

Mejoramiento de la productividad en la fabricación de grandes piezas de fundición

Dra. Sara María Velázquez Reyes¹, M.C. María Cristina García Carrillo², M. C. Benigno Landeros Arenas³, Dr. Alfonso Javier Hayakawa Miyamoto⁴, Dra. Alejandra Olvera Willes⁵

Resumen: Fundidora Especializada del Nazas, S.A. de C.V. (FENSA) es una organización que se distingue por elaborar piezas de gran tamaño y aleaciones especiales con excelente calidad, lo que le ha permitido ser un proveedor de empresas nacionales e internacionales por más de 39 años y está catalogada como una PYME enfocada a los sectores metalúrgico, minero, construcción y partes para equipo de bombeo. En el diagnóstico realizado, se encontró que no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo de su maquinaria y equipo, así como no se tienen los indicadores de la productividad parcial de los recursos, ocasionando retrasos en las fechas de entrega a sus clientes. El objetivo de la investigación es mejorar la productividad en la fabricación de la pieza de 6 toneladas, para lo cual, se implementaron las siguientes estrategias: actualización de los inventarios de maquinaria y equipo, elaboración de las bitácoras y manuales faltantes, caracterización de los lubricantes empleados por un laboratorio externo, estudio del clima laboral del personal y capacitación del personal en mantenimiento y seguridad. Con la puesta en marcha de la metodología propuesta se lograron ahorros en la sustitución de lubricantes y mejoras en la productividad.

Palabras clave: fundición, productividad, mantenimiento.

Introducción

Fundidora Especializada del Nazas, S.A. de C.V. fue fundada en 1979 como una empresa familiar enfocada a los sectores metalúrgico, minero, construcción y partes para equipo de bombeo, así como atender pedidos de todo tipo de fundiciones ferrosas, bajo especificaciones internacionales o las proporcionadas por el cliente a nivel regional, nacional e internacional. La experiencia y la reingeniería de sus procesos han sido estratégicos para poder ofrecer a sus clientes piezas de excelente calidad, así como cumplimiento en sus tiempos de entrega y contar con precios más competitivos.

El proyecto realizado en esta organización tiene la finalidad de mejorar la productividad en la manufactura de la principal pieza que fabrican, de la cual no se tienen establecidos los indicadores de productividad parcial.

Las herramientas básicas y caracterización de muestras utilizadas en la metodología empleada para el diagnóstico fueron: Lista de chequeo, encuestas, entrevistas, observación, análisis FODA, diagrama de Ishikawa y análisis de lubricantes.

En base a los resultados obtenidos del diagnóstico, se pudieron implementar las siguientes estrategias: actualización de los inventarios de maquinaria y equipo, elaboración de las bitácoras y manuales faltantes, evaluación de los lubricantes por un laboratorio externo, estudio del clima laboral del personal y capacitación del personal en mantenimiento y seguridad. Una vez implementada la metodología propuesta, se han logrado disminuir los costos debido a la sustitución de lubricantes y capacitación del personal, lo que lleva a una mejora en la productividad.

Desarrollo

Metodología

La metodología propuesta involucra los siguientes pasos:

- Revisión bibliográfica y estado del arte
- Recorridos por la empresa para recabar información
- Diseño de instrumento de medición para el diagnóstico
- Inspecciones visuales
- Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos del propio equipo (verificaciones en línea)

¹ La Dra. Sara María Velázquez Reyes es Profesora-Investigadora de la Maestría en Ingeniería Industrial (M.I.I) del TecNM del IT La Laguna. saravelazquezreyes@gmail.com

² M.C. Cristina García Carrillo es Profesora-Investigadora de la M.I.I. del TecNM del IT Laguna. mc_garciac@hotmail.com (autor correspondiente)

³ El M.C. Benigno Landeros Arenas Profesor-Investigador de II del TecNM del IT La Laguna. benil_land13@hotmail.com

⁴ Dr. Alfonso Javier Hayakawa Miyamoto es Profesor-Investigador de la MII del TecNM del IT La Laguna.

