

# Estudio del impacto logístico – técnico que genera el mantenimiento predictivo en las PYMES de Milagro, Ecuador

## Impact logistics-technique study of generating predictive maintenance in SMEs in Milagro, Ecuador

Erik Rolando Cedeño Anchundia<sup>1,\*</sup>, Lissett Margarita Arévalo Gamboa<sup>2,†</sup>, y Oscar Darío León Granizo<sup>3,‡</sup>

<sup>1</sup>Papelera Nacional S.A (PANASA), Ecuador.

<sup>2</sup>Universidad Estatal de Milagro, Ecuador.

<sup>3</sup>Ruwaytech S.A., Ecuador.

ing\_erik\_c@hotmail.com, lisarevalo1987@gmail.com, oscarleon93@hotmail.com

Fecha de recepción: 17 de septiembre de 2015 — Fecha de aceptación: 15 de febrero de 2016

**Resumen**—El presente artículo consiste en discernir la cultura organizacional en cuanto a la aceptación de técnicas de monitoreo e inspecciones predictivas que ayudan a disminuir los problemas que se presentan en la infraestructura de los procesos productivos dentro de una planta industrial y de esta forma optimizar los tiempos improductivos que se dan debido al desconocimiento o poca atención y en ciertos casos por falta de conciencia de los operadores o usuarios directos de estos equipos. Actualmente las PYMES están optimizando sus procesos, automatizando sus líneas de producción lo que implica que deben existir mejores controles, para ser más competitivos pues el aumento de la tecnología de punta, mejora notablemente la productividad. Antes de que ocurra el auge tecnológico en cuanto a maquinaria y procesos, se utilizaban medios correctivos para eliminar problemas y estos generaban índices altos en cuanto a costos por mantenimiento de equipos, en pleno siglo XXI se desarrolla las técnicas de mantenimiento predictivo, que consiste en diagnosticar y mantener la infraestructura instalada tanto en la parte eléctrica como mecánica operativa sin parar los equipos, permitiendo la disminución de los tiempos perdidos y costos de producción, obteniéndose costos de los productos finales más competitivos en el mercado. También analizar el tipo de mantenimiento que poseen actualmente las Pymes de la ciudad de Milagro-Ecuador y cómo está influyendo en su productividad para así desarrollar propuestas de mejoras y recomendaciones para lograr optimizar sus procesos y aumentar su rentabilidad.

**Palabras Clave**—Técnicas Predictivas, PYMES, Rentabilidad.

**Abstract**—This article is to discern the organizational culture regarding the acceptance of monitoring techniques and predictive inspections that help reduce the problems arising in the infrastructure of production processes within an industrial plant and thus optimize downtime that they occur due to ignorance or little attention and in some cases due to lack of awareness of operators or direct users of these computers. SMEs currently are optimizing their processes, automating their production line which implies that there should be better controls, to be more competitive because the increase in technology, greatly improves productivity. Before the technology boom happening in terms of machinery and processes, corrective measures were used to eliminate problems and these generated high rates in terms of costs for equipment maintenance, in the XXI century predictive maintenance techniques, consisting develops diagnose and maintain installed both in the electrical part and mechanical non-stop operational teams, allowing the reduction of lost production time and costs, costs of obtaining the most competitive end products in the market infrastructure. Also analyze the type of maintenance they currently possess SMEs in the city of Milagro-Ecuador and how it is influencing their productivity in order to develop proposals for improvements and recommendations in order to optimize their processes and increase profitability.

**Keywords**—Predictive techniques, SMEs, Profitability.

### INTRODUCCIÓN

El mantenimiento se ha convertido en la base fundamental de toda industria puesto que garantiza la disponibilidad y el óptimo funcionamiento de los equipos o activos de la empresa ayudando a mantener los menores costos posibles, y así garantizar la producción y por ende la productividad. Según Tavares (1999), el mantenimiento se define como "el conjunto de actividades dirigidas a garantizar, al menor costo posible, la máxima disponibilidad del equipamiento para la producción;

visto esto a través de la prevención de la ocurrencia de fallos y de la identificación y señalamiento de las causas del funcionamiento deficiente del equipamiento" Bustos (2013).

De consultas en trabajos investigativos anteriores se tiene que las PYMES en la ciudad de Milagro ven afectadas actualmente su productividad por el poco conocimiento de las técnicas predictivas, elevados costos de mantenimiento y paradas no planificadas. Gran parte de los procesos industriales están optando por automatizarlos para disminuir o eliminar operaciones rutinarias y peligrosas desarrolladas directamente por el personal operativo y técnico, no obstante, los usos de la tecnología en los procesos industriales de producción se convierten en factores relevantes, donde los equipos se optimizan para brindar un alto nivel de confiabilidad.

\*Ingeniero Industrial, Máster en Administración de Pequeñas y Medianas Empresas.

†Ingeniera en Sistemas Computacionales, Magister en Gerencia de TICs.

‡Ingeniero en Sistemas Computacionales, Estudiante del Máster Universitario en Dirección y Gestión de Servicios en Tecnología de la Información.

Es por esto que, los investigadores de las áreas de Confiabilidad de Papelera Nacional S.A (PANASA) y Universidad Estatal de Milagro (UNEMI) tienen como propósito con el presente estudio, orientar a que las PYMES puedan incursionar en esta metodología de mantenimiento predictivo, que consiste en las acciones y las técnicas que se utilizan para garantizar la funcionalidad de sus máquinas, realizando un seguimiento a las variables que intervienen en las fallas de los equipos para tomar acciones correctivas en momentos oportunos. La rentabilidad será un factor clave a demostrar mediante un análisis de costos - beneficios de la gestión actual de las PYMES y las mejoras que se obtendrán después de un mantenimiento programado con el diseño de un sistema de monitoreo e inspección, donde intervengan todos los órdenes jerárquicos es decir: gerencia, jefaturas, supervisores y técnicos u operadores que forman parte de la organización.

