2010)

Aunque es una especialidad efectuar auditorías de mantenimiento, pueden diseñarse plantillas de evaluación que sirvan como punto de partida para mejorar los procesos de gestión de mantenimiento. La tabla 5 contiene un conjunto de 24 preguntas cuyas respuestas dan un panorama claro sobre la situación del mantenimiento analizada.

Tabla 5. Cuestionario de aproximación para Diagnósticos de Mantenimiento

(Pistarelli, 2010)

1	¿Cuál es el nivel de mano de obra contratada?	13	¿Existe un plan de mantenimiento detectivo?
	<10%		No
	Entre 10 y 20%		Solo parcialmente
	>20%		Sí, y para todos los equipos de seguridad
2	¿Cuánto tiempo dedica mantenimiento a rediseños?	14	Existe un plan anual de capacitación?
	<5%		Sí
	>5%		No
3	¿Están las funciones de los puestos bien definidas?	15	¿Se aplican métodos de análisis (RCM, RCA, ADF's)?
	No claramente		Nunca
	Algunas si y otras no		En pocas ocasiones
	Todas están claramente definidas		Siempre que es necesario
4	¿Existe un plan de mantenimiento preventivo y predictivo?	16	¿Se utilizan indicadores de gestión?
	No existe		En ningún nivel de la organización
	Existe para algunos equipos sin buenos resultados		En algunos niveles de la organización
	Existe para algunos equipos con buenos resultados		En todos los niveles de la organización
5	¿Saben todos los supervisores que es un modo de falla?	17	¿Existe una valoración económica de las averías más importantes?
	No		En ningún caso
	Algunos		Solo para ciertos equipos, pero no es suficiente
	Todos		Para todos los equipos en los que es necesario

6	¿Saben los jefes o gerentes que es un modo de falla?	18	¿Los repuestos de almacén están catalogados?
	No		Ninguno
	Algunos		Los más importantes
	Todos		Todos
7	¿El mantenimiento correctivo es controlado o deliberado?	19	¿Es rápido y sencillo obtener el gasto en repuestos de cualquier equipo?
	Controlado		No
	Un poco de cada cosa		Solo en pocos casos
	Deliberado		En todos los casos
8	¿Se hacen análisis (bajo registro) luego de sucedidos los fallos?	20	¿Los operarios de producción realizan algún tipo de tareas de mantenimiento?
	Nunca		Ninguna
	En algunos casos		Muy pocas
	Siempre		Limpieza, lubricación y/o ajustes menores
9	¿Existe un seguimiento riguroso de los gastos?	21	¿Existe la figura del Ingeniero de Mantenimiento?
	Si		No
	Sí, pero no riguroso		Con dedicación parcial
	Riguroso en todos los casos		Con dedicación total
10	¿Cuál es la cantidad promedio de operarios por supervisor?	22	¿Personal de producción participa en los análisis de falla?
	<4		Nunca
	Entre 4 y 10		Pocas veces
	>10		En casi todos los casos
11	¿Existe vigente un Sistema Informático de mantenimiento?	23	¿Cuál es el porcentaje aproximado por servicios de terceros en relación al gasto total de mantenimiento?
	Sí		<20%
	No		>20%

12	¿Los trabajos se efectúan con orden de trabajo (OT)?	24	¿Existe vigente y actualizado un listado de equipos relevantes para la seguridad?
	No		No
	En algunos casos		Sí, pero no actualizado
	En la mayoría de los casos		Sí, y permanentemente actualizado
	En todos los casos		

Con las 24 preguntas planteadas en la tabla 5 se evidencia el nivel de profesionalismo de la gestión de activos fijos, pero, Pistarelli, plantea que para análisis más profundos se deben aplicar cuestionarios adicionales; por ejemplo, para indagar capacidades del departamento para la planificación o para determinar los procesos de mejora existentes o para definir la medición y control que realiza el departamento de mantenimiento, entre otros. Adicional a esto las preguntas pueden adaptarse a la organización de acuerdo a sus características particulares. Con los resultados obtenidos debe acordarse un plan de acción que solucione los problemas detectados.

2.1.3. Flash Audit

Este modelo de diagnóstico utiliza 12 criterios que se relacionan con los objetivos de mejoramiento de mantenimiento y las diferentes áreas que cubre así:

1. Relación entre mantenimiento y producción
2. Percepción de las jerarquías superiores de mantenimiento
3. Percepción de mantenimiento
4. Conocimiento de la disponibilidad de equipos
5. Conocimiento de los costos de mantenimiento
6. Métodos y preparación de los trabajos de mantenimiento
7. Planeación de las actividades y trabajos de mantenimiento
8. Manejo de inventarios
9. ¿Qué es lo que cada quien hace en mantenimiento?
10. Recursos humanos de mantenimiento
11. Recursos materiales de mantenimiento

12. Entrenamiento

El modelo contiene en total 300 preguntas, es el más utilizado y recomendado, por su gran acierto y facilidad de aplicación (Mora Gutierrez, 2009). Esta herramienta está instalada en Excel y al registrar los datos del encuestado procesa los resultados en la hoja final del archivo identificando los valores reales y por mejorar (preguntas con menor calificación), también ilustra en forma gráfica de radar los resultados para visualizarlos mejor y así identificar con más facilidad los planes de mejoramiento que se requieren. Por estas razones fue seleccionado para aplicar en este estudio.

2.2. AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

La realización de auditorías energéticas constituye una interesante vía para incrementar la penetración de la eficiencia energética en las empresas, se definen como un procedimiento sistemático para obtener conocimiento del perfil de los consumos energéticos en una instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico (Fenercom, 2008) permitiendo conocer el inventario de los principales equipos, su situación energética, mediciones de parámetros eléctricos y térmicos; para analizar las posibilidades de optimización en el uso de la energía eléctrica, combustibles y consumo de agua. En términos generales el principal objetivo de estas auditorías energéticas es analizar las necesidades energéticas (incluyendo todos los equipos que conforman la empresa) y proponer mecanismos para ahorro de energía.

Dicho ahorro de energía puede significar para las empresas aumento en sus utilidades, precios más competitivos en los productos y/o servicios, mayor disponibilidad de recursos, entre otros; por lo que con la auditoría energética se pueden identificar los despilfarros y reducir sus costos de producción (WWF España, 2008).

La información que debe levantarse al realizar una auditoría energética es:

- Tipo de recurso energético (electricidad, combustible sólido, combustible líquido, otros)
- Cantidad (m³, kWh, toneladas, otros)
- Costo por unidad
- Control de la energía: responsable, modo de medir el consumo de energía, frecuencia, manera de relacionar dicho consumo con la producción obtenida, contadores instalados, cantidad de mantenimiento planificado que se realiza, usos de la energía, almacenamiento de los combustibles, caracterización del estado de las instalaciones, entre otros.

- Programa de auditoría para realizar cada año, donde se registra información como: consumo de energía, costo, labores de mantenimiento, estado de los equipos, educación en eficiencia energética, evaluaciones de renovación de equipos, entre otros.
- Comparación de la información obtenida cada año con años anteriores para identificar oportunidades de mejora.

Una de las grandes desventajas al realizar las auditorías energéticas es la falta de información estadística que manejan las empresas sobre el uso de la energía en sus diferentes departamentos, secciones o actividades; entre mayor sea el consumo de energía y su costo más importante es desagregar dicha información, así se identificarán las áreas de mayor consumo.

La presentación de los datos obtenidos en forma gráfica facilita su análisis, pueden presentarse diagramas como se ilustran en las figuras 10 y 11.

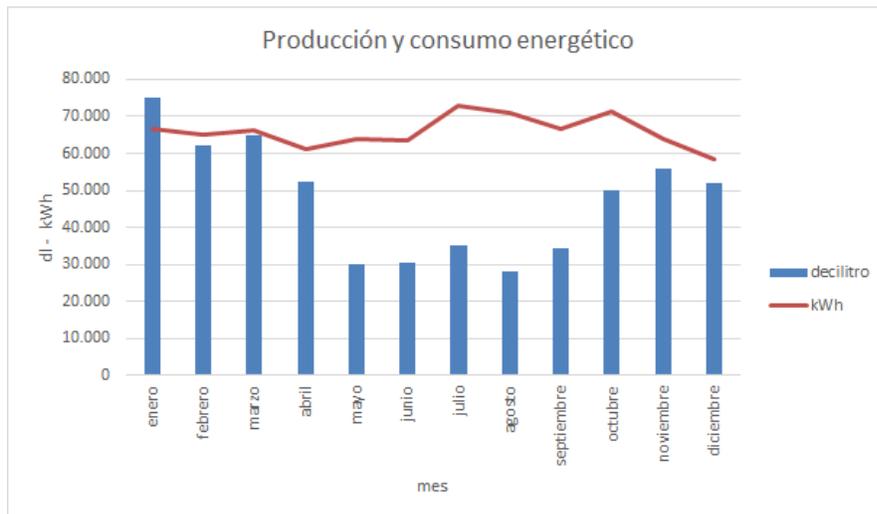


Figura 10. Representación de producción y consumo por meses. Fuente: (Arroyo, 2016)

En la figura 10 al graficar la relación entre los consumos energéticos y la producción obtenida con estos, pueden identificarse las pérdidas de energía entre la energía total comprada y la utilizada en los procesos de producción de bienes y servicios respectivamente; y/o diagramas como el que se muestra en la figura 11 además de hacer visible las diferentes pérdidas de energía en cada proceso, ayuda a definir las estrategias necesarias para reducir esta, convirtiéndose a la vez en una herramienta de comunicación sobre la evaluación lograda.

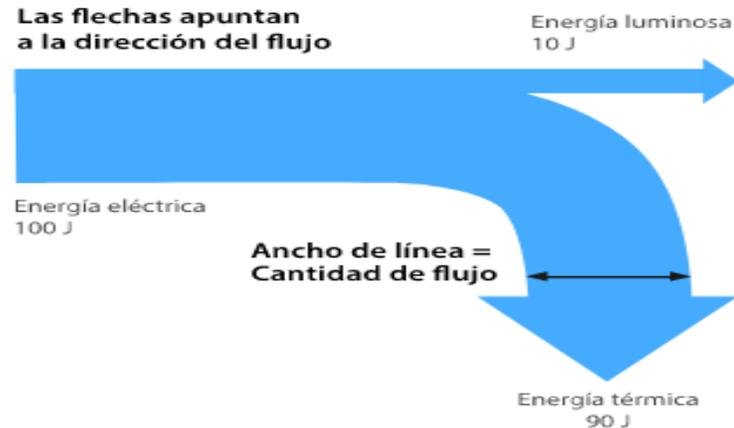


Figura 11. Anatomía Diagrama Sankey. Fuente: (Ribecca, 2016)

2.2.1. Modelos Internacionales de Sistemas de Gestión Energética

Los modelos de gestión de energía en el mundo reconocen la importancia de la cultura organizacional sobre el uso eficiente de la energía, consideran el impacto de la gestión de la producción y el mantenimiento sobre la eficiencia energética, involucran en la gestión energética diferentes áreas de la organización (contabilidad, compras, calidad, seguridad operacional...), plantean el monitoreo on line no solo para el control de los consumos e indicadores energéticos, sino para el diagnóstico operacional de los equipos e indican la importancia de establecer un centro de costos que relacione la eficiencia energética con los costos de los productos (Campos Avella, 2008).

- **ISO 50001: 2011, Sistemas de Gestión de Energía**

Brinda a las organizaciones estrategias de gestión para aumentar la eficiencia energética y la reducción de costos, a través de una norma única y armonizada para su aplicación que puede ser utilizada por empresas del sector público y privado con una metodología lógica y coherente. Esta norma se basa en el marco de mejora continua “planificar- actuar- verificar y hacer” e incorpora la gestión de la energía en las prácticas cotidianas de la organización, proporcionándole un reconocido marco de trabajo para la integración de la eficiencia energética en sus prácticas de gestión (ISO, 2011).

La norma incluye:

- 1 Ámbito de aplicación
- 2 Referencias normativas

3 Términos y definiciones

4 Requisitos del sistema de gestión de la energía

4.1 Requisitos generales

4.2 Responsabilidad de la gestión

4.2.1 Alta dirección

4.2.2 Representante de la dirección

4.3 Política energética

4.4 Planificación energética

4.4.1 Generalidades

4.4.2 Requisitos legales y otros

4.4.3 Revisión de la energía

4.4.4 Línea de base de la energía

4.4.5 Indicadores de eficiencia energética

4.4.6 Objetivos de la energía, metas energéticas y planes de acción de gestión de la energía

4.5 Aplicación y funcionamiento

4.5.1 Generalidades

4.5.2 Competencia, formación y sensibilización

4.5.3 Comunicación

4.5.4 Documentación

4.5.5 Control operacional

4.5.6 Diseño

4.5.7 Contratación de servicios energéticos, productos, equipos y energía

4.6 Verificación

4.6.1 Monitoreo, medición y análisis

4.6.2 Evaluación de los requisitos legales y otros requisitos

4.6.3 Auditoría interna del SGEEn (Sistemas de Gestión de Energía)

4.6.4 No conformidades, acciones inmediatas, correctivas, y preventivas 4.6.5 Control de registros

4.7 Revisión por la dirección

4.7.1 Generalidades

4.7.2 Entradas para revisión de la gestión

4.7.3 Salidas del análisis de la gestión

Con la aplicación de esta norma a nivel mundial se busca contribuir con el uso más eficiente de las fuentes de energía disponibles, reducir las emisiones de gases efecto invernadero y aumentar la competitividad de las organizaciones.

Con lo planteado hasta el momento se evidencia que existen herramientas para el diagnóstico tanto de la situación energética como la gestión del mantenimiento, siendo ambos aspectos fundamentales para lograr objetivos en función del aumento de la eficiencia energética de tal modo que impacten favorablemente la competitividad de las empresas productoras de bienes y/o servicios.

Lo que se pretende con la aplicación de algunas de estas herramientas en este proyecto es evidenciar la situación de algunas Pymes de la ciudad y verificar como las acciones de mantenimiento se relacionan con los consumos energéticos para visualizar la contribución que desde la gestión del mantenimiento puede lograrse para aportar con el plan de acción PROURE aportando así con el desarrollo de una de las líneas de acción que tiene establecidas: "Fijación y reglamentación del proceso de auditorías en cuanto a: Diagnóstico, mejoras, modificaciones y optimización y gestión del mantenimiento" (Prias Caicedo, 2010).