⁵ Dra. Alejandra Olvera Willes es Profesora-Investigadora de la MII del TecNM del IT La Laguna. aolveraw@hotmail.com

- Verificaciones del correcto funcionamiento de los equipos, realizados con instrumentos externos del equipo (verificaciones fuera de línea) (Nota: este caso y el anterior justifica la importancia de contar con los valores de referencia de los equipos)
- Conjuntar los resultados en un cuadro de fortalezas, debilidades, áreas de oportunidad y amenazas.
- Analizar las debilidades y áreas de oportunidad.
- Analizar las causas mediante el diagrama de Ishikawa.
- Presentar propuestas para la implementación de estrategias en cada una de las áreas de la empresa FENSA

Desarrollo de la investigación

La productividad expresa la relación entre el número de bienes y servicios producidos (la producción) y la cantidad de mano de obra, capital, tierra, energía y demás recursos necesarios para obtenerlos (los insumos). Cuando se mide, la productividad suele considerarse la relación entre producción y una medida única de insumos, ya sea mano de obra o el capital. Cuando hay varias unidades de medida o índices de insumos, esta ecuación se vuelve muy compleja y, en general, requiere una evaluación subjetiva y la aparentemente simple definición de producción contra insumos se torna compleja y confusa. El concepto de productividad se ha vuelto más difuso debido a la creencia cada vez más generalizada de que el solo hecho de producir con eficacia no implica necesariamente ser productivo. Se debe producir lo que el mercado precisa, cuando lo necesita y a un precio competitivo, además se ha agregado a la ecuación el ideal de satisfacer las necesidades y las expectativas del cliente sin incurrir en error o desperdicio, ello sugiere que lo que se produzca sin que el mercado lo requiera no puede considerarse producción en el cálculo de la productividad.

Si una compañía considera que el éxito radica en entregar productos sin defectos a los clientes, a un precio competitivo y con sujeción a los plazos de entrega, entonces su definición de productividad debe reflejar cada uno de los elementos de esa pauta de éxito y una vez establecida la definición y medida la productividad, la empresa podrá utilizarla como punto de referencia para el mejoramiento y para analizar deficiencias (Zandin 2009).

Por otra parte, el plan de mantenimiento, de acuerdo con Pesantez (2007), es el software o documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado, que debemos realizar en un establecimiento para asegurar los niveles de disponibilidad requeridos. Se trata de un documento vivo en continuo cambio, fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo, así como del análisis de los indicadores de gestión.

La clave en este punto es cómo seleccionar las tareas más adecuadas para lograr nuestro objetivo. Hay varias posibilidades para proceder en este sentido, siendo acaso las metodologías basadas en RCM (Reliability Centred Maintenance, Mantenimiento Basado en la Fiabilidad) las más populares en el ámbito industrial. Dentro de la gestión de confiabilidad es necesario involucrar varias áreas de la empresa, dependencias que de acuerdo con un procedimiento unificado, mantendrán el objetivo principal del RCM acorde con la visión y misión de la empresa: operaciones y procesos, mantenimiento, gerencia de recursos humanos, investigación y desarrollo, medio ambiente, seguridad industrial y salud ocupacional, gerencia financiera, calidad; por estar hablando de todo un sistema productivo competente, el esfuerzo unificado de estas dependencias es llamado Gestión de confiabilidad operacional (CO), esta estrategia involucra todo aquel talento humano que de una u otra forma hace parte del mismo. Al hablar de una mejora continua, no es posible establecer una metodología precisa, debido a que depende de los recursos y condiciones de operación, pero sí es posible establecer las metas y parámetros a seguir (Gómez 2017).

De acuerdo con el Mantenimiento Industrial de los equipos, el análisis de falla está diseñado para:

- a) Identificar los modos de falla (la forma de fallar del producto o pieza).
- b) Identificar el mecanismo de falla (el fenómeno físico involucrado en la falla).
- c) Determinar la causa raíz (el diseño, defecto, o cargas que llevaron a la falla)
- d) Recomendar métodos de prevención de la falla.