Entre los requerimientos que se deben considerar para poder utilizar una técnica predictiva es que las posibles fallas incipientes creen señales o síntomas de su existencia, tales como alta temperatura, ruido, ultrasonido, vibración, partículas de desgaste y alto amperaje, entre otras. Los métodos o técnicas para la detección de fallas y desperfectos en maquinaria varían, pueden ir desde el uso de los sentidos humanos (vista, tacto, olfato y oído), así como hasta la utilización de herramientas estadísticas y técnicas como lo son:

- Vibraciones.
- Termografía.
- Ultrasonido.
- Análisis de aceite.

La gestión de repuestos y la alta calidad de los productos son metas que pueden ser alcanzadas solamente cuando la operación y el mantenimiento trabajan juntos, esto nos dará altas disponibilidades e índices de utilización; el aumento de la confiabilidad y bajo costo de producción como resultado del mantenimiento optimizado (Tavares, 1999).

## DESARROLLO

### *Metodología*

En el artículo, ha sido necesario considerar una modalidad de investigación histórica, descriptiva y directa campo, así como también las encuestas, que sirvieron como datos para el desarrollo del trabajo investigativo. Por lo tanto se considera que el diseño de la investigación fue de tipo cualitativo y cuantitativo.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación conjunta, entre investigadores de las áreas de Confiabilidad de PANASA y la UNEMI. Tiene como objetivo buscar soluciones definitivas a un problema actual de la ciudad de Milagro, como son: los elevados costos de mantenimiento, el poco conocimiento de técnicas predictivas y paradas de maquinaria no planificadas, que influyen directamente en la productividad y afectan en la rentabilidad de las PYMES. Para lo cual se considera el siguiente procedimiento:

- Identificación y clasificación de los tipos de mantenimiento que aplican las pymes de la ciudad de Milagro.

- Determinación de los factores que influyen directamente en los tiempos improductivos elevados en los procesos de las Pymes Industriales.
- Descripción de las bondades de las técnicas de mantenimiento predictivo y su aplicación en la industria.
- Determinación de costos para la implementación de un área de predictivo con los equipos de monitoreo e inspección.
- Sugerir la implementación de un modelo de Programa de Planificación Predictiva para optimizar los procesos en las PYMES.

La población del presente trabajo está conformada por 81 PYMES debidamente registradas en la ciudad de Milagro-Ecuador, según datos proporcionados por el SRI, Superintendencia de Compañía, 2015 (Figura 1).

### *Marco Contextual*

Las pequeñas y medianas empresas constituyen, sin duda, la principal potencia productiva del Ecuador, ya que éstas en conjunto son mayoría dentro del tejido empresarial. De acuerdo a datos oficiales de las empresas registradas en la Superintendencia de Compañía, las PYMES representan el 36 % del total de entidades verificadas (Lozada Yambo, 2013).

En la ciudad de Milagro y su zona de influencia, de acuerdo a la investigación realizada, el 83 % de las Pymes no aplican un mantenimiento predictivo, sino el correctivo. También se pudo constatar que los costos por reparaciones de los equipos son elevados con un 75 % de sobrecostos, además por el incremento de automatización en sus procesos, consideran necesario aplicar la metodología de técnicas predictivas, y debido a la falta de conocimiento por parte de los administradores de las Pymes no lo hacen.

Del total de la población que son 81 Pymes para el presente estudio de acuerdo a la técnica de encuestas realizadas se identifican las 8 Pymes industriales en la ciudad de Milagro, considerando todos los cambios e innovaciones que se generan por la actividad de mantenimiento, en su mayoría, no están documentados puesto que el personal lo realiza como parte de su labor cotidiana, desaprovechando los conocimientos derivados de sus tareas y la oportunidad de volver a hacer uso de ellos (García Guzmán, 2015). Y también la selección fue de acuerdo a las características industriales de estas Pymes que dentro de sus procesos, utilizan gran variedad de equipos rotativos o máquinas para el cumplimiento de la producción, por lo tanto son las que mayor ventaja lograrían al aplicar las técnicas predictivas dentro de su infraestructura (Tabla 1).

En esta parte donde es necesario especificar cómo y cuáles serán algunas de las herramientas para la gestión del mantenimiento en las PYMES no podemos dejar de lado el recurso o talento humano el cual debe tener una preparación excelente. Si bien la cantidad de personal necesaria no es alta, la cualificación exigible a cada uno de los miembros en las diferentes técnicas de análisis conlleva bases de estudios universitarios y capacitaciones nacionales e internacionales con expertos en estas técnicas para en base a las capacidades desarrolladas tener un departamento de confiabilidad con bases sólidas y bien estructuradas (García Garrido, 2012).