Capítulo 3: DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO

La metodología utilizada en el desarrollo del presente proyecto consistió en realizar la auditoría de mantenimiento en cuatro de las cinco Pymes del estudio, con lo que se pretendía identificar su situación de la gestión de este departamento dentro de la compañía e identificar los puntos a mejorar para acercarse al estándar mundial, para esto se utilizó el cuestionario *Flash Audit* (Ver Anexo A). Los resultados obtenidos al aplicar el modelo de diagnóstico pueden verse a continuación:

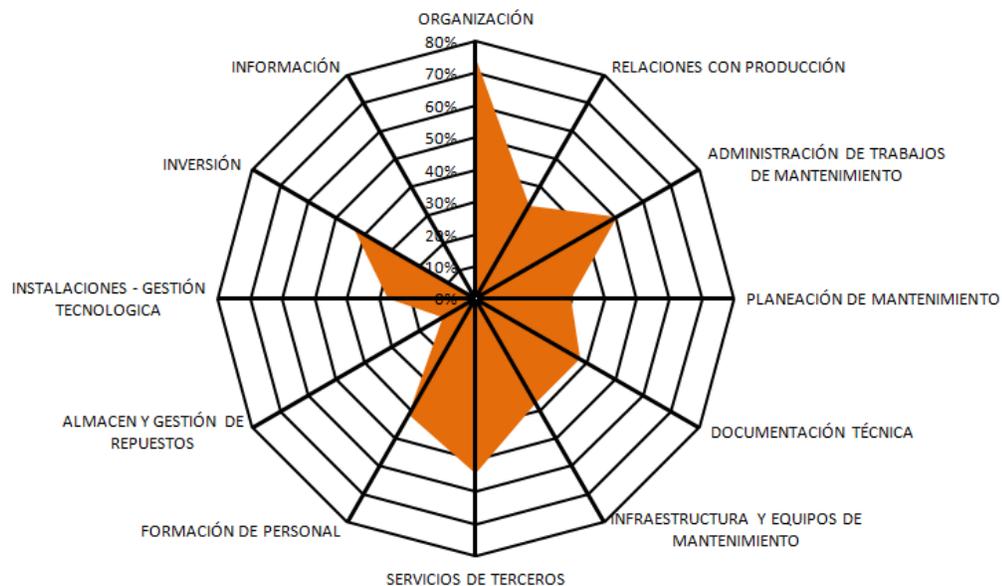
3.1.1. Empresa Sector Metalmeccánico

Esta empresa metalmeccánica fundada en 1981; dedicada a la elaboración de elementos de fijación como: remaches ciegos, remaches sólidos, remaches semitubulares, remaches con y sin arandelas, tornillos hexagonales y tornillos carriage; tanto en aluminio como en acero. Actualmente cuenta con 100 empleados, atiende el mercado nacional y exporta a países como Venezuela, Costa Rica, Nicaragua, Panamá, Ecuador y Perú, buscando extender su mercado.

Todos los aspectos evaluados dentro de la encuesta al ser tabulados se muestran en la tabla 6, estos entregaron porcentajes de criticidad superiores del 60%, lo que indica que sobre todos debe trabajarse para mejorar. Siendo el más crítico el ítem referido a la información (ver figura 12), este aspecto, representa la principal herramienta de la gestión del mantenimiento; partiendo del adecuado registro de la información podría visualizarse el comportamiento de los activos y como inciden las personas, actividades, recursos, entre otros, en los resultados que se obtienen y así tomar decisiones tendientes a lograr mejores resultados que beneficien la operación de la compañía. La falta de planeación del mantenimiento y la nula gestión del almacén y repuestos muestran que la compañía solo trabaja bajo el enfoque de mantenimiento correctivo, atendiendo cada día las dificultades que presentan los activos cumpliendo a toda costa con la producción programada, sin identificar los sobrecostos en los que incurre para lograrlo. Frente a esta situación no hay interés de cambio, como fue expresado ante la inquietud que se planteó, donde se explicó que la incertidumbre sobre los costos que implicaría el cambio del enfoque correctivo a un posible preventivo pueden ser altos y que hasta el momento las cosas han funcionado con resultados “positivos” y se ha ganado experiencia en la respuesta frente a las eventualidades que se presentan.

Tabla 6. Resultados Aplicación encuesta Flash Audit – Empresa Sector Metalmeccánico

ATRIBUTOS / CALIFICACIÓN	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Criticidad
ORGANIZACION	11	1	0	4	25%
RELACIONES CON PRODUCCION	6	2	1	15	67%
ADMINISTRACION DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO	29	4	5	27	49%
PLANEACION DE MANTENIMIENTO	8	0	0	19	70%
DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	6	0	0	10	63%
INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS DE MANTENIMIENTO	3	0	0	5	63%
SERVICIOS DE TERCEROS	6	0	0	5	45%
FORMACION DE PERSONAL	4	1	0	7	58%
ALMACEN Y GESTION DE REPUESTOS	2	0	0	15	88%
INSTALACIONES - GESTION TECNOLÓGICA	3	0	0	8	73%
INVERSION	7	0	0	9	56%
INFORMACION	0	0	1	1	100%
TOTAL	85	8	7	125	59%

**Figura 12.** Diagnóstico de la Gestión del Mantenimiento en empresa sector metalmeccánico. Junio de 2016

3.1.2. Empresa Sector Cadenas

Empresa del sector metalmeccánico, fundada en 1954 se especializa en la construcción de troqueles para fabricación de joyas y moldes para productos eléctricos y plásticos.

Como puede apreciarse en la tabla 7 y en la figura 13, esta compañía no cuenta con el departamento de mantenimiento, no está creado en su sistema organizacional, ni asigna presupuesto y demás recursos necesarios para su funcionamiento. Trabaja bajo el enfoque de mantenimiento correctivo, en la mayoría de las situaciones fábrica internamente los repuestos que se requieren cada vez que hay que intervenir los activos y se apoya en la experiencia del personal técnico para resolver los problemas del día a día. Este es otro de los casos en donde no hay interés de mejorar la gestión del mantenimiento, puesto que más de 50 años haciendo las cosas igual han generado resultados aceptables para sus socios.

Tabla 7. Resultados Aplicación encuesta Flash Audit – Empresa Sector Cadenas

ATRIBUTOS / CALIFICACIÓN	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Criticidad
ORGANIZACION	0	0	0	31	100%
RELACIONES CON PRODUCCION	0	0	0	18	100%
ADMINISTRACION DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO	0	0	0	65	100%
PLANEACION DE MANTENIMIENTO	0	0	0	28	100%
DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	0	0	13	4	40%
INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS DE MANTENIMIENTO	0	0	7	1	70%
SERVICIOS DE TERCEROS	0	0	0	11	100%
FORMACION DE PERSONAL	0	0	11	0	8%
ALMACEN Y GESTION DE REPUESTOS	0	0	4	13	20%
INSTALACIONES - GESTION TECNOLÓGICA	0	0	0	11	100%
INVERSION	0	0	0	18	100%
INFORMACION	0	0	0	4	100%
TOTAL	0	0	35	204	78%



Figura 13. Diagnóstico de la Gestión del Mantenimiento en empresa sector cadenas. Junio de 2016

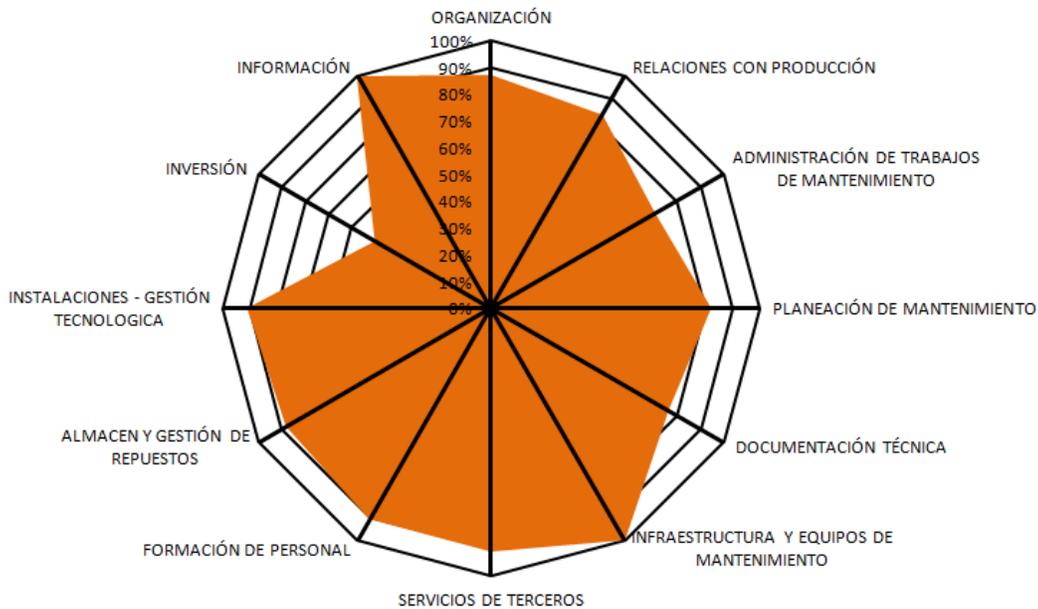
3.1.3. Empresa sector materiales no ferrosos

Empresa fundada en el año 1959, dedicada al desarrollo, fabricación y comercialización de barras, perfiles flejes, alambres en cobre y aleaciones de cobre para la industria metalmeccánica, eléctrica, construcción y del vidrio.

La empresa cuenta con un departamento de mantenimiento estructurado, con posición gerencial en el sistema organizacional de la compañía y con políticas claras en cada uno de los aspectos evaluados. La tabla 8 muestra los datos obtenidos al aplicar la encuesta de diagnóstico, los aspectos a mejorar corresponden principalmente a la asignación de presupuesto para invertir en mantenimiento, pues no se evidencia articulación en el manejo de costos y presupuestos de la compañía respecto al área de mantenimiento (valor total de activos, costos de producción, costos de mantenimiento, valor de inventario de repuestos, entre otros). Otro aspecto por mejorar es el de la “información técnica”, no tener los catálogos y planos al día de los activos afecta directamente la planeación y efectividad de las intervenciones que se realizan a estos; en este aspecto se evidenció falencia en el registro de las variables de conteo (horas, kilómetros, maniobras) y sus respectivos gastos administrativos y operativos. La figura 14 ilustra los aspectos a mejorar de acuerdo a la calificación que se obtuvo por atributo evaluado.

Tabla 8. Resultados Aplicación encuesta Flash Audit – Empresa Sector materiales no ferrosos

ATRIBUTOS / CALIFICACIÓN	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Criticidad
ORGANIZACION	23	4	1	3	13%
RELACIONES CON PRODUCCION	15	0	0	3	17%
ADMINISTRACION DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO	41	5	5	14	29%
PLANEACION DE MANTENIMIENTO	21	2	0	5	18%
DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	13	0	0	4	24%
INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS DE MANTENIMIENTO	8	0	0	0	0%
SERVICIOS DE TERCEROS	10	0	0	1	9%
FORMACION DE PERSONAL	10	0	0	1	9%
ALMACEN Y GESTION DE REPUESTOS	13	2	0	2	12%
INSTALACIONES - GESTION TECNOLOGICA	10	0	0	1	9%
INVERSION	9	0	1	8	50%
INFORMACION	1	3	0	0	0%
TOTAL	174	16	7	42	21%

**Figura 14.** Diagnóstico de la Gestión del Mantenimiento en empresa sector materiales no ferrosos. Junio de 2016

3.1.4. Empresa sector medicamentos naturales

Empresa dedicada a la fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico; con 30 años de existencia en la ciudad de Medellín. Actualmente cuenta con 100 empleados.

La empresa a través del diagnóstico realizado evidencia el interés en consolidar el departamento de mantenimiento y mejorar la gestión de este, ya está estructurado el departamento en el sistema organizacional, pero falta asignar los recursos necesarios para su adecuado desempeño; no cuenta con un sistema de información sistematizado (todo es manual), almacén de repuestos, asignación formal de presupuesto; lo que dificulta la adecuada planeación y administración de las actividades de mantenimiento, arrojando un nivel de criticidad promedio en su gestión del 64% (ver tabla 9). Actualmente tiene definidas actividades de mantenimiento preventivo para los sistemas de aire acondicionado, porque su proceso productivo exige ambientes con temperatura controlada; la gestión del mantenimiento del resto de los equipos es realizada con mantenimiento correctivo, dando respuesta a las diferentes eventualidades a medida que se vayan presentando. En la Figura 15 puede observarse lo alejados que están todos los atributos evaluados para tener una adecuada gestión del mantenimiento.

Tabla 9. Resultados Aplicación encuesta Flash Audit – Empresa Sector Medicamentos Naturales

ATRIBUTOS / CALIFICACIÓN	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Criticidad
ORGANIZACION	15	3	2	6	31%
RELACIONES CON PRODUCCION	10	1	0	12	52%
ADMINISTRACION DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO	20	4	4	36	63%
PLANEACION DE MANTENIMIENTO	8	1	0	19	68%
DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	6	0	0	11	65%
INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS DE MANTENIMIENTO	3	0	0	5	63%
SERVICIOS DE TERCEROS	0	0	0	11	100%
FORMACION DE PERSONAL	0	1	0	10	91%
ALMACEN Y GESTION DE REPUESTOS	0	0	0	17	100%
INSTALACIONES - GESTION TECNOLOGICA	9	0	0	2	18%
INVERSION	0	0	0	9	100%
INFORMACION	0	1	1	1	67%
TOTAL	71	11	7	139	64%

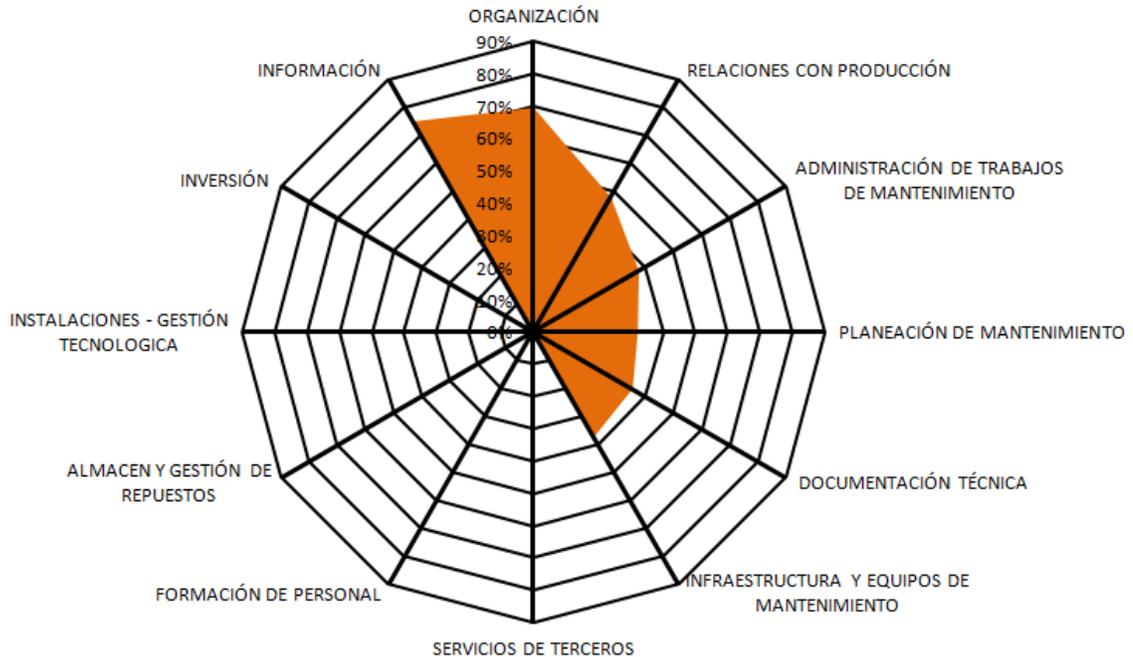


Figura 15. Diagnóstico de la Gestión del Mantenimiento en empresa sector medicamentos naturales. Junio de 2016

3.2. CONSUMO ENERGÉTICO, UNIDADES PRODUCIDAS Y ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Luego de realizado el diagnóstico de mantenimiento en las empresas se procedió a la obtención de los datos tanto de consumo energético por periodo como las unidades producidas y las actividades de mantenimiento en los mismos periodos.