La Figura No. 1 muestra la gráfica de tipo de fallas:



Figura 1. Gráfica de tipos de fallos

En relación a la seguridad del personal, en el artículo 123, Apartado “A”, fracción XV, de la Ley Suprema dispone que el patrono estará obligado a observar, de acuerdo con la naturaleza de su negociación, los preceptos legales sobre higiene y seguridad en las instalaciones de su establecimiento, y a adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de las máquinas, instrumentos y materiales de trabajo, así como a organizar de tal manera éste, que resulte la mayor garantía para la salud y la vida de los trabajadores (STPS).

En México, existe una gran cantidad de micro, pequeña y mediana empresas (MiPYMES) que carecen de un programa de clima laboral y seguridad, el cual es de suma importancia para la protección de sus trabajadores y un buen ambiente organizacional.

Diagnóstico

Las herramientas utilizadas para llevar a cabo el diagnóstico son:

- 1) Lista de chequeo o (Check List): Es una herramienta de ayuda en el trabajo diseñada para reducir los errores provocados por las potenciales fallas de la maquinaria, equipos y la atención en el ser humano. Ayuda a asegurar la consistencia y exhaustividad en la realización de una tarea. En la Tabla 1, se presenta el check list de las áreas de producción de FENSA.

Tabla 1. Lista de chequeo de las áreas de producción

Concepto	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MAL	OBSERVACIONES
1. Organización.			X		No acumular tanto personal en cada área de trabajo especialmente en áreas donde exista mucho riesgo
2. Orden.				X	El material, piezas y herramientas no tenía lugar específico
3. Limpieza.				X	Toda la zona de producción estaba cubierta de residuos de las fundiciones
4. Disciplina y hábito.			X		Los trabajadores eran disciplinados en lo que consta sus actividades de trabajo pero no contaban con buenos hábitos para mantener en buenas condiciones su área de trabajo
5. Constancia.			X		En cuanto a su trabajo, sus actividades laborales no disminuyen a pesar de sus condiciones de trabajos
6. Compromiso.		X			Tanto los trabajadores como los administrativos están comprometidos con las responsabilidades y obligaciones de la empresa
7. Coordinación.		X			Cada individuo del personal está consciente del puesto que tiene en la empresa
8. Estandarización.		X			La empresa fabrica piezas de calidad que son reconocidas internacionalmente en el mercado
9. Control Visual.			X		Las ayudas visuales no están a la vista
10. Supervisión.				X	Falta de concientización de los trabajadores para la supervisión de todo el proceso de fabricación
11. Áreas delimitadas.				X	Falta de espacio en cada distinta área ya que ocupan mucho espacio
12. Maquinaria.			X		Falta de limpieza y mantenimiento
13. Transporte de material dentro de la empresa.				X	No tienen espacio determinado para no tener problemas para transportar los materiales
14. Iluminación.				X	Falta de iluminación en diferentes áreas de trabajo para así tener un mejor trabajo y periodos más largos
15. Extintores				X	Falta de extintores en muchas áreas donde más se pueden utilizar

- 2) **Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas):** Es una metodología de estudio de la situación de una empresa o un proyecto. En la Tabla 2 se presentan las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la empresa FENSA.

Tabla 2. Análisis FODA de la empresa FENSA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
------------	---------------	-------------	----------

<p>Cientes regionales, nacionales e internacional Líder nacional en la fabricación de piezas grandes. Ubicación estratégica Precio más bajo con respecto a los mismos productos importados Empresa certificada en ISO 9001:2015 Perry Johnson Registrars, Inc. Se aceptan estudiantes para prácticas y proyectos Laboratorio equipado y certificado para el control de calidad Participación en varios ramos industriales Áreas Divididas para cada proceso de Operación. Exactitud y Versatilidad de fabricar diseños. Cumplimiento a especificaciones del cliente e internacionales. Crecimiento y Desarrollo, cuenta con 39 años de experiencia Cuenta con convenios con instituciones educativas</p>	<p>Capacitación al personal sobre maquinaria o aplicación Coordinación de las áreas Mejorar la infraestructura de la empresa Respetar el Reglamento de seguridad Dar seguimiento al programa de mantenimiento preventivo y correctivo Mejorar la gestión de higiene y seguridad y ambiental</p>	<p>Bitácoras en las unidades no visibles Mantenimientos correctivos anormales Falta seguimiento al programa de mantenimiento preventivo Falta de capacitación del personal de nuevo ingreso Rotación de personal No se respeta el reglamento de limpieza y seguridad Algunas máquinas en mal estado Falta implementar orden en el proceso productivo. Falta comunicación entre departamentos. Distractores en el trabajo</p>	<p>Riesgos de salud Accidentes Siniestros Contingencias ambientales Competencia</p>
--	--	---	---