PYMES DE MILAGRO											
ITEM	PROPIETARIO	NOMBRE_LOCAL	ITEM	PROPIETARIO	NOMBRE_LOCAL	ITEM	PROPIETARIO	NOMBRE_LOCAL	ITEM	PROPIETARIO	NOMBRE_LOCAL
1	AGROKIM S.A.	AGROKIM S.A.	22	HIERROS DEL ECUADOR HIDELEC S.A.	HIERROS DEL ECUADOR HIDELEC S.A.	43	ALPORT S.A.		64	LABORATORIO CLINICO ARRIAGA C.A.	LABORATORIO CLINICO ARRIAGA C.A.
2	ALDOUSCORP S.A.	COMPRA VENTA LA FE	23	IMPORTADORA FERNANDO ALVAREZ CEVALLOS IFERAC S.A.	BOUTIQUE IRONY	44	AGRICAMPO S.A.	INDUSTRIAL ARROCERA SAN LUIS	65	MCSTELEVISION S.A. EMECTV9	MILAGROCITY CANALS
3	ANEMASA S.A.		24	IMPORTADORA NAGIB S.A.		45	AGRICOLA DON PORTI S.A. DONPORTISA	AGRICOLA DON PORTI S.A.	66	MEDICINA INTEGRAL MILAGRO S.A. MEDINTESA	MEDINTESA
4	ARTICULOS DEPORTIVOS Y CALZADO ARDELCA S.A.	SALSA SHOES	25	IMPROCU S.A.	IMPROCU S.A.	46	AGRICOLA PORTILLA ROMERO S.A. AGRIPROM	AGRICOLA PORTILLA ROMERO S.A. AGRIPROM	67	PROSECURITY CIA. LTDA.	PROSECURITY
5	ATOMIZACION AGRICOLA ORENSE AGRORENSE CIA LTDA.	AUTOMIZACION AGRICOLA AGRORENSE	26	LEKKINGS S.A.		47	BODYGUARD SECURITY CIA. LTDA.		68	PROSOFT S. A.	
6	BASEDON S.A.		27	LIQUIDOS DEL MILAGRO CA		48	CAVNET S.A.	CAVNET	69	SERVIRESIDUOS S.A.	SERVIRESIDUOS S.A.
7	CHIMASA S.A.	OROMOTO	28	LLANTASJEVI S.A.	LLANTASJEVI	49	MANZANO VARGAS & ASOCIADOS S.A. MAVARSA	JULLY MINI COMISARIATOS	70	TECNISOLIDA S.A.	TECNISOLIDA S.A.
8	CIA. PRODSERVAGRIC SA		29	MANUEL EUSTORGIO DEFAZ CIAMEDA CIA. LTDA.	TOTTO	50	MANZANO VARGAS & ASOCIADOS	MANZANO VARGAS & ASOCIADOS S.A.	71	USEFUL S.A.	
9	COMDECOMSA S.A.	SUBWAY	30	MELAV CIA. LTDA.		51	PLCA SECURITY S.A.	INSTITUTO DE CONDUCTORES PROFESIONALES ALBERT	72	AREVALO MORAN FRANCISCO MARCELINO	DESPENSA ROSITA
10	COMERCIAL AGRO-FARM COMERCIAL LA GRANJA S.A. COLGRANSA	COMERCIAL AGRO-	31	MENTA EXPRESS S.A.	EVANIC EXPRESS	52	CLINICA SANTA CONSTRUAGRO S.A.	CONSTRUAGRO S.A.	73	CARDOSO TERRELONGE	PISADITAS EYP
11	COMERCIALIZADORA AGRICOLA INDUSTRIAL DE ARROZ HNOS. LOPEZ	COMERLO	32	MUCALSA S.A.	MUCALSA	53	CORPORACION SANTIAGO CHAVEZ S.A. SANVEZCORP	UNIDAD EDUCATIVA ALBERT EINSTEIN	74	CEVALLOS QUEVEDO MARIO ISRAEL	INNOVA CENTRO CERAMICO
12	COMERCIALIZADORA AGRICOLA INDUSTRIAL DE ARROZ HNOS. LOPEZ	COMERLO	33	MULTIMOTOS S.A.	MULTIMOTOS	54	DISRAV S.A.		75	CRUZ MIRANDA EITEL XAVIER	JUGUETES DEL TIO SAM
13	COMGAV S.A.	COMERCIAL GAVILANES	34	NOVITAT S.A.		55	ECOAUTOMOTRIZ S.A.	ECOAUTOMOTRIZ S.A.	76	JACOME MAYA VICTOR JAIME ALFONSO	FRANQUIICIA JAIME JACOME
14	DISJEVISA S.A.		35	PROENERGY S.A.		56	PROMOCIONES STEVENS PROSTEV S.A.	PROMOCIONES STEVENS	77	LEMA SARABIA LUIS GONZALO	COMISARIATO DE CARNES EL RANCHO
15	DISMARVIC S.A.	DISMARVIC S.A.	36	PROMOCIONES STEVENS RESEGRIN S.A.	RESEGRIN	57	IMPESO S.A.	IMPESO S.A.	78	ZAPATA BARBERAN CARLOS GIOVANY	EL RANCHITO
16	DISPROYSER S.A.		37	ROXANA VILLACIS S.A. ROXVILL	ROXANA VILLACIS S.A. ROXVILL	58	INDUSTRIA DE TORNIO Y	INDETFUNA	79	PORTILLA LOPEZ MIGUEL HUMBERTO	AGRICOLA PORTILLA
17	DISTRIBUIDORA ADRIANA S.A. "ADRIANITA"	DISTRIBUIDORA ADRIANA S.A. "ADRIANITA"	38	SERRESA SA		59	INTERMILAGRO S.A.	INTERLAB	80	REYES CUADROS WILLIAM OTON	SEMANARIO PRENSA LA VERDAD
18	EL MILAGREÑO S.A. EMILAGSA	Prensa EL MILAGREÑO	39	SUPERMETALES S.A.		60	ITEGMOTORS S. A.	ITEGMOTORS S. A.	81	VARGAS RODRIGUEZ ESTHER JUDITH	HOTEL SUITES DON JUAN
19	FARMACIAS KEYLA S.A. FARMAKEYLA	FARMACIA KEYLA	40	TRACKFAST S.A.		62	JAVANINVEST S.A.	E&E MATERIALES Y CONSTRUCCIONES			
20	GALERIA DE MUEBLES GALMUEBLES S.A.		41	VILLAGUA S.A.		63	JOKAY S.A.				
21	GASOLISER S.A.		42								

Figura 1. Clasificación de las PYMES Milagro.

Fuente: Superintendencia de Compañías del Ecuador (SUPERCIA, 2016).

Tabla 1. Selección e identificación de las Pymes con las técnicas predictivas.

Ítem	PYMES	Propietario	Nombre Local	Tipo de técnica predictiva de mantenimiento a la infraestructura			
				Vibraciones Mecánicas	Termografía	Ultrasonido	Análisis de aceite
1	COMERCIAL LA GRANJA S.A. COLGRANSA	COMERCIAL LA GRANJA S.A. COLGRANSA			X		
2	COMERCIALIZADORA AGRICOLA INDUSTRIAL DE ARROZ HNOS. LOPEZ S.A.	COMERLO		X	X		
3	GALERIA DE MUEBLES GALMUEBLES S.A.	MUEBLERIA ACURIO		X	X		X
4	AGRICOLA DON PORTI S.A. DONPORTISA	AGRICOLA DON PORTI S.A.		X	X	X	X
5	AGRICOLA PORTILLA ROMERO S.A. AGRIPROM	AGRICOLA PORTILLA ROMERO S.A. AGRIPROM		X	X	X	X
6	INDUSTRIA DE TORNIO Y FUNDICION AVILA S.A. INDETFUNA	INDETFUNA		X	X	X	X
7	SERVIRESIDUOS S.A.	SERVIRESIDUOS S.A.		X	X	X	X
8	PORTILLA LOPEZ MIGUEL HUMBERTO	AGRICOLA PORTILLA		X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

Los departamentos de producción de las empresas manufactureras en la búsqueda del aumento de la productividad y desarrollo de productos de alta calidad, han desarrollado diferentes estrategias de mantenimiento desde los inicios de la actividad productiva en los cuales los objetivos han sido disminuir los costos y aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos (Vega Mendoza, 2013). Desde luego es aquí donde se describen los beneficios de las técnicas predictivas más importantes dentro del mantenimiento predictivo.