Para obtener la información sobre las actividades de mantenimiento se evidenció la importancia que tiene el adecuado manejo de la información, no solamente por el registro de las actividades que ejecuta este departamento sino por el tipo de información que se guarda. En las empresas estudiadas en este proyecto se halló diversidad en cuanto al registro y la medición de la gestión del mantenimiento; una de ellas solo contaba con el número de actividades correctivas atendidas por cada periodo (solo trabaja bajo el enfoque de mantenimiento correctivo), otra empresa de manera física tenía el listado de las intervenciones realizadas de mantenimiento por periodo sin discriminar a qué tipo de mantenimiento correspondían (recurriendo en este caso a clasificarlas apoyados en la memoria de la persona encargada del mantenimiento), otra de las empresas tenía los

registros de las actividades correctivas más importantes en la libreta del encargado de mantenimiento sin hallarse otro tipo de registro ya fuera de costos por el departamento de contabilidad por ejemplo o de horas hombre; solo una compañía dispone de un software desarrollado por ellos y con la información ordenada y clasificada, tienen como objetivo claro disminuir los correctivos y van avanzando en la implementación del mantenimiento preventivo. A continuación, se relaciona la información obtenida de cada empresa:

3.2.1. Empresa Sector Metalmeccánico

Tabla10. Consumo energético y kilos producidos empresa metalmeccánico

2015	kWh	kg total	kg trefilación	kg cabeceada
ENE	82242,46	222513,5	122795,3	99718,2
FEB	86967,06	231738,4	110957,1	120781,3
MAR	94513,98	247472,1	133351,1	114121,0
APR	97967,76	303705,6	150557,0	153148,6
MAY	104614,62	268695,2	132933,4	135761,8
JUN	101249,94	259113,6	129559,0	129554,6
JUL	105346,89	274668,4	154510,4	120158,0
AGO	106397,61	263228,3	141628,0	121600,3
SEP	117280,35	290918,7	178885,5	112033,2
OCT	109593,72	286256,1	144098,0	142158,1
NOV	100504,47	228394,9	114236,2	114158,7
DIC	73234,92	157596,2	77755,5	79840,7

En la tabla 10 y la figuras 16 puede evidenciarse la relación entre el consumo energético y la cantidad de producto obtenido. La figura 16 muestra la relación producción y consumo de energía en la empresa durante el mismo año.

Relación producción y consumo de energía

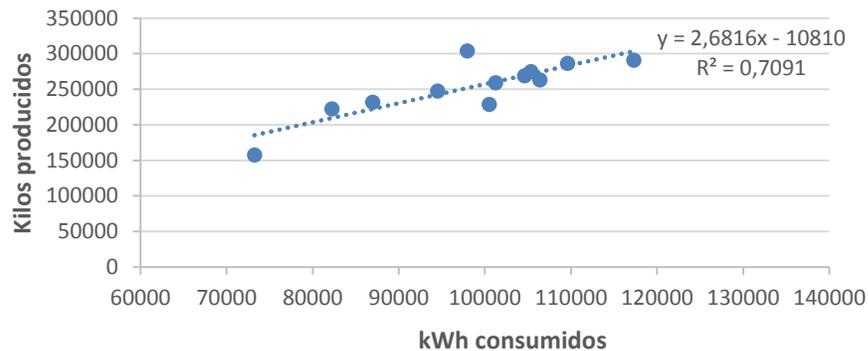


Figura 16. Relación producción y consumo de energía durante el año 2016 para la empresa sector metalmeccánico

La figura 16 ilustra la energía usada respecto a la producción obtenida en el mismo periodo de tiempo revelando información importante sobre la eficiencia del proceso. Para este tipo de gráficos una correlación entre las variables de 0,85 se cataloga como buena y con la ecuación obtenida pueden hacerse proyecciones futuras, como lo indica la UPME en su publicación “Herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética” (<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/herramientas.pdf>). Como se observa en la figura 16 para la empresa analizada la correlación es de 0,709 y se deduce que hay una relación lógica entre la producción obtenida y el consumo de energía (a mayor producción mayor consumo), lo que se corrobora al graficar la producción y el consumo energético en el tiempo (ver la figura 17), donde la desviación atípica que sobresale corresponde al mes de abril entre los demás meses registrados, esto debido a que fue el mes con mayor producción de remaches, tornillos, arandelas y clavos (ver tabla 10), comparada con otros meses. Cabe anotar que el mes de septiembre reporta el mayor consumo de energía de todo el año y es lógico dicho consumo puesto que este mes reporta la mayor producción en kg del área de trefilación, área donde los motores de las máquinas son los mayores consumidores de energía de toda la planta.



Figura 17. Producción y consumo energético para el año 2016 en la empresa sector metalmeccánico

Para identificar una posible correlación de la información hasta el momento analizada con las actividades de mantenimiento en la tabla 11 puede observarse la información entregada por la empresa, donde se observa que el registro se realiza por actividades de mantenimiento en cada una de las áreas de la empresa sin discriminar si estas son correctivas o preventivas, aunque verbalmente el encargado del mantenimiento informó que la compañía trabaja bajo el enfoque de mantenimiento correctivo y que a través de los años han logrado dar una adecuada respuesta a las situaciones imprevistas que se van presentando.

Tabla 11. Comportamiento Órdenes de Servicio de Mantenimiento - Empresa sector metalmeccánico

NÚMERO DE ORDENES DE MANTENIMIENTO								
Periodo / Áreas	Taller	Galvanizado	Trefilación	Remaches	Tornillos	Fundición	Extrusión	TOTAL
Ene	0	10	12	23	7	7	0	59
Feb	0	16	20	28	12	2	0	78
Mar	1	5	17	28	7	0	0	58
Abr	0	16	17	50	12	4	1	100
May	3	17	26	25	14	0	1	86
Jun	0	16	28	19	5	0	1	69
Jul	7	13	17	37	11	1	0	86
Ago	0	17	10	19	5	2	2	55
Sep	2	25	24	43	13	0	1	108
Oct	19	19	35	9	0	0	1	83
Nov	2	19	17	25	8	0	0	71
Dic	0	3	2	16	2	0	0	23

Con el fin de identificar las áreas donde más órdenes de mantenimientos son atendidas se realizó un análisis de Pareto, con el que se identificaron como las áreas donde se concentran el 82,5% de las ordenes de servicio del departamento de mantenimiento las de remaches, trefilación y galvanizado, ver la tabla 12.

Tabla 12. Órdenes de mantenimiento atendidas en cada área de la Empresa sector metalmecánico durante al año 2016

Área	Total Ordenes atendidas	Análisis de Pareto (%)
Remaches	322	36.7
Trefilación	225	62.4
Galvanizado	176	82.5
Tornillos	96	93.4
Taller	34	97.4
Fundición	16	99.2
Extrusión	7	100

Para analizar con más detalle las ordenes en estas tres áreas, se organizó el registro de la empresa como se ve en la tabla 13. En donde claramente se identifican como los meses donde más correctivos se presentaron son septiembre y abril respectivamente, resaltando que durante el mes de septiembre hubo un incremento en el consumo energético sin obtenerse incremento en los kilos producidos que justificara su consumo elevado, pero donde se observa el mayor número de órdenes de mantenimiento atendidas ocurrió en el área de galvanizado. Durante abril, a pesar de ser el mes de mayores kilos obtenidos se identifica a la vez el mes de mayores correctivos atendidos en el área de remaches. De esto se puede deducir que la correlación existente entre el mantenimiento y los consumos energéticos depende mucho del tipo de máquinas y su cantidad; en este caso particular a pesar de que en remaches hay más equipos que en el área de galvanizado, las fallas que se presentan no originan incremento en el consumo energético.

Tabla 13. Ordenes de servicios atendidos por mantenimiento por área de Empresa sector metalmecánico

Periodo / Área	Remaches	Trefilación	Galvanizado	Total
Enero	23	12	10	45
Febrero	28	20	16	64
Marzo	28	17	5	50
Abril	50	17	16	83
Mayo	25	26	17	68
Junio	19	28	16	63
Julio	37	17	13	67
Agosto	19	10	17	46
Septiembre	43	24	25	92
Octubre	9	35	19	63

Noviembre	25	17	19	61
Diciembre	16	2	3	21

En la figura 18 se incluye el dato de las órdenes de mantenimiento atendidas para los respectivos meses del año 2016 que se están analizando. Para los meses de mayor consumo de energía (septiembre) se observa el mayor número de órdenes correctivas y para el mes de agosto se evidencia la menor atención de órdenes correctivas, especialmente en el área de trefilación (máquinas de mayor consumo energético) acompañada de una disminución en el consumo energético (ver tabla 10).

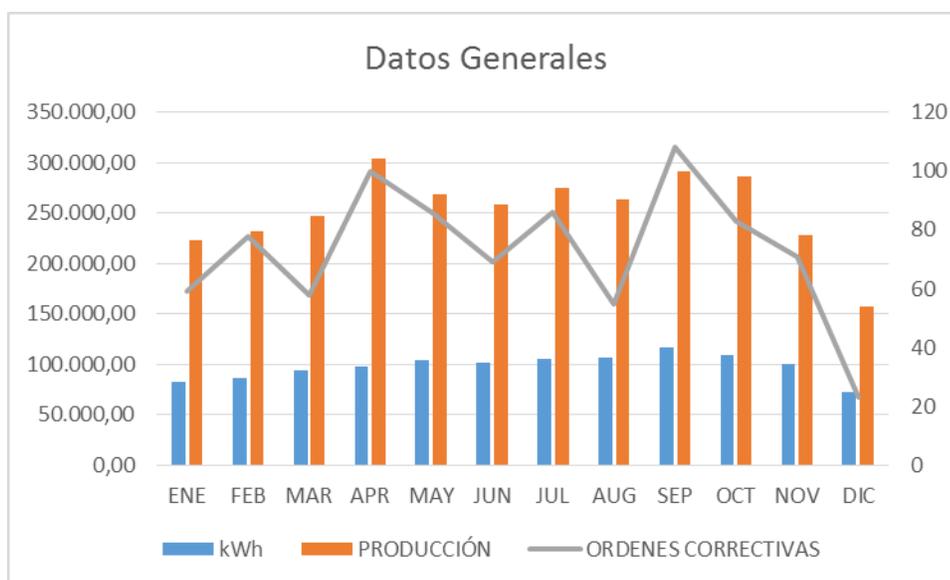


Figura 18. Producción, consumo energético y órdenes de mantenimiento correctivo atendidas para el año 2016 en la empresa sector metalmeccánico

3.2.2. Empresa Sector cadenas

Tabla 14. Consumo energético y unidades producidas empresa sector cadenas

2015	kWh	kg	OT correctivas
ENE	23.374,32	5420	2
FEB	35.593,43	7900	6
MAR	42.285,11	3141	4
ABR	29.664,93	7655	2
MAY	36.723,13	3652	3
JUN	32.042,23	5750	5

JUL	40.076,02	4536	5
AGO	35.915,88	5242	5
SEP	38.294,24	7295	5
OCT	45.375,14	5144	1
NOV	40.361,00	5213	6
DIC	30.143,28	2970	3

Como se registró anteriormente, esta compañía no cuenta con el departamento de mantenimiento, no está creado en su sistema organizacional, ni asigna presupuesto y demás recursos necesarios para su funcionamiento. Trabaja bajo el enfoque de mantenimiento correctivo y los registros encontrados fueron manuales y dispersos en diferentes departamentos de la empresa. Por lo anterior, la tabla 14 no puede mostrar una relación tendencial entre consumo energético, producción y órdenes de mantenimiento correctivo. Al observar los meses de mayor consumo energético, octubre – marzo -julio, no coinciden con los meses de mayor producción en kilos, febrero – abril – septiembre, respectivamente. Adicionando a esto que para los mismos meses mencionados se observa una contradicción respecto a las órdenes de mantenimiento correctivo, siendo febrero el mes de mayor número de órdenes atendidas con la mayor producción en kilos y un consumo de energía no tan alto como en otros meses del año. Las figuras 19 y 20 muestran la amplia dispersión en los datos y que no permite deducir relaciones entre las variables de estudio, esto debido a la forma como la compañía realiza los registros de dichas variables, sin rigurosidad y control de las mismas.

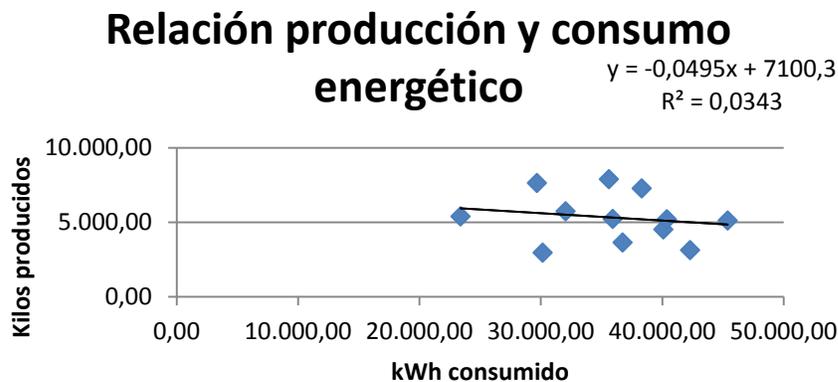


Figura 19. Relación producción y consumo de energía durante el año 2016 - Empresa sector cadenas

La correlación hallada entre los kWh consumidos y la producción de 0,03 (muy distante de 0,85), lo que muestra los enormes problemas en cuanto la eficiencia energética que debería tener su proceso productivo.