3) **Diagrama de Ishikawa:** Consiste en una representación gráfica también llamado diagrama de pescado o causa – efecto. Es una herramienta muy utilizada en la industria para el análisis de problemas y encontrar la causa raíz, en la Figura 1 se presenta el análisis del peligro de accidentes en las áreas de producción.

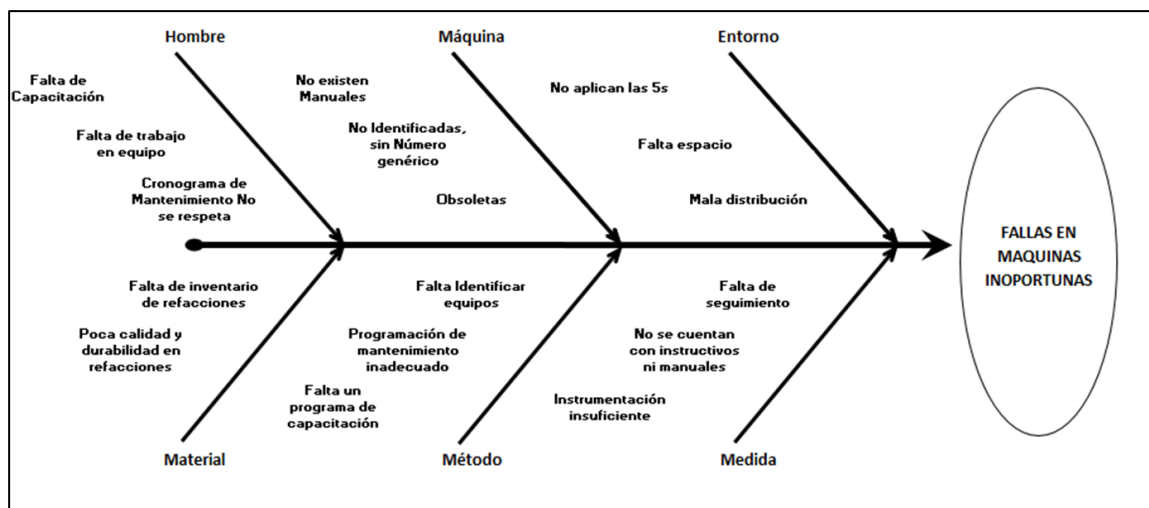


Figura 2. Diagrama de Ishikawa de fallas en máquinas inoportunas

Cuestionario

Se realizó un chequeo en conjunto con el personal de las áreas de maquinado, fierro y acabado, obteniéndose los resultados de: Medición de temperatura, Medición de vibración y Medición de consumos.

Resultados

Inspección y Análisis de Aceite

La contaminación del aceite es la causa de la mayoría de las fallas mecánicas en los equipos, al revisar costos de mantenimiento al 100%, se dice que solo el 10% es el costo de la lubricación siendo en la mayoría de las veces el otro 90% pérdida en gastos de mantenimiento.

La experiencia de los diseñadores de los equipos y usuarios de sistemas de aceite lubricante ha demostrado que más del 75% de las fallas en los sistemas son el resultado directo de la contaminación.

Los costos relacionados a la contaminación son asombrosos y se derivan de:

- Pérdida de producción (tiempo de paro)
- Costo de reemplazar componentes
- Cambio frecuente de fluidos
- Desecho de aceite
- Aumento de los costos de mantenimiento en general.