**Termografía.** Es una técnica que estudia el comportamiento de la temperatura de las máquinas con el fin de determinar si está funcionando de manera correcta. La energía que las máquinas emiten desde su superficie viaja en forma de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz; esta energía es directamente proporcional a su temperatura, lo cual implica que a mayor calor, mayor cantidad de energía emitida. Debido

a que estas ondas poseen una longitud superior a la que puede captar el ojo humano, es necesario utilizar un instrumento que transforme esta energía en un espectro visible, para poder observar y analizar la distribución de esta energía (Olarde, 2010). También podemos decir como definición general que es una técnica que permite calcular y establecer temperaturas a ciertas distancias con exactitud y sin necesidad de estar en contacto físico con el objeto o equipo que se esté monitoreando.

Gracias a las imágenes térmicas que proporcionan las cámaras termográficas, se pueden analizar los cambios de temperatura. Un incremento de esta variable, por lo general representa un problema de tipo electromecánico en algún componente de la máquina. Las áreas en que se utilizan las Cámaras Termográficas son las siguientes:

- Instalaciones Eléctricas
- Equipamientos Mecánicos

### ■ Estructuras Refractarias

**Ultrasonido.** Esta técnica predictiva sirve para varios usos no solo en la industria de manufactura sino también en la parte medica se han desarrollado una serie de avances tecnológicos donde inclusive se puede realizar operaciones usando el ultrasonido.

Y en el campo de aplicación industrial la técnica de ultrasonido nos sirve para la detección de fugas de vapor en el caso de las calderas o sistemas de aires pues también podemos realizar estudios del consumo real y necesario del aire comprimido y las pérdidas que se genera en los instrumentos de medición como manómetros, válvulas entre otros.

En la detección de problemas eléctricos también es aplicada esta técnica pues se puede detectar efectos de arco – corona o de barras en motores AC, o en la parte mecánica problemas de rodamientos, siendo estas algunos de los usos que se le puede sacar a este tipo de técnica que tampoco es destructiva y que diagnostica el equipo sin necesidad de que este se encuentre parado.

**Vibraciones.** Esta técnica de mantenimiento predictivo se basa en el estudio del funcionamiento de las máquinas rotativas a través del comportamiento de sus vibraciones, todas las máquinas presentan ciertos niveles de vibración aunque se encuentren operando correctamente, sin embargo cuando se presenta alguna anomalía, estos niveles normales de vibración se ven alterados indicando la necesidad de una revisión del equipo. Para que este método tenga validez, es indispensable conocer ciertos datos de la máquina como lo son: su velocidad de giro, el tipo de cojinetes, de correas, el número de alabes, palas, etc. También es muy importante determinar los puntos de las máquinas en donde se tomarán las mediciones y el equipo analizador más adecuado para la realización del estudio (Olarde, 2010). Para que esto se dé correctamente es necesario contar un personal correctamente capacitado pues al ser una técnica que verifica condición de los componentes del equipo dependerá del nivel que tenga el especialista o analista para discernir la contaminación de ruido estructural que generan los equipos alrededor del que está siendo objeto de análisis de ese momento.

**Análisis de Aceite.** El análisis de aceites determina el estado de operación de las máquinas a partir del estudio de las propiedades físicas y químicas de su aceite lubricante. El aceite es muy importante en las máquinas porque sirve para protegerlo del desgaste, controla su temperatura y elimina sus impurezas.

Cuando el aceite presenta altos grados de contaminación y/o degradación, no cumple con estas funciones y la máquina comienza a fallar. La técnica de análisis de aceites permite cuantificar el grado de contaminación y/o degradación del aceite por medio de una serie de pruebas que se llevan a cabo en laboratorios especializados sobre una muestra tomada de la máquina cuando está operando o cuando acaba de detenerse.

El grado de contaminación del aceite está relacionado con la presencia de partículas de desgaste y de sustancias extrañas, por tal razón es un buen indicador del estado en que se encuentra la máquina. El grado de degradación del aceite sirve para determinar su estado mismo porque representa la pérdida

en la capacidad de lubricar producida por una alteración de sus propiedades y la de sus aditivos (Olarde, 2010).

Las industrias están obligadas a ser competitivas para conservarse o sobrevivir en el mercado. Teniendo que buscar la mayor disponibilidad operacional de sus equipos y una permanente mejora en las performances de las herramientas de producción, dentro de una gestión de calidad total. Lo que los obliga a convertir las estructuras organizacionales, observando un desarrollo permanente de las áreas productivas, aumentar el nivel de utilización de los equipos al máximo posible, alargando su vida útil, invertir en la automatización de equipos y procesos, asegurar el grado de disponibilidad de sus equipos, reducir y optimizar sus costes al mínimo aceptable. Todo ello sin olvidarnos de respetar las condiciones de trabajo y seguridad del personal, los plazos de entrega programados y la preservación del medio ambiente (Amendola, 2003).

En las empresas e industrias se establece que la productividad y competencia son unas de las características más importantes por lo cual los obliga en maximizar sus capacidades y disminuir sus costos operativos a demás estos deben verse reflejados en la disponibilidad de los equipos para que sus sistemas productivos sean confiables y esto lleve al éxito a sus negocios.