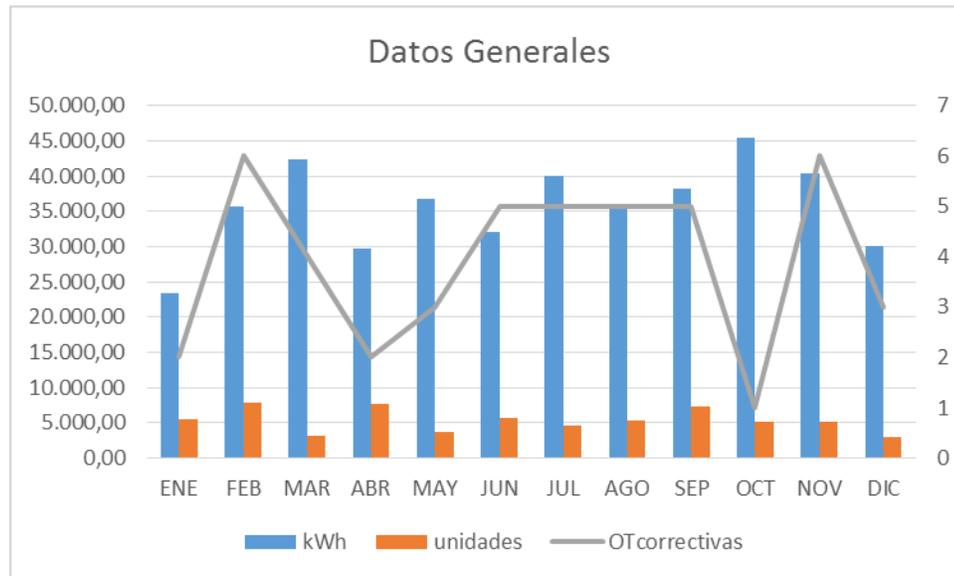


Figura 20. Producción, consumo energético y órdenes de mantenimiento correctivo atendidas para el año 2016 - Empresa sector cadenas

Al observar la figura 20 se evidencia la falta de correlación entre las tres variables impidiendo completamente su análisis, durante el mes de octubre se registra el mayor consumo de energía, el menor número de órdenes de mantenimiento correctivo y su producción en kilos no es de las mayores, frente a lo que no se encuentra explicación en los mismos datos debido a que no existe un registro discriminado de producción por áreas o grupos de máquinas que pudieran explicar esto, ni tampoco se diferencia el consumo de energía por secciones o equipos de producción.

3.2.3. Empresa Sector materiales no ferrosos

De la empresa se obtuvieron los datos correspondientes al año 2016. Esta compañía tiene un sistema de información centralizado del cual se obtuvo el registro del consumo energético por mes, este sin discriminar unidades de producción o grupos de máquinas, igual que los kilos producidos para el mismo periodo de tiempo, como también de las ordenes de trabajo de mantenimiento atendidas, tanto correctivas como preventivas; en la tabla 15 pueden observarse los datos obtenidos.

Tabla 15. Consumo energético y unidades producidas empresa sector materiales no ferrosos

AÑO 2016	kWh	kilos	OT Mtto Correctivo	OT Mtto Preventivo
ENE	209.281	97.718	144	29
FEB	182.161	98.810	69	16
MAR	194.785	85.037	117	40
APR	207.790	85.000	216	50
MAY	180.226	88.570	257	19
JUN	166.243	77.165	163	31
JUL	181.416	91.554	142	61
AUG	175.074	97.205	136	47
SEP	193.454	100.139	143	37
OCT	234.608	101.634	156	31
NOV	193.385	94.200	192	51
DIC	165.529	78.037	179	24

En la figura 21 se observa la correlación obtenida de graficar los kilos producidos contra los kWh consumidos; con este proceso productivo se presenta un caso particular, miden la producción en kilos, pero por ejemplo fabricar una barra de 2" de diámetro en peso puede equivaler a varias barras de 1/2", y en el segundo caso se consume más energía. Esto explica que la correlación entre producción y consumo de energía este tan alejada de 0,85. Pero no obstante se evidencia una relación entre las ordenes de trabajos de mantenimiento registradas en el sistema de información con los correspondientes kWh consumidos (ver la figura 22), por ejemplo para los meses de enero y febrero se observa una producción en kilos muy similar y un consumo de energía muy diferente, evidenciándose en los datos que el mayor consumo corresponde a la mayor cantidad de OT atendidas; igual sucede al ver los datos correspondientes para los meses de marzo, abril y mayo; y de septiembre y octubre.

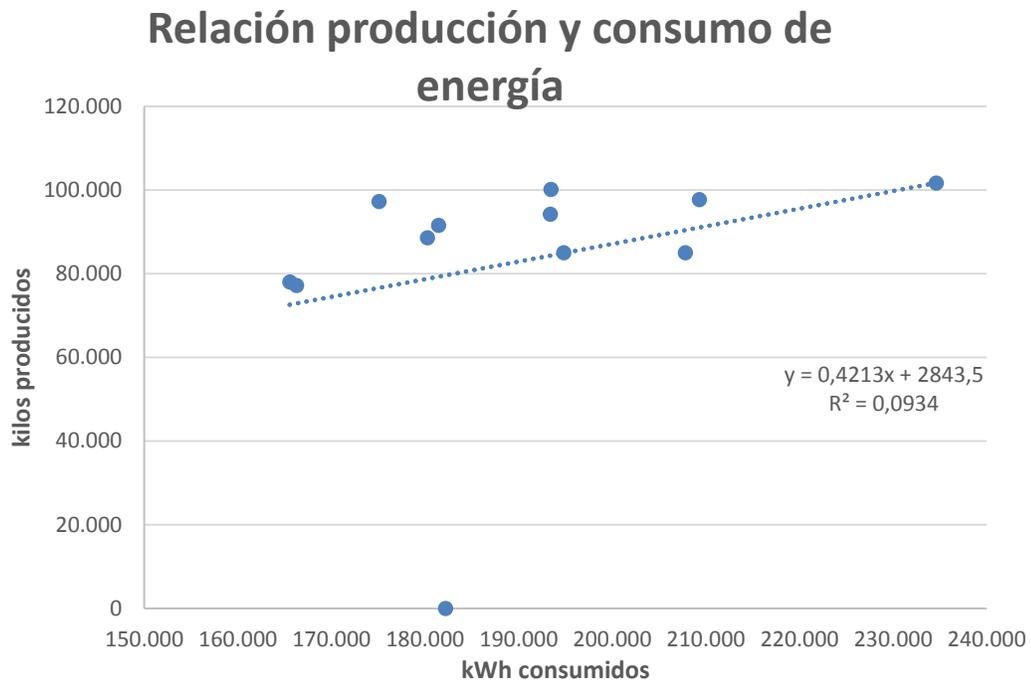


Figura 21. Relación producción y consumo de energía durante el año 2015 - Empresa sector materiales no ferrosos

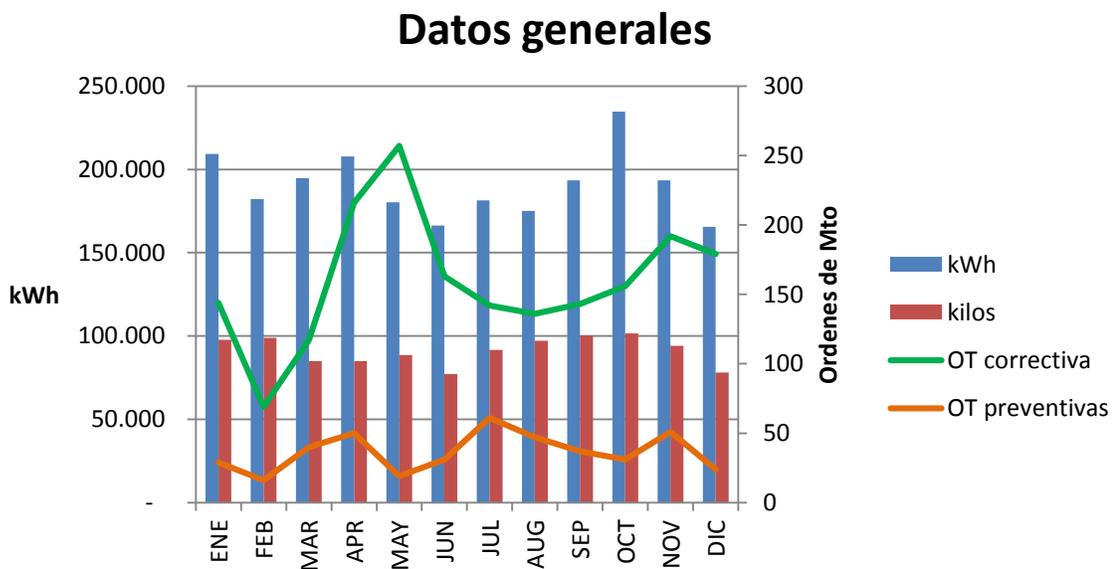


Figura 22. Relación consumo de energía, kilos producidos y OT de mantenimiento durante el año 2016 - Empresa sector materiales no ferrosos

Es importante entonces analizar las órdenes de mantenimiento para cada mes del año 2016 y por unidad de producción, para identificar el grupo de máquinas atendidas en cada mes y si las que más fallas presentan corresponden a las de mayor o menor consumo de energía. Del sistema de información del departamento de mantenimiento se logró obtener la información que se relaciona en la tabla 16 respectivamente.

Tabla 16. Ordenes de mantenimiento atendido por unidades de producción durante el año 2016

UNIDAD PRODUCTIVA	OT CORRECTIVAS	O.T.PREVENTIVAS
1. Fundición	358	138
2. Extrusión	213	42
3. Calibración	172	48
4. Trefilería	104	81
5. Laminación	71	56
6. Materiales	12	1
7. Operaciones	4	33
8. CentroMecanizado	4	4

Tabla 17. Ordenes de mantenimiento atendidas cada mes del año 2016 en cada unidad productiva de empresa sector materiales no ferrosos

Un.Prod	1	2	3	4	5	6	7	8
Enero	33	19	10	18	12	1	1	0
Febrero	29	3	5	2	9	0	0	0
Marzo	42	6	13	20	15	0	1	0
Abril	63	25	16	29	21	0	1	2
Mayo	68	20	18	20	3	5	0	1
Junio	50	15	16	9	3	2	4	4
Julio	42	22	26	19	10	3	2	0
Agosto	43	16	16	12	10	1	7	1
Septiembre	38	15	14	14	18	0	5	0
Octubre	27	33	32	5	7	0	4	0
Noviembre	45	31	26	28	15	1	6	0
Diciembre	16	50	28	9	4	0	6	0
TOTAL	496	255	220	185	127	13	37	8

Del total general de OT de mantenimiento atendidas a las principales unidades productivas de la empresa durante el 2016 (1341 de un total de 2350 OT), el 69.4% corresponden a mantenimiento correctivo y 30.6% a mantenimiento preventivo; y como se observa en la tabla 17 la mayor cantidad de órdenes de mantenimiento se concentran en la unidad productiva de fundición, área de mayor consumo energético debido a que es la que cuenta con más equipos, un total de 20 (hornos, lingoteras, torres de enfriamiento, polipastos y

puente grúa, entre otros) y la que alimenta el resto de las unidades productivas de extrusión, calibración, laminación y trefilación. Desafortunadamente la empresa no cuenta con el registro del consumo de energía desagregado por áreas o unidades productivas como si lo tiene de las órdenes de mantenimiento, como se ve en la tabla 17.

3.2.4. Empresa Sector medicamentos naturales

De la empresa farmacéutica, solo se obtuvieron los datos correspondientes al primer semestre del año 2016. Esta compañía no tiene un sistema de información centralizado y lo que se obtuvo fue la copia de las facturas de EPM y se accedió al registro manual tanto de las unidades producidas como de las acciones de mantenimiento que se tenían para el mismo periodo de tiempo. En la tabla 18 pueden observarse los datos obtenidos.

Tabla 18. Consumo energético y unidades producidas empresa sector medicamentos naturales

2015	kWh	Unidades	% Mto Preventivo	% Mto Correctivo
ENE	5899	68.481	80	20
FEB	9920	157.768	67	33
MAR	9602	116.752	78	22
ABR	8644	84.860	93	7
MAY	8152	89.757	100	0
JUN	8314	82.751	87	13

En la figura 23 puede observarse la correlación entre las unidades producidas y la energía consumida, la cual es de 0,691. Este valor ilustra una relación lógica (a más unidades producidas mayor consumo de energía) con muchas oportunidades de mejora para alcanzar un coeficiente de correlación de 0,85.

Relación producción y consumo de energía

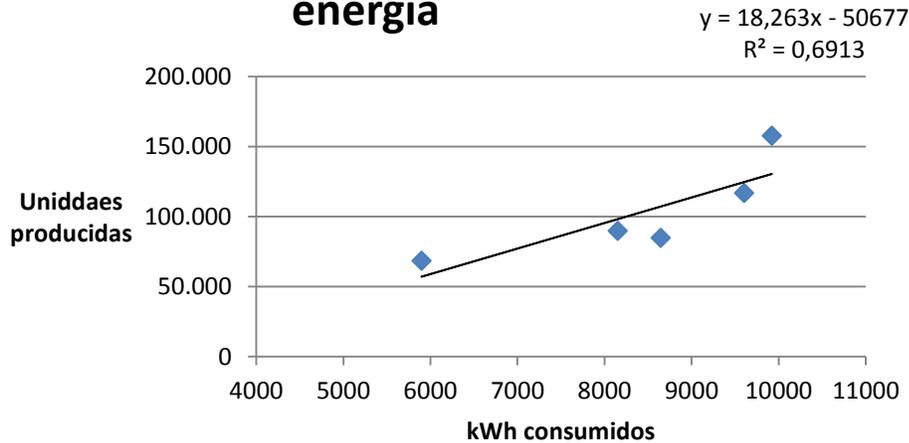


Figura 23. Relación producción y consumo de energía durante el primer semestre del año 2016 - Empresa sector medicamentos naturales

En la figura 24 al superponer los datos de producción y consumo de energía puede observarse en el mes de mayo un leve aumento en las unidades producidas con una disminución del consumo energético, comportamiento atípico, pero desde las acciones de mantenimiento dadas durante este mes se resalta que no ocurrieron intervenciones correctivas a diferencia del resto de los meses, ver la figura 25.