En las visitas realizadas a la Fundidora se realizaron muestras de aceite a 3 equipos con ayuda de los laboratorios de Shell Lubricantes.

Uno de los equipos evaluados fue el compresor ITSA, el cual en la Figura No. 3 se muestra una vista de dicho equipo y los resultados de los análisis del lubricante utilizado en dicho equipo, muestran que se tiene problemas con el aumento de viscosidad, así como la presencia de contaminante de hierro excesivo, lo cual provoca desgaste en los componentes, además de contaminación de agua debido a una mala filtración en el sistema. Cabe mencionar que los análisis se realizaron en un laboratorio externo y se plasman en la Figura 4.



Figura 3. Vista del Compresor ITSA

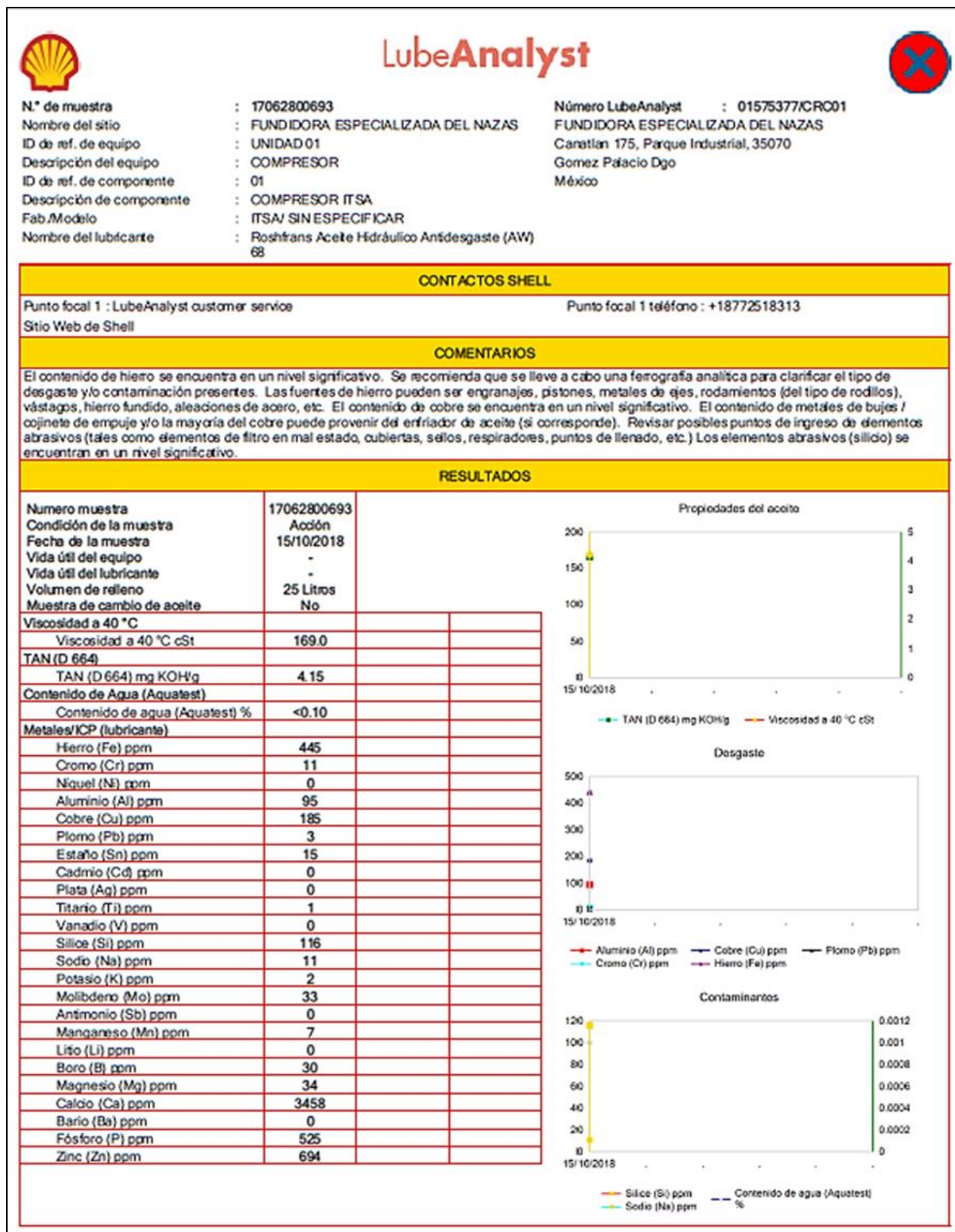


Figura 4. Informe de resultados de la muestra de lubricante del compresor ITSA, realizado por Lube Analyst.
 Observaciones

Derivado al análisis de aceite para llegar a los objetivos de la gestión de mantenimiento se propone un cronograma de actividades mostrado en la Tabla 3, como primer paso a evaluar las unidades hidráulicas y así definir los periodos de tiempo de vida del lubricante para las prensas de los hornos, esto ayudará a cuidar y alargar la vida útil del equipo y de los componentes.

Tabla 3. Cronograma de Actividades de mantenimiento

ACTIVIDAD	OBJETIVO	FECHAS		RESPONSABLE	OBSERVACIONES
		INICIO	TERMINO		
1	Retroalimentación con personal de mantenimiento		CADA INICIO DE SEMANA	JEFE DIRECTO	Realizarse en un corto plazo de 3 meses, revisar resultados y autoevaluar
2	Crear Programa de Capacitación		CADA 2 MESES	JEFE DE MTTO	Los usuarios sabrán lo básico y cuidado del lubricante
3	Implementar Programa de Análisis de Aceite		LA PRIMERA VEZ	DPTO MTTO	Tener una base del porque realizar los drenados de aceite, cuidar el equipo y obtener ahorros
4	Cuantificar Ahorros		CADA MES	JEFE DE TALLER	Se lograra percibir el ahorro obtenido

Conclusiones

Fundidora Especializada del Nazas, SA de CV cuenta con áreas de oportunidad para la mejora continua en el sistema de gestión de mantenimiento, se debe de establecer primeramente las responsabilidades del Departamento de Mantenimiento de la mano con los objetivos que espera la Gerencia en esta mejora.