Por lo tanto, la función del mantenimiento se ve obligada a buscar mejoras en sus procedimientos para así poder estar a la altura de las exigencias de las empresas que buscan ser competitivos, pero a la vez no aumentar sus costos por paradas innecesarias o repuestos que no deben ser aún cambiados en sus equipos, incrementando su nivel de confiabilidad y disponibilidad además de la vida útil de los mismos.

### DISEÑO PROPUESTO

La importancia de las técnicas de mantenimiento ha crecido constantemente en los últimos años, ya que el mundo empresarial es consciente de que para ser competitivos es necesario no sólo introducir mejoras e innovaciones en sus productos, servicios y procesos productivos, sino que también, la disponibilidad de los equipos ha de ser óptima y esto sólo se consigue mediante un mantenimiento adecuado (Carrasco, 2013).

La propuesta consiste en motivar la aplicación de un modelo de planificación predictivo para tener una utilización óptima de los activos productivos de las pymes, manteniéndolos en las condiciones requeridas para una producción eficiente con unos costos mínimos, para de esta manera reducir los tiempos de parada no programados.

Para los administradores y propietarios de las Pymes ha pasado desapercibido el mantenimiento predictivo por muchos años, hoy en día es obvio que un mal mantenimiento y baja confiabilidad significan ingresos bajos y altos costos de mano de obra, además de clientes insatisfechos y productos de mala calidad. Lo que en términos de costo puede significar miles de dólares en pérdidas.

La búsqueda por empeñarse en descubrir ventajas competitivas, ha mostrado que el costo del mantenimiento no está bajo control y es un factor importante en el incremento del desempeño global de los equipos (Tavares, 1999). En términos

mundiales, el gasto en mantenimiento debe estar alrededor de 2% o menos del valor del activo.

Como un ejemplo claro se puede describir el siguiente: Si los activos de una planta suman 60 millones de dólares, y esta planta tiene un gasto mensual con mantenimiento de aproximadamente 140 mil de dólares, ¿Su gestión es adecuada? La respuesta sería no, como se demuestra en el siguiente cálculo:

$$60\,000\,000 \times 2\% = 1\,200\,000$$

$$1\,200\,000/12 \text{ (meses)} = 100\,000$$

Por lo tanto, la expectativa máxima para el gasto sería de 100 mil dólares mensuales, y se demuestra que la empresa estaría gastando 40% más de lo adecuado, lo que podría estar afectando su balance de forma significativa (Tavares, 1999). Como podemos observar mediante el ejemplo, de esta forma, se debería considerar el presupuesto para gastos por mantenibilidad de infraestructura y equipos dentro de las instalaciones, pero en las encuestas realizadas se verificó que las pymes se encuentran gastando más del 2% que indica el estándar mundial esto como resultado de aplicar mantenimiento correctivo en sus instalaciones.

Para implementar la propuesta se observa que actualmente las empresas bien administradas han acogido una visión prospectiva de oportunidades, todo esto luego de haber sido probado en grandes empresas americanas, de acuerdo al estudio realizado por Tavares que tiene como base lo siguiente:

- Recolección de información, almacenamiento y tratamiento de datos.

Con la adecuada recolección de información, almacenamiento y tratamiento de datos podemos tener los reportes e informes, los cuales, deben ser prácticos, claros y objetivos, además de ser adecuados a los niveles de consulta para cada administrador o jefe de los diferentes departamentos (Figura 3).

- Rutinas sistematizadas para minimizar mantenimiento. En las rutinas sistematizadas o programadas, se busca indicar las necesidades reales de intervención y la aplicación de estas rutas se las realiza luego de haber elaborado una clasificación o categorización de máquinas que puede ser de acuerdo a la incidencia que tiene dentro del proceso de producción considerando los criterios del cuadro, se conoce como equipos Clase "A", "B" y "C". Que significa lo siguiente (Tabla 2):

- Clase A.- Equipo cuya parada interrumpe el proceso o servicio, llevando a la facturación cesante.
- Clase B.- Equipo que participa en el proceso o servicio, pero que su parada por algún tiempo no interrumpe la producción.
- Clase C.- Equipo que no participa del proceso o servicio.

**Importancia.** Puede considerarse de acuerdo al grado de interés del equipo para la administración, o equipos que tiene uno auxiliar junto a ellos.

**Importancia productiva.** Se debe a la influencia que tienen dentro del proceso de producción.

**Régimen de operación.** Se denomina al tiempo durante el cual la máquina puede trabajar con un rendimiento

económico satisfactorio. La vida útil de una máquina es función del desgaste de la misma por trabajo acumulado, y de su obsolescencia.

**Nivel de utilización.** Hace énfasis en los atributos internos y externos del equipo, los cuales contribuyen a su funcionalidad y eficiencia, depende no sólo del equipo sino también del usuario.

**Parámetro principal.** Se utilizan datos orientativos y de servicio de la máquina para lograr evaluar o valorar su situación dentro de la planta.

**Mantenibilidad.** Esto es debido a la capacidad de un elemento, bajo determinadas condiciones de uso, para conservar, o ser restaurado a, un estado en el que pueda realizar la función requerida, cuando el mantenimiento se realiza bajo determinadas condiciones y usando procedimientos y recursos establecidos.

**Conservabilidad.** De acuerdo a la capacidad, calidad o característica que tienen ciertos equipos que pueden ser almacenados durante un tiempo o no interfieren directamente en el proceso si sufren alguna novedad.

**Nivel de automatización.** La automatización se relaciona con la manufactura y se considera asociada con la productividad, la ganancia y la prosperidad.

**Valor de la Máquina.** Se denomina valor de una máquina al total en que tiene que incurrir el inversionista o administrador para colocar la máquina en el sitio de trabajo y al costo de sus repuestos.

**Factibilidad de aprovisionamiento.** Es de acuerdo a la disposición del repuesto u máquina para ser cambiado o reemplazado por uno nuevo.