Producción y consumo en el tiempo

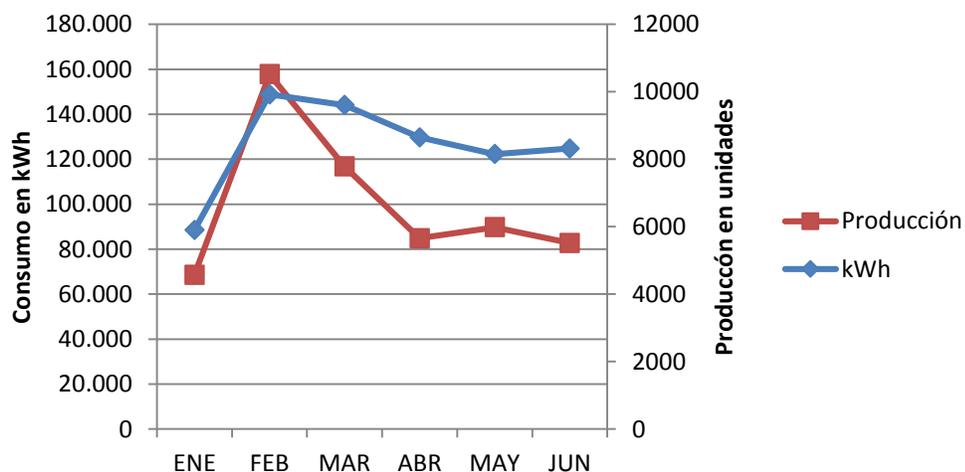


Figura 24. Producción y consumo energético durante el primer semestre del año 2015 - Empresa sector medicamentos naturales

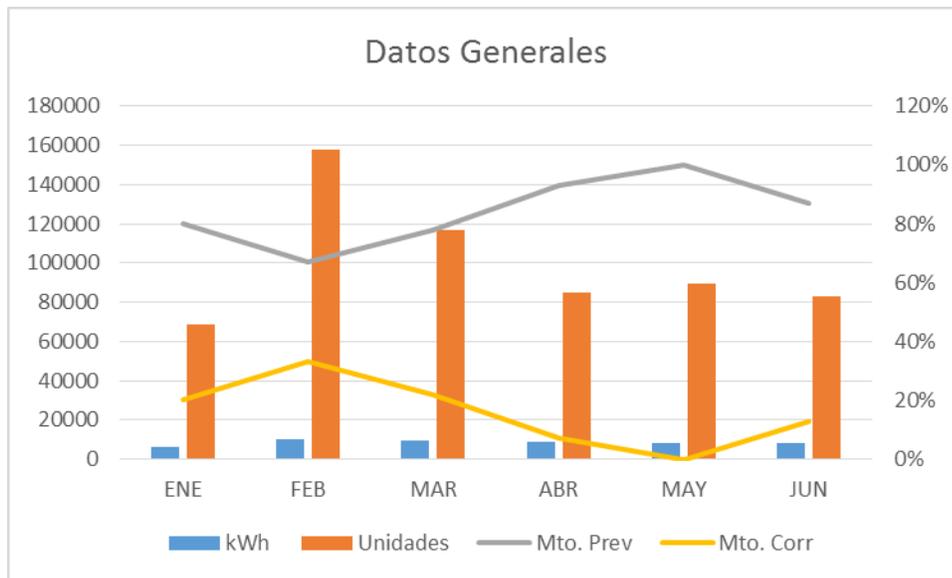


Figura 25. Relación acciones de mantenimiento con el consumo de energía, durante el primer semestre del año 2016 - Empresa sector medicamentos naturales

3.2.5. Empresa Sector del Plástico

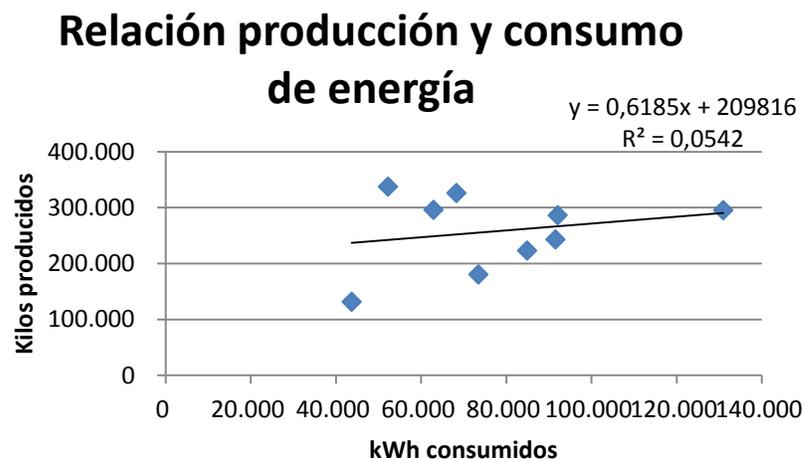
La empresa fue fundada de 1987 con el fin de producir piezas plásticas para la industria de la minería (flotadores, granadas, tanques de aire para buceo y casillas para dragas); pero en 1991 la demanda de estos productos fue disminuyendo por la situación de orden público del país; situación que obligo la diversificación de los productos convirtiéndola en la empresa pionera en la fabricación de productos plásticos por rotomoldeo para la fabricación de tanques plásticos principalmente.

De esta empresa se obtuvieron los datos correspondientes a 9 meses del año 2016, el resto del año la empresa se concentró en el traslado de sus instalaciones por lo que el comportamiento de la producción tuvo alteraciones y se decidió no considerarlos en el presente análisis. Tampoco se registra auditoria de mantenimiento debido al tema mencionado de traslado, lo que dificultó el cumplimiento de esta actividad por no tener acceso a los jefes de las áreas de mantenimiento y producción. En la tabla 19 pueden observarse los datos obtenidos correspondientes a consumo de energía eléctrica, consumo de gas (principal energético del proceso productivo), unidades producidas y ordenes de mantenimiento atendidas.

Tabla 19. Consumo energético y unidades producidas empresa sector plástico

Periodo	kWh	m ³	Kg		
			producido	preventivo	correctivo
ene-16	62.910	98.565	296.515	45	0
feb-16	68.310	109.105	326.362	32	0
mar-16	92.035	97.021	286.345	32	0
abr-16	52.205	121.808	337.918	49	3
may-16	130.910	103.747	295.867	32	1
jun-16	91.580	92.791	243.210	32	3
jul-16	43.675	47.808	131.427	53	2
ago-16	84.920	85.701	223.188	32	3
sep-16	73.490	70.841	180.491	16	4

En la figura 26 puede observarse la correlación entre los kilogramos producidos y la energía eléctrica y en la figura 27 los kilogramos producidos y el consumo de gas respectivamente, siendo este el principal energético que se utiliza en el proceso productivo. La correlación existente entre los kg producidos y el gas consumido es superior a 0,85 (0,95) lo que indica que la ecuación obtenida puede utilizarse para hacer proyecciones futuras respecto al consumo de gas de acuerdo a la producción que se requiera. Esto no ocurre al revisar la correlación con la energía eléctrica utilizada, dio 0,054, esto debido a que se iniciaron pruebas con una materia prima que suprimía el uso de tres equipos consumidores de energía eléctrica, en unos periodos se utilizaba y en otros no para evaluar el beneficio de cambiar la materia prima que tradicionalmente se usaba.

**Figura 26.** Relación producción y consumo de energía durante tres trimestres del año 2016 - Empresa sector plástico.

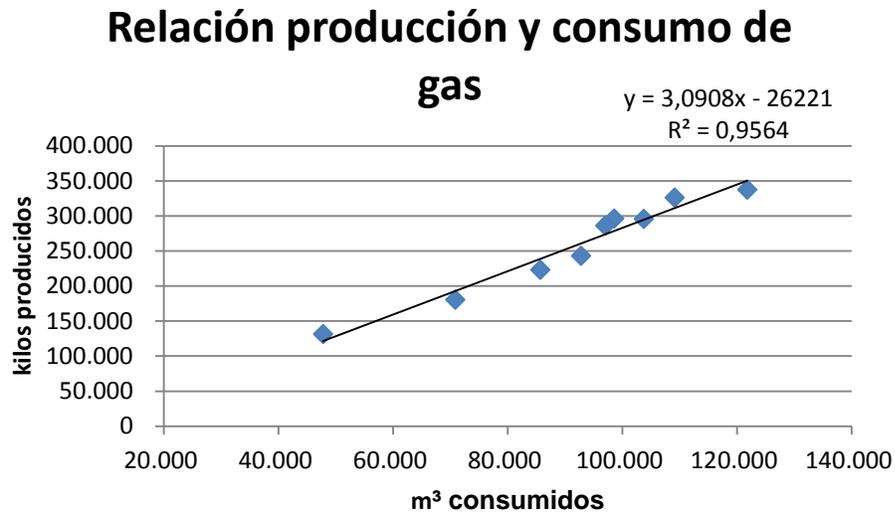


Figura 27. Relación producción y consumo de gas durante tres trimestres del año 2016 - Empresa sector plástico.

En la figura 28 se grafican los datos generales, cabe resaltar que en el mes de julio la producción en kg es la menor con el mayor número de intervenciones preventivas, la explicación de este comportamiento está en que debido a la baja demanda se aprovechó para intervenir los equipos pues la política de mantenimiento es disminuir al máximo los correctivos partiendo de las acciones básicas del mantenimiento preventivo: limpieza, lubricación y ajustes. El mes de septiembre presenta el mayor número de intervenciones por mantenimiento correctivo acompañado de la menor producción de kg, y para los meses donde no se dan intervenciones correctivas (enero, febrero y marzo) se observa el menor consumo de energía eléctrica acompañado de la mayor cantidad de intervenciones de mantenimiento preventivo (enero), aunque menos kg producidos.

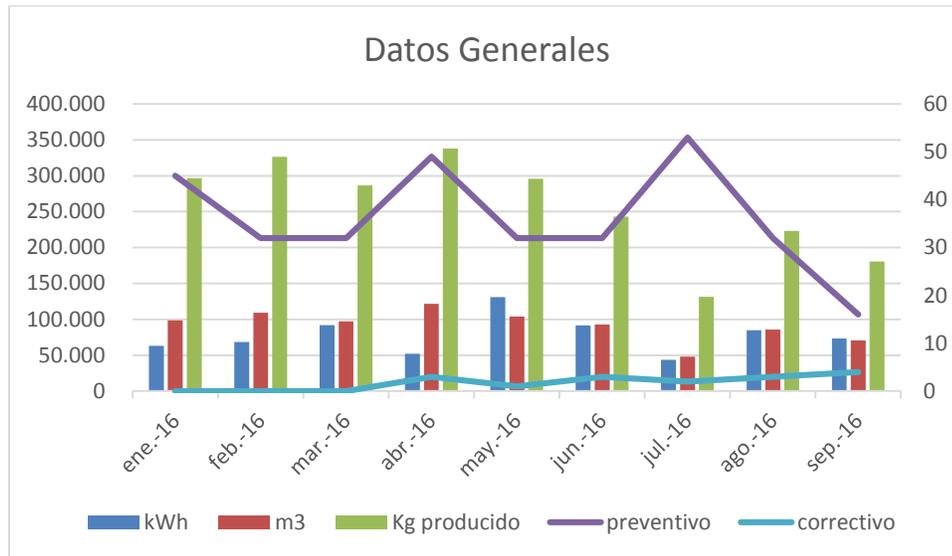


Figura 28. Relación acciones de mantenimiento con el consumo de energía durante tres trimestres del año 2016 - Empresa sector plástico.

3.3. RELACIÓN GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se ha evidenciado la necesidad de establecer la relación URE – mantenimiento para el logro de beneficios en la rentabilidad de las empresas y así obtener herramientas más sólidas que ayuden a justificar desde el punto de vista de la gestión del mantenimiento el aumento de la eficiencia energética, donde esta para el caso en estudio relaciona la producción obtenida con el consumo de energía generado para tal fin, ver la ecuación 2:

$$\text{Eficiencia energética} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Consumo de energía}} \quad (2)$$

Así el aumento en la eficiencia energética que tanto se promueve desde el Ministerio de Minas y Energía puede lograrse disminuyendo el consumo de energía para la obtención de una determinada cantidad de producción o en su defecto aumentar la producción sin un considerable aumento en la energía utilizada, pero es acá donde el mantenimiento influye en los resultados obtenidos porque es a partir de la gestión del mantenimiento que

se logra la disponibilidad de los activos para la producción y dependiendo de su estado un mayor o menor consumo de energía; lo que en términos finales genera mayores o menores beneficios económicos por la inversión que implican. La atención de órdenes correctivas en mayor cantidad sobre las órdenes preventivas genera mayores gastos ya sea por los afanes que implica la intervención pronta para el cumplimiento de la producción o por la disminución en la producción que el paro del activo genera.

3.3.1. Empresa sector metalmeccánico

Para esta empresa en estudio se obtuvieron los datos que se ilustran en la tabla 20 de eficiencia energética y se confrontan con las actividades de mantenimiento registradas para los mismos periodos analizados:

Tabla 20. Eficiencia energética y ordenes de mantenimiento para el año 2016– Empresa sector metalmeccánico

2015	EE		kWh
	(kg/kWh)	OT Mtto	
ENE	2,7	59	82242,46
FEB	2,7	78	86967,06
MAR	2,6	58	94513,98
APR	3,1	100	97967,76
MAY	2,6	86	104614,62
JUN	2,6	69	101249,94
JUL	2,6	86	105346,89
AGO	2,5	55	106397,61
SEP	2,5	108	117280,35
OCT	2,6	83	109593,72
NOV	2,3	71	100504,47
DIC	2,2	23	73234,92

Puede observarse como en los periodos de enero y febrero donde la eficiencia energética es la misma, es decir la relación producción y consumo energético tiene correlación válida, el número de órdenes de trabajo difiere, y efectivamente febrero reporta el mayor consumo de energía acompañado de un incremento en los mantenimientos atendidos. Si se analizan los meses con igual eficiencia energética, marzo – mayo – junio – julio y octubre, se observa la relación entre el consumo energético en kWh y las OT de mantenimiento atendidas siendo el menor para junio y el mayor para octubre, con una diferencia entre las OT atendidas del 20% y registrándose el mayor consumo de energía en el mes de octubre

(8% por encima), este con mayor cantidad de órdenes de mantenimiento correctivas registradas también. Para el mes de mayor eficiencia energética (3.1 – abril), cabe anotar su máxima producción de remaches, tornillos, arandelas y clavos (máquinas de menor consumo energético) y con un número de OT registradas por encima del promedio, lo que lo hace atípico frente al resto de los meses del año 2016.

Del análisis anterior para la empresa, se encuentra un aumento en el consumo energético con el aumento en los mantenimientos correctivos que se atendieron en el respectivo periodo, lo que evidencia la influencia que tiene la baja disponibilidad de los activos en el consumo de energía y por tanto en la rentabilidad de la compañía, puesto que al lograr la producción debe pagar más por la energía utilizada para tal fin.