La gerencia deberá dotar de recursos adicionales económicos para reemplazos de refacciones alineados a la mejora, inducción para operarios, realización de talleres, y charlas de sensibilización a los departamentos y personal involucrados. Al inicio de la implementación de dichos procedimientos, el personal puede negarse al cambio, la realización de charlas, talleres y seguimiento de los jefes de área permitirán la permanente adecuación e interés del personal.

La empresa debe elaborar e implementar un plan de capacitación, durante el proceso de la implementación, el personal mejorara continuamente en sus actividades en beneficio propio y el de la organización. El mantenimiento actual requiere de una modificación para esta mejora, actualmente se cuenta con mantenimientos correctivos que provocan paro de producción inesperada para ello se debe de enfocar en un mantenimiento preventivo con ayuda de un software y reducir los correctivos logrando Mantenimientos Proactivos que genere más utilidad para la organización

Al emplear una metodología a través de un perfeccionamiento de la Gestión de mantenimiento logrará la "rentabilidad de la disponibilidad" de la empresa. Describir de manera sencilla y de fácil entendimiento la política y objetivos integrados en el sistema de gestión encaminará su mejora continua y deberá ser entendido por toda la organización.

Recomendaciones

Basado en los resultados de la presente investigación, se recomienda programar un sistema de mantenimiento adecuándose a la política de la empresa y los requerimientos de calidad, seguridad y mercado, además de las características del proceso productivo. También se debe implementar un sistema de mantenimiento bien diseñado debe adecuarse a las características de cada máquina. Se recomienda adecuar un sistema de mantenimiento con ayuda de un software de mantenimiento (MP9, Mantenimiento Fácil), pues esto involucra tener bien definidos los proveedores de refacciones, coordinación y disponibilidad de compras y llevar un control de rendimientos y vida útil de las mismas.