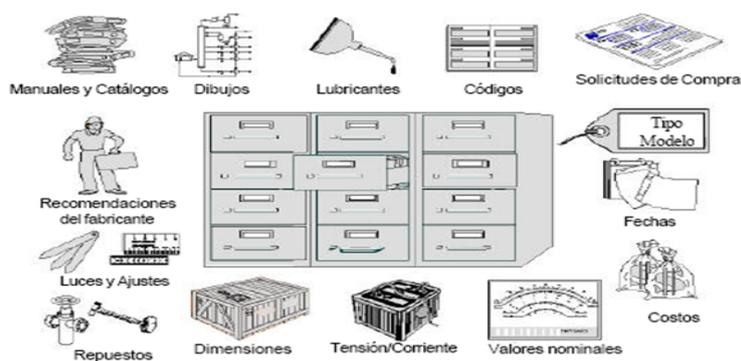
**Seguridad operacional.** Consiste en las condiciones de trabajo del equipo, dentro de sus parámetros normales de operación y siguiendo las recomendaciones del fabricante. Además que debe brindar la seguridad con las guardas y los equipos de control al operario.

**Afectación ecológica.** Es necesario considerar si los equipos o máquinas tiene componentes químicos o contaminantes que afectan directamente al medio ambiente. Por lo tanto pasan a ser equipos críticos dentro de las plantas industriales y necesitan mayor cuidado de monitoreo e inspección.

**Diagnosticable.** Equipos o máquinas que puedan ser monitoreados e inspeccionados ya sea por su disposición física dentro de la planta, es decir recabar datos para analizarlos e interpretarlos, lo que permite evaluar una cierta condición.

- Sistemas de mantenimiento con auxilio de procesamiento electrónico de datos.

En los sistemas de mantenimiento con la ayuda del procesamiento electrónico de datos mediante los software con los que cuentan los diferentes equipos de inspección, se busca acumular el máximo posible de información relacionada con los condiciones en las que se encuentran operando las máquinas (registro) y los desgastes de los materiales (repuestos), para establecer las tareas de mantenimiento adecuadas que serán ejecutadas en intervenciones programadas por los técnicos o mantenedores y así se especifica el momento adecuado para la ejecución



**Figura 2.** Creación de base de datos de equipos.

**Fuente:** (Tavares, 1999).

**Tabla 2.** Lista de atributos y ejemplos de evaluación.

Ítem	Criterios	Equipos		
		A	B	C
1	Importancia		X	
2	Importancia productiva		X	
3	Régimen de operación	X		
4	Nivel de utilización	X		
5	Parámetro principal		X	
6	Mantenibilidad			X
7	Conservabilidad			X
8	Nivel de automatización		X	
9	Valor de la Máquina			X
10	Factibilidad de aprovisionamiento			X
11	Seguridad operacional		X	
12	Afectación ecológica	X		
13	Diagnosticable		X	
Total		3	6	4

**Fuente:** (Rodríguez Pérez, 2013).

y se destinaran los recursos que serán utilizados mediante una planificación.

■ **Herramientas y dispositivos de medición.**

Con las herramientas y los dispositivos de medición, serán utilizados los criterios de predicción con datos originados en el monitoreo automático o manual, el establecer criterios garantizara el mejor mantenimiento en los aspectos de costos y seguridad, incluyendo las acciones necesarias para reducir los movimientos del personal de mantenimiento y las pérdidas de tiempo en la recolección de materiales y herramientas (Tavares, 1999).

■ **Asesorías competentes en la determinación del potencial de mejoramiento e implantación de soluciones estratégicas.**

Intervienen componentes que pueden ser capacitaciones a los administradores y técnicos por parte de los proveedores sobre el uso y disposición de los repuestos y la forma de conservación y manejo de los equipos de monitoreo e inspección. Las estrategias se dan de acuerdo a la necesidad de cada planta, las cuales van desde mejoramiento en sus estructura organizacional, equipos de protección personal, técnicas de trabajo seguro y hasta la forma de utilización del inventario de bodega referente a repuestos, lo que se debe considerar también es la disponibilidad que tengan las pymes para poder adaptarse al cambio o mejoramiento de sus actividades

o procesos, el costo de este tipo de asesoría va incluido en la compra de los equipos por lo que no representa un gasto adicional.

**Modelo de base de datos técnica** Debido a la gran importancia de un sistema de codificación como herramienta para facilitar la gestión de mantenimiento, se utilizara como ejemplo un sistema de 6 dígitos, utilizando números y letras, es decir, se estará hablando de un equipo que quedaría codificado de la siguiente forma 00AA11. Es necesario aclarar que se puede incrementar el número de dígitos a utilizarse en el caso de ser requeridos, dependiendo de la cantidad de equipos y máquinas que tenga la empresa.

El equipo estaría definido por cuatro grupos de dos dígitos, disponiendo de 100 combinaciones para cada grupo de números, más que suficiente para englobar a todos los equipos de una fábrica. El significado del código sería el siguiente: Con los dos primeros dígitos (00) determinamos el área de la fábrica donde se encuentra el equipo. Podemos definir líneas de producción o zonas generales (como oficinas, instalación contraincendios, seguridad, recepción,...)

Con las dos letras (AA) indicamos el tipo de equipo a codificar, por ejemplo:

- M: en este caso hablamos de motores, indicando con la segunda letra un tipo más específico, MB como motor de bomba.

- **B:** en este otro caso estaríamos hablando de una bomba. Con la segunda letra especificaríamos el producto que impulsa (A agua, Q químico,...).
- Otras sugerencias para equipos serían, RE para un reductor, LI para un indicador de nivel (Level Indicator, pudiendo sustituirlo también por IN), LT para un transmisor de nivel, FL para un filtro en línea.

Con los dos siguientes números (11) indicaríamos el grupo o sección dentro de una misma línea de producción, por ejemplo: línea de vacío, vapor, aire comprimido, refrigeración, línea de químicos.

En caso de necesitar más números para indicar la posición, debido a una cantidad superior de equipos o a una reforma en la que se introdujeran nuevos equipos, podríamos llegar a utilizar la solución de añadir -1, -2, o incluso también en el caso de existir varios equipos para una misma ubicación, es decir, equipos que alternan el funcionamiento o redundantes.