3.3.2. Empresa sector cadenas

Tabla 21. Eficiencia energética y órdenes de mantenimiento para el año 2016 en empresa sector cadenas

2016	OT correctivas	EE (kg/kWh)
ENE	2	0,23
FEB	6	0,22
MAR	4	0,07
ABR	2	0,26
MAY	3	0,10
JUN	5	0,18
JUL	5	0,11
AGO	5	0,15
SEP	5	0,19
OCT	1	0,11
NOV	6	0,13
DIC	3	0,10

El mes de más baja eficiencia energética es marzo (0.07) y el de mayor es abril (0,26), nótese la diferencia en el registro de órdenes de mantenimiento correctivas, siendo mayor su cantidad en el mes respectivo de menos eficiencia energética; desafortunadamente la poca información que esta empresa registra genera poca confiabilidad e impide hacer un análisis adecuado. La correlación producción vs consumo de energía (0,034) dista demasiado de 0,85 y los registros manuales de las intervenciones de mantenimiento correctivo mayores, que según el técnico mecánico, solo corresponden a las intervenciones que implicaron la fabricación de un repuesto; no reflejan la realidad del mantenimiento en la empresa.

3.3.3. Empresa sector materiales no ferrosos

En la tabla 22 se observan para los diferentes meses del año 2016 las eficiencias energéticas obtenidas con los respectivos datos de producción lograda y kWh consumidos.

Tabla 22. Eficiencia energética y órdenes de mantenimiento para el año 2016 en empresa sector materiales no ferrosos

AÑO 2016	EE (kg/kWh)	OT Mtto
ENE	0,47	94
FEB	0,54	48
MAR	0,44	97
APR	0,41	157
MAY	0,49	135
JUN	0,46	103
JUL	0,50	124
AUG	0,56	106
SEP	0,52	104
OCT	0,43	108
NOV	0,49	152
DIC	0,47	113

Puede observarse como el mes de mayor eficiencia energética (agosto – 0,56) reporta un menor número de OT de mantenimiento (106) comparándolo con el mes de menor eficiencia energética (abril – 0,41) en el que se reporta el mayor número de OT de mantenimiento (157). La diferencia del 58% en OT atendidas corresponde a un 19% de diferencia en el consumo de energía.

En esta empresa es de resaltar la cantidad y confiabilidad de información que registran, por la que se logra evidenciar la relación entre las variables; lo que evidencia la importancia de los sistemas de información para controlar los procesos y tomar decisiones acertadas a tiempo.

3.3.4. Empresa sector medicamentos naturales

En la tabla 23 se observan para los diferentes 6 meses del año 2016 las eficiencias energéticas obtenidas con los respectivos datos de producción lograda y kWh consumidos.

Tabla 23. Eficiencia energética y órdenes de mantenimiento para el año 2016 en empresa farmacéutica

2015	EE Kg/kWh	%Mtto Preventivo	% Mtto Correctivo
ENE	11,61	80%	20%
FEB	15,90	67%	33%
MAR	12,16	78%	22%
ABR	9,82	93%	7%
MAY	11,01	100%	0%
JUN	9,95	87%	13%

Al comparar los periodos de mayor y menor eficiencia energética obtenida (febrero y abril respectivamente) se observa que a mayor intervención preventiva se disminuye la eficiencia energética debido a la baja en la producción obtenida lo que indica que es necesario reevaluar la planeación de las acciones de mantenimiento; y para el mes de abril con mayor intervención correctiva se obtiene la mayor producción de unidades con el mayor consumo de energía, se cumple con la producción pero aun costo mayor afectando la rentabilidad posiblemente del periodo. Esta empresa solo realiza acciones preventivas al sistema de aire acondicionado, pero debe evaluarse la programación de estas intervenciones de modo que no afecten los programas de producción. Es importante resaltar que los registros de información son manuales, acompañados de la memoria del supervisor de mantenimiento, lo que genera baja confiabilidad en los datos obtenidos para el estudio de esta empresa, pero esto es el reflejo de la realidad al interior de muchas Pymes de la ciudad donde no hay cultura del registro de variables importantes que posibiliten el control de las actividades que se llevan a cabo en los diferentes procesos.

3.3.5. Empresa Sector Plástico

En la tabla 24 se observan para los diferentes 6 meses del año 2016 las eficiencias energéticas obtenidas con los respectivos datos de producción lograda y m³ consumidos.

Tabla 24. Eficiencia energética y órdenes de mantenimiento para el año 2016 en empresa sector plástico

Periodo	EE Kg/m ³	Mttopreventivo	Mttocorrectivo
ene-16	3,01	45	0
feb-16	2,99	32	0
mar-16	2,95	32	0
abr-16	2,77	49	3
may-16	2,85	32	1

jun-16	2,62	32	3
jul-16	2,75	53	2
ago-16	2,60	32	3
sep-16	2,55	16	4

El primer trimestre se caracteriza por no presentar intervenciones de mantenimiento correctivo, y resalta el hecho de que el mes de enero (con mayor EE) es el mes de mayor intervención preventiva con el menor consumo de recurso energético. El mes de menor eficiencia energética (septiembre) está acompañado del mayor número de intervenciones correctivas y las menos acciones preventivas ejecutadas. La relación encontrada con estos datos fue de 16% de consumo de energía (kWh) por debajo y mayores intervenciones preventivas y cero correctivos atendidos.

3.3.6. Resultados caso estudio empresa UMO S.A. (año 2011)

Al retomar los resultados del caso estudio realizado por Orrego en el año 2011, los hallazgos encontrados respecto a la relación URE – Mantenimiento se resaltan así:

Tabla 25. Ahorros alcanzables en consumo energético basado en las estrategias de mantenimiento

Escenario	Correctivo [%]	Preventivo [%]	Mejorativo [%]	Tiempo no Registrado [%]	Ahorro alcanzable en Energía [%]
1	20	31	29	20	0,3
2	5	81	7	7	6,2
3	8	67	0	25	15,5
4	9	71	21	0	19,4

En la tabla 25 se observa la tendencia que se muestra donde un bajo mantenimiento preventivo del 31% no aporta de manera sustancial al ahorro energético, pero cuando este se sube a niveles del orden del 67% ya la condición de ahorro energético es importante entregando un 15,5% pero que el aumento sin un previo análisis del contexto operacional de la empresa y sus activos no hace aumentar las condiciones de ahorro energético de manera favorable como puede evidenciarse en el segundo escenario donde un 81% de Mantenimiento preventivo entrega cifras energéticas de solo el 6,2%.

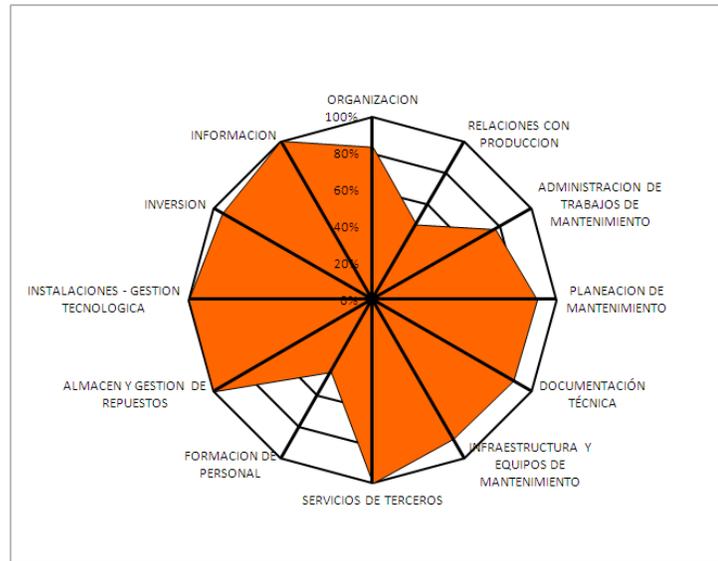


Figura 29. Diagnóstico de la gestión del mantenimiento UMO S.A. Junio de 2010. (Orrego, 2011)

En la figura 29 puede apreciarse el resultado de la aplicación del modelo de diagnóstico Flash Audit, esta compañía ha logrado alcanzar un nivel de gestión de mantenimiento alto, reportando según la tabulación de los atributos un nivel de criticidad del 15% aproximadamente; nivel alcanzado gracias a la combinación de acciones preventivas, predictivas y mejorativas que han disminuido mucho las correctivas; el nivel de satisfacción en la gestión del mantenimiento está cerca del 85% y esto se relacionó con niveles de ahorro en el consumo de energéticos entre un 15,5% y un 19,4% como se reporta en la tabla 25.

3.4. EVALUACIÓN DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA

Retomando como el programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales – PROURE, define el indicador “intensidad energética” para evaluar el comportamiento de la economía del país en relación con el consumo de energía, el cual relaciona la eficiencia energética y la productividad (ver la ecuación 3); el cual refleja entonces el uso racional y eficiente de la misma en función de la productividad (Prias, 2010), y resalta el interés en que se busque disminuir este indicador como reflejo entonces del poco consumo de energía con un nivel de productividad constante o incluso en aumento, para contribuir así con el aumento en la competitividad de los sectores

productores de bienes y servicios donde el consumo de energía impulsa su actividad principal.

$$(3) \text{ Intensidad Energética} = \frac{\text{Energía}}{\text{Indicador Físico}} = \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$$

En la ecuación 3 se relaciona el consumo de energía con la producción que se obtiene, siendo esto inversamente proporcional a la eficiencia energética (ecuación 2), por lo que disminuir la intensidad energética es lo mismo que aumentar la eficiencia energética, es decir, disminuir el consumo de energía conservando la producción constante o incrementándola si es posible.

En las tabla 26 y 27 se ilustran ambos indicadores: eficiencia energética e intensidad energética para las empresas del sector de materiales no ferrosos y del plástico, por tener la información más detallada y confiable en sus registros de las cinco pymes estudiadas; donde al confrontar estos indicadores con las respectivas acciones de mantenimiento registradas se identifica su relación: para los meses de menores OT correctivas se identifican mayores eficiencias energéticas respectivamente.

Tabla 26. Eficiencia energética e Intensidad energética para el año 2016– Empresa sector materiales no ferrosos

	EE	IE	OT
2015	(kg/kWh)	(kWh/kg)	correctivas
ENE	0,47	2,13	94
FEB	0,54	1,85	48
MAR	0,44	2,27	97
APR	0,41	2,44	157
MAY	0,49	2,04	135
JUN	0,46	2,17	103
JUL	0,50	2,00	124
AGO	0,56	1,79	106
SEP	0,52	1,92	104
OCT	0,43	2,32	108
NOV	0,49	2,04	152
DIC	0,47	2,13	113

Tabla 27. Eficiencia energética e Intensidad energética para el año 2016– Empresa sector plástico

2015	EE (kg/kWh)	IE (kWh/kg)	OT correctivas
ENE	3,01	0,33	0
FEB	2,99	0,33	0
MAR	2,95	0,34	0
APR	2,77	0,36	3
MAY	2,85	0,35	1
JUN	2,62	0,38	3
JUL	2,75	0,36	2
AGO	2,60	0,38	3
SEP	2,55	0,39	4

Para la empresa del sector metalmecánico no se observa tan directamente la incidencia de las acciones de mantenimiento en la eficiencia energética debido a que hay que hacer un análisis más detallado del contexto operativo de las máquinas en las diferentes áreas que constituyen su proceso productivo.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Resumen resultados obtenidos

En la tabla 28 se ilustra la relación eficiencia energética con las órdenes de mantenimiento atendidas, agrupando los resultados encontrados en este estudio para lograr un mejor análisis de estos.

Tabla 28. Resultados finales para cada empresa

Empresa	*Calificación auditoría de mantenimiento %	Correlación Producción – Consumo de energía	Relación OT de mantenimiento y eficiencia energética
Metalmecánica	59	0.709	Con 20% menos de OT atendidas se identifica un 8% menos de consumo de energía
Cadenas	78	0.034	Frente a una correlación tan baja y poca información obtenida no se identifica relación
Medicamentos Naturales	64	0.691	Por la poca información obtenida no se identifica relación
Materiales no ferrosos	21	0.093**	Con 58% menos de OT atendidas se identifica un 19% menos de consumo de energía
Plástico	No se obtuvo	0.956	Con 100% menos de OT atendidas se identifica un 16% menos de consumo de energía

*La calificación de la auditoría muestra que tan acertada es la gestión del mantenimiento comparándola con los parámetros ideales, entre menor sea el porcentaje obtenido mejor es la gestión que se está realizando; un porcentaje mayor evidencia las oportunidades de mejora que deben plantearse para beneficio de la disponibilidad, productividad y competitividad de la compañía.

** El contexto operativo de esta compañía impide lograr factores de correlación entre la producción y los consumos de energía cercanos al 85% como lo plantea la teoría de

eficiencia energética. Particularmente la producción de unidades de mayor peso genera menos consumo por la poca cantidad que representan, mientras que las de menos pesos son de mucha cantidad y su producción requiere de más energía.

4.2. Conclusiones

Al aplicar el modelo de diagnóstico Flash Audit se logró caracterizar la gestión del mantenimiento en 4 Pymes de la ciudad, identificando que el mantenimiento correctivo prevalece sobre el preventivo, sin que las empresas evidencien a través de su sistema de información como influye esto en el consumo de energía.

Para las empresas de mayor confiabilidad en los registros obtenidos (las del sector metalmecánico, materiales no ferrosos y plástico), se evidenció que a menores intervenciones correctivas se obtienen ahorros en el consumo de energía, en los datos obtenidos se encontró que para disminuciones de las acciones correctivas entre un 20% y 58% se identificaron consumos en los recursos energéticos menores respecto a otros periodos entre un 8% y 19%, con niveles de satisfacción en la gestión del mantenimiento cerca del 60%. Con lo cual se justifica que las empresas deben apostarle al cambio de cultura reactiva (correctiva) para el logro de mayores niveles de rentabilidad al disminuir los costos de operación en el rubro de energía.

Se evidenció que la falta de información y su baja fiabilidad impiden identificar la incidencia del mantenimiento en la intensidad energética, es necesario optimizar los registros tanto de los consumos de energía y de producción, como las intervenciones de mantenimiento que se van ejecutando; y así identificar claramente la incidencia de la gestión del mantenimiento en la eficiencia energética del periodo en evaluación.

Los resultados obtenidos por Orrego para la empresa UMO S.A. en el año 2011 cuya estrategia de mantenimiento es de altos niveles de satisfacción (cerca del 85%) se logró identificar un ahorro del 19%, evidenciando que a medida que se disminuyen las acciones correctivas se aumenta el ahorro en el consumo de energía con una mínima variabilidad (entre 17 y 19%), mientras que en el presente estudio con niveles inferiores de satisfacción en la gestión del mantenimiento, entre el 60 y el 80%, la variabilidad en el ahorro del consumo de energéticos aumenta; reportándose ahorros entre un 8 y 19%.

4.3. Recomendaciones

La búsqueda por disminuir el mantenimiento correctivo en las Pymes de la ciudad debe continuar para el logro de su crecimiento y permanencia en el medio, esto debe ser alcanzado no solo porque contribuye con la disponibilidad de los activos para producir bienes y servicios de calidad, a tiempo y en máxima cantidad; sino porque tiene una

incidencia directa en el consumo de energía, insumo que debe utilizarse del modo más eficaz posible.