Agradecimiento

El proyecto de vinculación escuela – empresa en la empresa FENSA con el Tecnológico de la Laguna está siendo apoyado por la Convocatoria 2018-2 de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica en los Programas

Educativos de los Institutos Tecnológicos Federales, Descentralizados y Centros 2018 del Tecnológico Nacional de México.

Referencias

- FENSA. Consultada por internet el 30 mayo de 2017. Dirección de internet: www.fensa.com.mx
- Gómez I.D.. (2017) “La flexibilidad del RCM” Sitio Web: <http://planetrams.iusiani.ulpgc.es/?p=1352&lang=es>, Mantenimiento Industrial de los Equipos. “Mantenimiento Industrial” en línea <http://mantenimientoindustrialdeequipos.blogspot.com/> 2016
- Pesantez Huerta Á. E. (2007) “Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo, de Escuela Superior Politécnica del Litoral” Sitio web: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13353/4/TESIS%20COMPLETA%20%28FINAL%29.pdf>,
- STPS. “Marco Normativo Normas Oficiales Mexicanas de Seguridad y Salud en el Trabajo” en línea asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx
- UVIGO. “Gestión de la calidad, seguridad y el medio ambiente” 4ª. Organización Industrial. Dirección de Internet: <http://www.gio.uvigo.es/assignaturas/gestioncalidad/GCal0405.DiagramaPareto.pdf>
- UDLAP. “Obtención y análisis de la información. Diagrama de Ishikawa (causa-efecto)” Dirección de Internet: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmfn/duran_c_i/capitulo3.pdf
- Rodríguez, J., (2007). “Administración Moderna de Personal”, séptima edición, México: Cosegraf,
- Zandin, K. B., (2009), *Manual del Ingeniero Industrial*, Tomo I, Mc Graw Hill, 2.3-2.11.

Notas Biográficas

La **Dra. Sara María Velázquez Reyes**. Es Profesora Investigadora del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Laguna de Torreón, Coahuila, México. Terminó sus estudios de doctorado en Administración Estratégica en el Instituto Internacional en Administración Estratégica. Ha publicado artículos en las revistas: European Scientific Journal, Ingeniería—Revista Académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, Certus de la UAG, Aristas UABC, Revistas Profesionales de Academia Journals Cd. Juárez y Celaya.

La **M.C. Cristina García Carrillo**. Es Profesora Investigadora del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Laguna de Torreón, Coahuila, México. Terminó sus estudios de Maestría en Ingeniería Industrial en Instituto Tecnológico de la Laguna. Ha publicado artículos en las revistas: European Scientific Journal, Aristas UABC, Revistas Profesionales de Academia Journals Cd. Juárez y Celaya, Revista Internacional de Innovación Tecnológica, ECORFAN-Revista de Energía Física y Química.

El **M.C. Benigno Landeros Arenas**, es Profesor – Investigador de II del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Laguna de Torreón, Coahuila, México. Terminó sus estudios de Maestría en Ingeniería Industrial en Instituto Tecnológico de la Laguna. Ha publicado artículos en las revistas: Academia Journals de Cd. Juárez y Celaya. Colaboró en la elaboración del Manual de Educación Dual del Tecnológico Nacional de México.

El **Sr. Alfonso Hayakawa Miyamoto**, es Profesor – Investigador de II del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Laguna de Torreón, Coahuila, México. Terminó sus estudios de Ingeniería en Investigación de Operaciones en la UNAM y Doctorado en Ingeniería con especialidad en Investigación de Operaciones en la Facultad de Ingeniería de Kyushu, Japón, cuenta con mas de 40 años de experiencia docente en licenciatura y posgrado, en diferentes instituciones educativas. Ha publicado en la Revista Aristas

Dra. Alejandra Olvera Willes. Es Profesora Investigadora del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Laguna de Torreón, Coahuila, México. Terminó sus estudios de doctorado en Administración en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Ha publicado artículos en la Revista Sotavento de Colombia. Revistas Profesionales de Academia Journals Celaya.