Un sistema de codificación adecuado posibilitará la correcta gestión de la información, facilitando así las tareas de mantenimiento Partida (2013). Luego en la columna descripción, se debe tratar de incluir detalles tales como el nombre de la máquina como por ejemplo: Bomba del Hidropulper #2, pues un error común que puede darse es errar al momento de asignar la ubicación del equipo, esto sucede cuando se tiene procesos similares dentro de la misma planta.

A continuación se detalla la descripción técnica de la maquina (motor, bomba, reductor, entre otros) aquí se hace referencia a los datos de placa y planos que se tenga a mano del equipo, hay que considerar que esta información debe ser ingresada y verificada el número de veces necesarias pues en esta columna tendremos datos de repuestos, datos de operación de los equipos lo que garantizará ser eficientes al momento de realizar los mantenimientos y de solicitar partes y piezas a los proveedores. Los errores que se suelen presentar aquí es pedir repuestos cambiados lo que causa malestar y pérdidas de tiempo al momento de realizar las tareas programadas de mantenimiento.

El formato que aquí se propone busca iniciar con el registro de información necesaria para evaluación de comportamiento de equipo que puede ser aplicado en las Pymes industriales y está compuesto de la siguiente manera:

**Área.-** Se registra el área de la planta al cual pertenece el equipo.

**Código.-** Se identifica y se asigna una identificación para facilitar la ubicación en el sistema o base de datos de los registros de los equipos de planta.

**Equipo.-** En este recuadro se debe asignar el nombre del equipo, la idea general de los formatos es asignar una página o tabla a un único equipo pues esto permitirá que sea mucho más fácil el estudio de la variación del estado del equipo a través del tiempo. En los datos de placa de los equipos y de los manuales del fabricante se agregan los siguientes datos en el cuadro, tomando como ejemplo las bombas de un molino.

**Marca.-** Para identificar el fabricante del equipo.

**Modelo.-** Esto nos ayudara al momento de solicitar un repuesto.

**Velocidad RPM.-** Datos de operación del equipo.

**Vanes.-** Identifica el número de aspas que tiene el impulsor de las bombas.

**Frame.-** Los motores traen el frame descrito en placa para adecuar la base en donde va a ser instalada dicha máquina.

**HP.-** Datos de la potencia del motor.

### *Costos de Implementación*

Es necesario contar con equipos de monitoreo, software, capacitaciones y otras demandas para que el modelo tenga óptimo resultado. A continuación se detalla los recursos imprescindibles para implantar este modelo de planificación predictiva.

**Recursos Humanos.-** Para utilizar este modelo se debe realizar una concientización y sensibilización, con todos los colaboradores que estén relacionados con la administración y ejecución del modelo, se necesita el compromiso de todos para que este proyecto sea un éxito.

**Recursos Materiales.-** Se debe considerar en esta sección los recursos informáticos como son los utilitarios Excel, Word, el software de análisis, papelería y otros elementos, así como la capacitación del personal técnico para el manejo de los instrumentos y equipos de inspección.

**Recursos Financieros.-** Para las pymes y demás microempresas que resuelvan a utilizar este modelo de un programa de planificación predictiva para optimizar sus procesos debe constar con la siguiente cantidad de dinero (Tabla 3):

De acuerdo a la tabla 3, la inversión es de \$11.683 dólares americanos, se tendrían que incluir en el presupuesto inicial los propietarios de las Pymes para implementar el modelo de planificación predictiva en sus organizaciones, cabe recalcar que no se consideran las capacitaciones de los administradores de la empresa ni de los técnicos, porque esta viene incluida en la compra de los equipos de monitoreos. Se piensa que es un valor accesible y que se verá reflejado en el aumento de productividad y confiabilidad de sus equipos.

## **RESULTADOS**

Con la aplicación de esta propuesta el impacto socio-económico va a permitir que las PYMES de la ciudad Milagro en su entorno social y a nivel económico este en relación con indicadores de medición y control de clase mundial, la utilizan empresas y compañías grandes, ellas han visto y dan fe del éxito garantizado. Cuando se aplica un programa de planificación predictiva en las empresas, los administradores o gerentes adquieren conocimientos técnicos, por lo cual obtendrá mayor beneficio dentro de sus instalaciones mejorando sus procesos teniendo productos de mejor calidad, asegurando la operatividad y disponibilidad de sus equipos generando mayor confianza y competitividad en el mercado.

Otro de los impactos es mediante la creación de conciencia en los colaboradores de la planta, donde mejora el clima laboral y realizan tareas de mantenimiento de una forma más ordenada con las debidas normas de seguridad industrial y salud operacional vigentes en el país. Además en la parte formativa, las capacitaciones por parte de técnicos certificados le permitirán un crecimiento personal al talento humano de la empresa, dándole herramientas que les ayudaran a discernir los

DATOS TÉCNICOS DE BOMBAS DEL MOLINO 1								
SECCION: PREPARACION DE PASTA								
CÓDIGO	EQUIPO	Datos técnicos Bombas				MOTOR		
		Marca	Modelo	Veloc. R.P.M.	VANES	Velocidad R.P.M.	FRAME	HP MOTOR
21B17	Bomba del Hidropulper # 2	Warren Ahls trom	3202	1780	4	1180	447T	150
21B13-1	Bomba del Hidropulper # 1	Goulds	3175 S	1800	6	1780	364T	60
22B121	Bomba de químicos # 1 (alumbre)	ITT Allis Chalmers	CSO	3500	3	3490	182T	3
22B122	Bomba de químicos # 2 (alumbre)	ITT Allis Chalmers	CSO	3500	4	3490	182T	3
22B221	Bomba de químicos # 3 (res ina)	Jaeco	112-086-D2N2	1780	6	1725	56	0,33
22B222	Bomba de químicos # 4 (res ina)	Jaeco	112-086-D2N2	1780	5	1725	56	0,33
22B31-1	BOMBA ALUMBRE LIQUIDO MOLINO 1	Goulds	3196 STX	1780	4	1725	FRFC143	1
22B32	Bomba alumbre líquido Molino 2	Goulds	3196 STX	3500	5	3530	182 T	3
22B521	Bomba de químicos # 5 (urea)	ITT Allis Chalmers	CSO	3500	6	3490	182 T	3
22B522	Bomba de químicos # 6 (almidón)	ITT Allis Chalmers	CSO	3500	3	3490	182 T	3
23B111-1	Bomba princ. dump chest (NUEVA) fue Po3 anteriormente	Goulds	3175 S	1800	3	1775	405 T	100
23B241	Bomba tanque de broke	Allis Chalmers	PWO	1750	4	1750	324 U	25
23B321-1	Bomba # 1 agua blanca norte	Goulds	3196 MTX	3600	5	3560	324 TS	40
23B322-1	Bomba # 2 agua blanca sur	Goulds	3196 XLT-X	1800	6	1785	444 T	125
23B33	Bomba Regulación de consistencia	Goulds	3175 S	1800	3	1765	326 T	50
23B41	Bomba al selectifer	Goulds	3175 S	1800	4	1785	405 T	100
23B42	Bomba limpiadores primarios unflow	Goulds	3175 S	1800	4	1785	405 T	100