Los sistemas de información en mantenimiento deben optimizarse, el registro de todas las intervenciones que se realizan y los consumos de energía para cada activo que interviene en la cadena productiva son fundamentales para poder mejorar los procesos. Es necesario evitar los registros globales de consumo de energía para toda la planta, estos deben ser por línea de producción o mejor por máquina, lo que beneficiará el cálculo de la intensidad energética y la identificación de la incidencia de las acciones de mantenimiento tanto en la producción como en el consumo de energía.

Las deficiencias detectadas en la planeación de mantenimiento, sistemas de información y en estado de instalaciones (limpieza, lubricación, inspección, instrumentos de medición, cableados, tuberías, señalización, entre otros) son los principales aspectos a mejorar para disminuir las acciones correctivas e incidir directamente en los consumos de energéticos durante el proceso productivo.

El presente estudio requiere ampliarse a mayor número de empresas y de diferentes sectores, que cuenten con sistemas de información fiables sobre sus activos y procesos; para así corroborar lo que ilustraron los datos y el análisis de estos obtenido para las empresas del sector metalmecánico, materiales no ferrosos y plástico, empresas con mayor información fiable registrada.

Tanto para Orrego en su estudio en el año 2011, como para el presente estudio; se presentaron dificultades en la consecución de información confiable, esto debido a que la cultura del país para los temas de mantenimiento y URE aún es de bajo nivel. Siendo esto un motivo de invitación a que se promuevan estos conceptos relativos a la relación URE – Mantenimiento que deben establecerse en las empresas para mejorar las condiciones de estudios futuros y así seguir afianzando la hipótesis de que la disminución de las acciones correctivas genera un ahorro en el consumo de energéticos para la obtención de la producción planeada y el aumento de los niveles de rentabilidad que favorecen la competitividad de las Pymes en Medellín.

Bibliografía

ACIEM. (2015). *Diagnóstico del Mantenimiento en Colombia 2015: Estudio ACIEM Cundinamarca*. Recuperado el Diciembre de 2016, de <http://www.aciem.org/home/index.php/prensa/noticias-aciem/23-aciem/eventos/17244-estudio-aciem-cundinamarca-diagnostico-del-mantenimiento-en-colombia-2015>

Antioquia, C. d. (Febrero de 2017). *Camara de Comercio de Medellín para Antioquia*. Recuperado el Agosto de 2017, de http://www.camaramedellin.com.co/site/Portals/0/Documentos/2017/RAED%20FEB%2016_final.pdf

Arenas, I. (2009). *Estado del Mantenimiento en Colombia, En XI Congreso Internacional de Mantenimiento*. Bogotá.

Auditorias Energéticas PDF. (s.f.). Obtenido de <https://www.google.com.co/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=auditorias%20energeticas%20pdf>

Campos Avella, J. C. (2008). El MGIE, un modelo de gestión energética para el sector productivo nacional. *El hombre y la máquina*, 18-31.

Chejne Janna, F. e. (2007). *Análisis energético industrial del Valle de Aburrá*. Medellín: Area Metropolitana del Valle de Aburrá.

Competitividad, C. P. (2016). *Informe Nacional de Competitividad 2015 - 2016*. Bogotá: Puntoaparte.

Energía, M. d. (2016). *Ministerio de Minas y Energía*. Recuperado el Febrero de 2017, de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/674559/22.04.2016+Decreto+Poli%CC%81tica+EE.pdf/ea93ea39-5a4a-4c84-b4cd-2d7537c45c3e>

Fenercom, F. d. (2008). *www.fenercom.com*. Recuperado el 2016, de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-auditorias-energeticas-en-el-sector-industrial.pdf>

Garcia Garrido, S. (2003). *La organización y gestión integral del mantenimiento*. Madrid: Diaz de Santos.

ISO. (2011). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>

Kreith Frnak, G. D. (2007). *Energy Management and Conservation Handbook*. USA: Taylor & Francis.

Mora Gutierrez, A. (2009). *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios*. Envigado: AMG.

Moubray, J. (1999). *Introduction to TPM, total productive maintenance*. Massachusett: Butterworth-Heinemann.

Ning, M. e. (2009). Neuro-optimal operation of a variable air volumen HVAC&R system. *Applied Thermal Engineering* .

Oke, S. (2006). Maintenance performance research - Parth 1: A review of models and issues. *SA Journal of Industrial Engineering*, 17 (1), 149-172.

OLADE, (. L. (2009). *Informe de estadísticas energéticas, año base 2008*.

Orrego Barrera, J. C. (2011). *Determinación del potencial de ahorro energético en Pymes del sector manufacturero en el Valle del Aburrá basado en la aplicación de estrategias de mantenimiento*. Medellín: ITM.

Piotrowski, J. (2007). *Shaft alignment handbook*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.

Pistarelli, A. (2010). *Manual de Mantenimiento: Ingeniería, gestión y organización*. Buenos Aires.

Prias Caicedo, O. F. (2010). *Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales - PROURE*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía Republica de Colombia.

Rozas Balbotin, P. (marzo de 2002). *Gestión Pública - Biblioteca OLADE*. Recuperado el julio de 2016, de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00270.pdf>

Sena. (1996). <http://www.ingenieroambiental.com/auditorias-energeticas.pdf>. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/auditorias-energeticas.pdf>

Sullivan G, P. e. (2004). *Operations & Maintenance. Best practices. A guide to achieving operational efficiency. Prepared by pacific northwest national laboratory for the Federal Energy Management Program U.S. Department of Energy*.

Tavares, L. (2000). *Administración moderna de mantenimiento*. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicacoes.

Taylor, J. W. (1995). Recuperado el junio de 2016, de <http://machineryhealthcare.com/documents/CanaPlannedMaintenanceSystemreduce.pdf>

UPME. (Diciembre de 2016). *Unidad de Planeación Minero Energética*. Recuperado el Febrero de 2017, de

http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf

UPME. (julio de 2016). *UPME (Unidad de Planeación minero energética)*. Recuperado el Noviembre de 2016, de http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/UPME_Proyeccion_demanda_regional_energia_electrica_Julio_2016.pdf

UPME, U. d. (2014). *Proyección de demanda de energía eléctrica en Colombia*. Bogotá: Minminas.

WWF España. (Diciembre de 2008). <http://www.niunhogarsinenergia.org/panel/uploads/documentos/guia%20de%20ahorro%20de%20eficiencia%20energetica%20en%20oficinas.pdf>. Obtenido de <http://www.niunhogarsinenergia.org/panel/uploads/documentos/guia%20de%20ahorro%20de%20eficiencia%20energetica%20en%20oficinas.pdf>

XM, f. d. (2015). *XM*. Recuperado el 2016, de <http://informesanuales.xm.com.co/2015/SitePages/operacion/3-1-Demanda-de-energia-nacional.aspx>

Anexo A

MODELO DE DIAGNÓSTICO FLASH AUDIT

A continuación se relacionan las preguntas que evalúan los 12 aspectos de la gestión del mantenimiento, la tabulación de las respuestas obtenidas de cada empresa se graficaron en los diagramas radar expuestos en las figuras 12, 13, 14 y 15 de este estudio.

INFORMACION GENERAL DE LA EMPRESA

1. Indique la jornada laboral de la actividad productiva
 - 1 Turno diario en días laborables
 - 2 Turnos diarios en días laborales
 - 3 Turnos diarios en días laborales
 - 1 Turno diario todo el año
 - 2 Turno diarios todo el año
 - 3 Turnos diarios todo el año
 - Otro - Cual?
2. Edad promedio de la maquinaria a equipo productivo
 - 0 a 5 años
 - 6 a 10 años
 - 11 a 20 años
 - 21 a 50 años
 - 50 o más
3. Indique la edad de la empresa
 - 0 a 5 años
 - 6 a 10 años
 - 11 a 20 años
 - 21 a 50 años
 - 50 o más

ORGANIZACION DEL MANTENIMIENTO

1. Dispone la empresa de un grupo u organización cuya ocupación sea el mantenimiento
 - 25% del Tiempo
 - 50% del Tiempo
 - 75% del Tiempo
 - 100% del Tiempo
2. Indique la antigüedad de la organización de mantenimiento.

- 0 a 1 año
2 a 5 años
6 a 10 años
11 ó más
3. Está definida en la organización una persona cuya responsabilidad específica sea dirigir el mantenimiento?
SI
NO
4. Indique la experiencia en mantenimiento de dicha persona
0 a 1 año
2 a 5 años
6 a 10 años
11 ó más
5. Está definido el organigrama funcional por división, departamento, sección, grupo.
SI
NO
6. Señale, cuáles de las siguientes funciones están asignadas como responsabilidad fundamental del servicio de mantenimiento:
Construcción / montaje de equipos
Ejecución de grandes mejoras y nuevas instalaciones
Estudio de grandes mejoras y nuevas instalaciones
Estudio y ejecución de pequeñas mejoras en el equipo
Limpieza y cuidado de jardines, etc.
Mantenimiento de edificios y oficinas
Mantenimiento de la Actividades productivas
Mantenimiento de Los servicios y auxiliares
Mantenimiento del equipo móvil
Operación de Centrales de generación de vapor ó electricidad
Participación en la compra de nuevos equipos e instalaciones
7. Del número total de empleados de la compañía qué número se dedica a la labor de mantenimiento?
Total de empleados =
Empleados de mantenimiento =
0 a 5%
6 a 10%
11 a 15%
16 a 20%
21 a 30 %
Más de 30 %
8. Estime la antigüedad promedio en la Empresa del personal activo en las labores de mantenimiento:
AÑOS DE ANTIGUEDAD
0 a 1 año

- 2 a 5 años
 - 6 a 10 años
 - 11 ó más
9. Indique la antigüedad del (los) Responsable(s) de Mantenimiento: (En éste sitio / unidad ó Empresa)
- Encargado permanente
 - 0 a 1 año
 - 2 a 5 años
 - 6 a 10 años
 - 11 ó más
10. De las actividades de dirección, indique, el % de dedicación
- Asistir a reuniones
 - Controlar
 - Dirigir
 - Ejecutar
 - Estudiar
 - Planear
 - Programar
11. De las actividades de dirección, indique, el % de dedicación que considere optimo
- Asistir a reuniones
 - Controlar
 - Dirigir
 - Ejecutar
 - Estudiar
 - Planear
 - Programar
12. Usted cree que El problema más importante que tiene el mantenimiento en su empresa es:
- Calidad y disponibilidad del mantenimiento contratado
 - Escasa motivación del personal
 - Falta de formación de los cuadros directivos
 - Falta de formación del personal técnico
 - Instalaciones antiguas
 - Limitación de los recursos
 - Planeación y organización de la gestión
13. Estime el porcentaje de la producción programada que no se realizó a tiempo debida principalmente a fallas imprevistas en los equipos:
- 0 %
 - 0,1 a 2%
 - 3 a 5%
 - 6 a 10%
 - < 10%
14. Políticas y metas de la compañía respecto del mantenimiento
- Se especifican las políticas de la compañía respecto a la gestión de equipos y el mantenimiento?
 - Están establecidos índices de dirección y criterios de evaluación efectivos?

- Están coordinados los planes anuales y los de largo plazo?
- Se entienden y aceptan por todos las políticas y metas de la compañía?
- Se monitorea estrictamente el cumplimiento de metas de políticas?
- Se reflejan los resultados en los planes siguientes?
- Es satisfactorio el cumplimiento de metas y políticas?
 - Se valora el mantenimiento desde el punto de vista del incremento de la productividad y otras consideraciones de dirección general?
- Son rápidas y precisas las medidas para evitar la recurrencia de daños y accidentes serios?

15. De los conceptos que se indican, califique de 1 a 4 como los valora la Dirección de la empresa.
- La calidad de los trabajos de Mantenimiento
 - La disponibilidad de las instalaciones
 - La seguridad de las instalaciones
 - Los costos directos del Mantenimiento
 - La Confiabilidad de las instalaciones
16. De los conceptos que se indican, califique de 1 a 4 como los valora el personal de mantenimiento.
- La calidad de los trabajos de Mantenimiento
 - Los costos directos del Mantenimiento
 - La disponibilidad de las instalaciones
 - La seguridad de las instalaciones
 - La Confiabilidad de las instalaciones

RELACIONES CON PRODUCCION

1. Si ocurre un problema en la actividad productiva que se extiende más allá de la jornada laboral del Mantenimiento, como atiende normalmente Mantenimiento las labores que se producen en ese tiempo? (Encierre sólo una, la más frecuente).
 - Sistema de “guardias o disponibilidad en casa”
 - Se programa personal de mantenimiento
 - Se comunica a contratistas
 - La resuelve producción
 - Se espera a que Llegue el personal de mantenimiento
 - Otra área atiende
2. Cómo colabora el personal de producción en los trabajos de mantenimiento? (Encierre sólo una, la más frecuente).
 - Hace pequeñas reparaciones
 - Esporádicamente sin reglas fijas
 - Repara cuando no hay personal de mantenimiento
 - Tiene asignados trabajos rutinarios de mantenimiento
 - Ayuda al personal de mantenimiento en las paradas
 - No colabora
3. Coordinación con producción: Indique los aspectos que permiten unificar las relaciones con producción

Están coordinados la gestión del equipo y el control de las cantidades de producción y plazos de entrega?

Están los presupuestos de mantenimiento apropiadamente preparados de acuerdo a planes de producción?

Están los presupuestos de mantenimiento apropiadamente controlados de acuerdo a planes de producción?