Figura 3. Modelo de una base de datos técnicos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Inversión financiera para implementar la propuesta.

Cant.	Detalle	Valor Unid.	Valor total
2	Ordenadores	\$ 800,00	\$ 1.600,00
1	Impresora	\$ 200,00	\$ 200,00
2	Sillas	\$ 35,00	\$ 75,00
2	Escritorios	\$ 200,00	\$ 200,00
1	Equipo de Colector y Analizador de Vibraciones DYNAMIX 2500	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00
1	Equipo de Ultrasonido ULTRAPROBE 3000	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
1	Equipo de Termografía Fluke FLK - TiS 20	\$ 2.260,00	\$ 2.260,00
1	Equipo Analizador de aceite TRIBOCHECK	\$ 1.173,00	\$ 1.173,00
	Papelería y otros útiles	\$ 130,00	\$ 130,00
	Imprevistos	\$ 150,00	\$ 150,00
	<b>TOTAL</b>		<b>\$ 11.683,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

diferentes problemas a los cuales están expuestas las máquinas al operar en condiciones para las cuales no fueron diseñadas.

Luego de aplicar este proyecto las Pymes lograrán obtener una gestión de mantenimiento óptima que se puede medir en relación a fórmulas de cálculo de costos con estándares mundiales, pudiéndose evaluar los resultados con las siguientes formulas:

También se puede calcular la producción por turno o por lote de producción y la forma en que influye el mantenimiento aplicado:

El resultado de esta fórmula es dimensional, ya que el denominador se expresa en las siguientes unidades monetarias relacionadas con (m<sup>3</sup>, ton., kW, km. recorridos etc.) En conclusión este modelo de programa de planificación predictiva se aplica a todas las Pequeñas y Medianas Empresas que buscan optimizar sus procesos para aumentar su rentabilidad.

### CONCLUSIONES

- Mediante la investigación se pudo constatar que el desconocimiento de técnicas predictivas afectan la productividad de las pymes puesto que en su gran mayoría realizan mantenimiento correctivo en sus instalaciones y equipos.
- Quedan demostradas las cualidades de los equipos de monitoreo y las bondades que nos ofrecen al ser utilizados en las inspecciones realizadas en la planta, además que los resultados de la disminución de los tiempos de parada se podrán ver de inmediato.
- En lo que corresponde al modelo de un programa de mantenimiento predictivo, se da a conocer la forma de cómo nos ayudaría a optimizar los procesos dentro de las Pymes industriales y mejorar su rentabilidad.

### RECOMENDACIONES

- Se sugiere la revisión de la investigación realizada en este proyecto por parte de los administradores y técnicos que podrían utilizar para conocer acerca de los beneficios que ofrece el manteniendo predictivo.
- Se recomienda adquirir los equipos de monitoreo para poder empezar con la implementación de técnicas predictivas en las infraestructura y equipos de las Pymes industriales
- Implementar la propuesta de un modelo de un programa de mantenimiento predictivo con el fin de mejorar su rentabilidad y optimizar sus procesos y por ende los hará más competitivos en el mercado.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amendola, L. (2003). Modelos mixtos en la gestión del mantenimiento. *Departamento de Proyectos de Ingeniería e Innovación, Universidad Politécnica de Valencia, España*.
- Bustos, A. y o. (2013). *Indicadores para medir los beneficios económicos de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en confiabilidad. Caso: Industria Alimenticia del País*. PhD thesis.
- Carrasco, Francisco Javier Carcer y Mendez, M. R. (2013). El mantenimiento industrial y el conocimiento tácito: Una introducción sobre su incidencia. *DYNA Management*, 1(1).
- García Garrido, Santiago y Garrido, S. G. (2012). Los recursos humanos en una central de ciclo combinado. Technical report, e-libro, Corp.
- García Guzmán, P. A. (2015). *Análisis de la competitividad de las pymes industriales manufactureras del subsector CIU C10: elaboración de productos alimenticios en el Distrito Metropolitano de Quito en el año 2014*. PhD thesis, Quito, 2015.
- Lozada Yambo, Jenny Patricia y Naranjo López, N. A. (2013). Análisis del sistema de costos en las pequeñas y medianas empresas manufactureras (mueblería acuario) del cantón milagro año 2013.
- Olarte, William; Botero, M. y. C. B. (2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. *Scientia Et Technica*, 2(45):223–226.
- Partida, A. (2013). Cuadernos técnicos: Sistema de codificación de equipos — Mantenimiento & Mentoring Industrial.
- Rodríguez Pérez, Emilio; Bonet Borjas, C. M. y. P. Q. L. (2013). Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(2):61–67.
- SUPERCIA (2016). Superintendencia de compañías, valores y seguros.
- Tavares, L. A. (1999). *Administración moderna de mantenimiento*. Novo Polo Publicacoes.
- Vega Mendoza, P. J. (2013). Diseño de la estrategia de mantenimiento basada en la confiabilidad, rcm e inspección basada en el riesgo, rbi, para la línea crítica de producción de la empresa itacol sca ubicada en girón, santander.