4. Existen procedimientos normalizados y convenidos en producción

Generación de solicitudes de trabajo

Generación de permisos para trabajo

Entrega y recibo de equipos

Aceptación del trabajo

5. Producción participa en actividades propias del área de mantenimiento cómo (SI / NO)

Mantenimiento primario - Básico al mes

Comités de falla

Estudios de reposición de equipos

Seguimiento presupuestal

6. Producción participa en la definición de planes de mantenimiento mediante

Aceptación de Plan Anuales de Mantenimiento

Solamente con programa de Parada

7. Existen reuniones institucionalizadas de producción para mantenimiento (SI / NO)

Análisis del Plan de Producción

Análisis de costos

Análisis de disponibilidad (confiabilidad)

Seguimiento a ejecución de trabajo

Programación trabajos

ADMINISTRACION DE TRABAJOS - MANTENIMIENTO COTIDIANO

1. Los Trabajos de Mantenimiento se originan por: (%)

Quejas

Normas de Seguridad

Rondas - Inspecciones

Emergencias

Orden Gerencial

Mantenimiento Sistemático

Solicitudes de Orden de Trabajo

2. Las situaciones descritas se presentan en su empresa señale

Se espera el daño

Se posterga la reparación

Se programan con las paradas posteriores

Se programa lubricación

Se elaboran órdenes de Trabajo

Se cumple con el programado

Se supervisa la ejecución de órdenes

- Se Lleva un archivo por cada equipo
- Se analizan los costos de mantenimiento
- Se Llevan estadísticas de fallas
- Se hace un diagnóstico de fallas
- El personal de mantenimiento realiza otras labores
- 3. Administración de solicitudes de Trabajos
- Se solicitan los trabajos informalmente
- Se maneja solicitud de servicio o trabajo con formato
- Se diligencia la solicitud de servicio por el cliente
- Se diligencia la solicitud de servicio por mantenimiento
- Se aprueban las solicitudes de servicio por mantenimiento
- Se hace alguna reunión para su aprobación
- Se estiman las solicitudes?
- El usuario está informado del avance de la solicitud?
- 4. Cuál es la distribución entre los trabajos de Mantenimiento?
 - Mantenimiento Predictivo (%)
 - Mantenimiento Preventivo (%)
 - Mantenimiento Mejorativo (%)
 - Mantenimiento Correctivo (%)
 - Mantenimiento de Emergencias (%)
- 5. Escriba la carga promedio de trabajo que suele tener pendiente. En otras palabras, Tiempo que calcula tardaría en cumplir los trabajos en curso y en espera o pendiente
 - Horas
 - Días
 - Semanas
 - Meses
- 6. Administración de Orden de Trabajo
 - Se planean las ordenes de Trabajo?
 - Existe un grupo de personas para la función de programación
 - Se hace una programación periódica de una Orden de Trabajo?
 - Se hace un presupuesto de Mano de Obra?
 - Se hace un presupuesto de Materiales I Repuestos?
 - Se hace un presupuesto de herramientas?
 - Se hace un presupuesto de costos contratados?
 - Se hace una revisión periódica de trabajos pendientes?
 - Se hace reunión de programación interna?
 - Se hace una reunión de programación con los clientes (producción)?
 - Se conocen las existencias de almacén al programar
 - Se reservan materiales al programar?
 - Se colocan solicitud de compra al programar?
 - Se analizan las condiciones de seguridad antes de realizar el trabajo
 - Existen protocolos o procedimientos de entrega de los equipos
- 7. Administración de Trabajo
 - Se tienen clasificados los equipos por prioridad
 - Se tienen las OT clasificadas Principalmente (solo una)
 - Prioridad
 - Tipo

- Estado de atraso
- Origen
- Áreas solicitantes
- Áreas Ejecutantes
- 8. Análisis de la carga de trabajo
 - Se conoce el tiempo de respuesta a la Orden de Trabajo
 - Se conoce la productividad por oficio
 - Se conoce la productividad por empleado
 - Se conoce el nivel de respuesta las OT.
 - Se conoce el consumo de recursos estimados y reales
- 9. Se hace análisis de Ocurrencia por componente intervenido
 - Parte de Máquina
 - Tipo de Acción
 - Causa de Falla
 - Síntoma
 - Frecuencias de Ocurrencia

INGENIERIA DE MANTENIMIENTO PLANEACION

1. Planeación

- Existe un grupo de personas a la función de planeación de mantenimiento?
- Existen actividades sistemáticas definidas?
- Se definen consumos de recursos de las Actividades?
- Se manejan procedimientos de intervención?
- Se tienen tareas de mantenimiento estandarizadas?
- Existen precauciones o condiciones de seguridad previstas con análisis de situaciones?
- Existen planes de reposición de equipos?

2. El área de planeación es responsable de:

- Establecer estándares para inspeccionar los equipos?
- Preparar planes de trabajo de mantenimiento, anuales, mensuales?
- Establecer estándares para tener existencia permanente, puntos de pedido, cantidades a pedir de repuestos y otros materiales.
- Controlar adecuadamente los dibujos y catálogos?
- Establecer métodos apropiados de registro y manejo de datos para el deterioro del equipo, averías, otras paradas, horas de mantenimiento y otros aspectos de este?

3. Existe un plan de mantenimiento de los equipos en la empresa

En caso afirmativo Indique el porcentaje de cumplimiento de dicho plan.

- 0 a 50%
- 50 a 60%
- 60 a 84%
- 85 a 100%

En qué año se estableció el plan

- > 1año

- < 1 año
- En qué año se revisó el plan
 - > 1 año
 - < 1 año
- El plan fue diseñado por:
 - Personal interno de la empresa
 - Contrato externo
 - Grupo Externo e Interno
- Con qué frecuencia es actualizado el plan de mantenimiento:
 - Trimestre
 - Semestre
 - Anual
 - Otro
 - Se ajusta de acuerdo a tendencias de falla
 - No se actualiza

Marcar en orden de importancia los factores contemplados para actualizar y modificar el plan de Mantenimiento. (de 1 a 5 - 5 mayor)

- Costos
- Fallas imprevistas
- Incremento de producción
- Adquisición de equipos
- Datos Históricos

4. Existen en el plan de Mantenimiento sistemático?

- Lubricación?
- Inspección?
- Reemplazos programados?
- Reparaciones totales?
- Valorización de Mano de Obra
- Valorización de Repuestos I Materiales?
- Valorización de Herramientas?
- Valorización de Recursos contratados?
- Condiciones de Seguridad?
- Análisis el cumplimiento del Plan?

5. En el caso específico de su empresa, cuáles son los impedimentos más importantes para lograr un plan ideal de mantenimiento?

- Falta de personal entrenado
- Asesoría en la organización
- Disponibilidad de manuales técnicos y planos
- Procesamiento de datos por computador
- Dificultad para obtener repuestos
- Coordinación con el área de producción
- Interés por parte de la gerencia
- Costos muy elevados

6. **Se efectúa un seguimiento sistemático de la gestión de mantenimiento mediante la evolución de algunos índices de control (Indique cuales y su estado actual)**

INFORMACION TÉCNICA

1. Tiene recopilada la información de equipos?
Información básica técnica
Información básica administrativa
Despieces (repuestos / partes instaladas)
Manejo de contadores de variables (Horas, Kilómetros, Maniobras)
Consumo de fluidos
Gastos administrativos y operativos
Atributos o características de máquina
Codificación de los equipos
Codificación de instalaciones, líneas o procesos
Codificación de proveedores de equipo
2. Documentación técnica
Están clasificados los catálogos y planos
Están organizados los catálogos y Planos
Están ordenados los catálogos y Planos
Están actualizados los catálogos y Planos
Están bien almacenados los catálogos y Planos
Están definidas políticas de préstamo de catálogos y Planos
Existe biblioteca técnica

HERRAMIENTAS E INFRAESTRUCTURA

1. Herramienta
Existe Un inventario de herramienta básica
Existe un inventario de herramienta especializada
Existe una valorización de las herramientas
Existe manejo de herramienta controlado
Existe control de préstamo de herramienta
2. Las herramientas se manejan
Como dotación del empleado
Mediante préstamo al empleado
Asignación a OT's
3. Infraestructura
Existe una oficina apropiada para atender lo administrativo
Existe una zona apropiada para atender lo operativo
Existen vestieres y baños para el personal de mantenimiento

MANTENIMIENTO CONTRATADO

1. Para cada uno de los items indicados, defina si el mantenimiento lo realiza el personal interno de la empresa (I) o es contratado externamente (E):
Maquinaria y equipo de producción y / o explotación
Maquinaria y equipo de laboratorios
Equipos de oficina
Edificios e instalaciones
Vehículos
Herramienta y equipo de mantenimiento
2. Qué tipo de contratación tiene mayor importancia económica en su sitio de mantenimiento, anualmente?(de 1 a 4)
Trabajos definidos con contrato anual o periódico
Trabajos por horas con precio fijo unitario
Trabajos facturables según medición (Unidad de medida)
Trabajos por obras
3. Según su experiencia, como califica en términos generales la calidad del mantenimiento contratada?
Muy buena
Buena
Aceptable
Regular
Deficiente
Muy deficiente
4. Cuál cree que será, en su Empresa o Sitio de trabajo, la tendencia a la contratación de mantenimiento en los próximos años?
A aumentar
Más o menos igual
A disminuir
5. Existen procedimientos establecidos para evaluar a los contratistas
Calidad del trabajo
Organización
Cumplimiento
Agilidad
Garantía
Nivel Técnico
Precios
Oportunidad
Presentación
Información Suministrada
Asesoría

FORMACION PERSONAL

1. Qué nivel académico concluido tiene el personal de mantenimiento?
Ninguno
Básico

Tecnológico–Técnico

Universitario

2. Se hacen cursos de formación, entrenamiento o perfeccionamiento para el personal de mantenimiento?: (Encierre sólo una frase que mejor describa la situación general)
 - Hay un programa de formación definido y funcionando para la mayor parte del personal
 - Dependiendo de la necesidad y de las posibilidades, de vez en cuando se selecciona personal para asistir a algún curso.
 - Esporádicamente alguna persona aprovecha algún curso ofrecido por firmas o proveedores
 - Por varias razones, no suele acudir a cursos
3. El personal directivo asiste a congresos, jornadas, seminarios, etc., Sobre Mantenimiento? (Encierre sólo una)
 - Regularmente (1 o más cada año)
 - Alguna vez (menos de 1 al año)
 - No suelo asistir por falta de tiempo
 - No suelo asistir por no considerarlo interesante
4. La organización posee definidos los perfiles de los cargos del personal de mantenimiento
 - Gerencial
 - Mandos Medios
 - Operativo
5. Existe un desarrollo de carrera para el personal de Mantenimiento? (Tiene posibilidad de ascensos)
6. Existe una política de formación para el personal de mantenimiento de acuerdo con el desarrollo de carrera?
7. Plan de Desarrollo
 - Se certifican los oficios?
 - Se evalúa efectivamente el adiestramiento?
 - Se están midiendo los efectos de la educación y al adiestramiento?

GESTIÓN DE INVENTARIOS - COMPRAS

1. Gestión de Repuestos / Materiales - Por parte de Mantenimiento

Están codificados los repuestos?

Están recopilados los repuestos para reemplazos programados?

Está recopilados los repuestos para mantenimiento sistemático?

Se conoce el consumo histórico de repuestos global?

Se conoce el consumo histórico de repuestos por equipo?

Se conoce el consumo histórico de repuestos por causa de falla?

Se conoce el consumo histórico de referencias de los repuestos?

Se conoce el consumo Máximo de referencias de los repuestos?

Se conoce el consumo mínimo de referencias de los repuestos?

Se conoce el valor actual de los repuestos?

2. Existen gestión de planeación de la demanda de repuestos con la participación de mantenimiento teniendo en cuenta.

Programas de mantenimiento Anuales
Programas de mantenimiento Semestrales
Programas de mantenimiento Mensuales

3. Existen procedimientos estandarizados para

Seguimiento a compras
Consultas de disponibilidad de inventario
Reservas de materiales
Entrega de materiales en bodega
Entrega de materiales en sitio de trabajo

4. La catalogación de los repuestos la realizó

Almacén
Mantenimiento
Comité interdisciplinario (Mantenimiento, Producción, Proyectos, Almacén)
Mantenimiento y Almacén

INSTALACIONES

Estado de los equipos

Está el equipo libre de contaminación de polvo, suciedad, aceite, incrustaciones, esquirlas, restos de materiales, etc.?

Se realizan acciones contra las fuentes de polvo y otras contaminaciones especialmente sobre las zonas difíciles de lubricar?

Se realizan regularmente la inspección y limpieza?

Se hacen esfuerzos para mejorar el control visual exhibiendo en lugar visible instrucciones de lubricación, niveles máximos y mínimos de instrumentos de medida, marcas de apriete para pernos, tuercas, etc.

Se mantienen limpios y ordenados, herramientas, instrumentos de medida de equipo de limpieza y materiales?

Está el cableado, las tuberías, unidades hidráulicas y neumáticas, unidades de control eléctrico y equipos similares instalados con métodos convenientes en posiciones apropiadas?

Está la tubería identificada con olores y sentidos de flujo?

Existen elementos de seguridad industrial instalados y suficientes?

Están presentables las instalaciones físicas?(Limpias y pintadas)

Existen servicios sanitarios acordes al número de empleados por aéreas?

Existe un plan de evacuación conocido y aplicado por el personal?

INVERSION EN MANTENIMIENTO**1. Conoce la siguiente información?**

Monto activos de la empresa
Ventas de la empresa
Valor del inventario de repuestos actual
Inversión de mantenimiento en el año en curso
Costo de la producción total
Costo de la producción de una unidad

2. Qué porcentaje aproximado de la inversión anual de funcionamiento de la empresa corresponde a la inversión en Mantenimiento?**3. Qué técnica se utiliza para elaborar el presupuesto de mantenimiento.**

Porcentaje de las ventas
Porcentaje de los costos de producción
Porcentaje de las inversiones
Porcentaje del valor de las instalaciones
Costos por tipo de costo, trabajo, mantenimiento y consumos unitarios
Histórico ajustado
Conocimiento (Experiencia)

4. Quien realiza dicho presupuesto?

Mantenimiento
Producción - operaciones
Área financiera
Gerencia
Grupo interdisciplinario

5. Cómo se distribuye aproximadamente esta inversión de mantenimiento? (Escriba el % aproximado que estima y conoce para cada uno de estos conceptos).

Repuestos y materiales de compra y do almacén
Trabajo y mano de obra contratado
Personal operativo (técnicos)
Personal administrativo
Equipos y herramienta
Otros costos
Sin información

6. Cada cuanto tiempo recibe información sobre los costos de mantenimiento? (Encierre sólo el período más corto)

Diariamente
Cada 8 días
Cada 15 días

Cada 30 días
Cada 60 días
Cada 90 días
Cada 180 días
Más de 180 días
Nunca

7. **Indique, por cuáles de los siguientes niveles se conocen los costos de mantenimiento.**
- Por equipo o máquina
 - Por grupo de equipos
 - Por planta o instalación o líneas
 - Por horas hombre
 - Por mantenimiento preventivo correctivo
 - Por especialidades del mantenimiento
 - Por órdenes do trabajo
 - Costos de paros

INFORMATIZACION DEL MANTENIMIENTO

1. Se utiliza el computador en la gestión del mantenimiento?
2. En caso de existir un sistema informático de Mantenimiento, este se procesa principalmente en:
 - Computador Central
 - Micros, PCs
 - Compañías Externas especializadas
3. En caso afirmativo, los programas informáticos, han sido principalmente?
 - Preparados por personal de la empresa
 - Programas comerciales
 - Programa hecho a medida por especialista
4. Cuál es el grado de calidad de la información (%)
5. Cuál es la confianza de la información
 - Total
 - Mucha
 - Poca
 - Ninguna
6. Cuál es el grado de actualización de la información
7. Cuanto tiempo tarde en Generar cualquier reporte solicitado o para su análisis
 - Minutos
 - Horas
 - Días
 - Semanas
 - Meses