

## Plan de mantenimiento preventivo de las máquinas y/o equipos de la empresa metalmecánica AYD Pioneer S.A.C. para incrementar su disponibilidad y confiabilidad operacional

Preventive maintenance plan of the machines and/or equipment of the metalmecanic company AYD Pioneer S.A.C. to increase your availability and operational reliability

Takeshi Anthony Romero Rivera <sup>1</sup>

### RESUMEN

La presente investigación desarrolla un plan de mantenimiento preventivo, aplicado a las máquinas del área de fabricación de una empresa metalmecánica de Trujillo, específicamente en AYD Pioneer S.A.C.; con el objetivo de aumentar su disponibilidad y confiabilidad operacional, y así evitar los paros innecesarios por fallas y consecuentemente evitar pérdidas.

En primer lugar se elaboró un inventario de la maquinaria para saber cuáles son las máquinas a las que se le efectuara el plan de mantenimiento, seguidamente se efectuó una evaluación de mantenimiento inicial para tener en cuenta el desempeño de la maquinaria, para luego determinar el nivel de criticidad de estas.

Con base a ello se procedió a la elaboración de los formatos y del programa anual de mantenimiento preventivo basándose en los requerimientos de la norma ISO 55000. Posteriormente se pasó a simular el plan para obtener su desempeño y una vez obtenidos los resultados se comparó con la evaluación inicial, determinando que se logró aumentar el nivel disponibilidad y confiabilidad operacional de las máquinas.

Al final se incluyen los costos respectivos del plan, determinando su factibilidad.

**Palabras clave:** Mantenimiento preventivo, Disponibilidad, Confiabilidad, Programa de mantenimiento.

### ABSTRACT

This research develops a preventive maintenance plan, applied to a metalworking for Trujillo company manufacturing machines, specifically in AYD Pioneer S.A.C.; in order to increase their availability and operational reliability, and thus avoid unnecessary stoppages for failure and consequently avoid losses.

At first drew up an inventory of machinery to find out what the machines are carried out which maintenance schedule, then an initial evaluation was made to take into account the performance of the machinery, to then determine the level of criticality of these.

On the basis that proceeded to the development of formats and the annual preventive maintenance schedule based on the requirements of the standard ISO 55000. Subsequently moved to simulate the plan for its performance and once the results compared with the initial evaluation, determining that it was to increase the availability and operational reliability of machines it.

At the end include the respective costs of the plan, determining feasibility.

**Keywords:** Preventive maintenance, availability, reliability, maintenance program.

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector Metal Mecánico es considerado a nivel mundial como un sector de avanzada en la industria porque tiene un alto efecto multiplicador, capacidad de arrastre sobre otros sectores y generador de empleo altamente calificado.

A nivel mundial, los países que presentan mayor desarrollo en esta rama son Estados Unidos, Japón, Alemania y España. Latinoamérica aún se encuentra en vías de desarrollo; sin embargo, la industria metalmeccánica peruana ha reportado un pronunciado crecimiento, sostenido en los últimos años. En nuestros días aporta el 16% del PBI nacional. (Cornei, Especial Metalmeccánicas. [En línea]. Disponible en web: <http://www.cornei.com/wp-content/uploads/2013/08/Especial-Metalmeccanicas.pdf>) Hoy en día el mercado metalmeccánico en el Perú registra un movimiento económico de entre mil y mil quinientos millones de dólares anuales. Esta evolución de la industria metalmeccánica potencia la generación de empleo en el país; sin embargo, los recursos humanos que requiere el sector deben estar capacitados para los requerimientos cada vez más exigentes de los clientes. (Cornei, Especial Metalmeccánicas. [En línea]. Disponible en web: <http://www.cornei.com/wp-content/uploads/2013/08/Especial-Metalmeccanicas.pdf>) En la región de La Libertad actualmente este sector se encuentra en crecimiento gracias a empresas como Metal Sur, Fisac, Fenix Maquinarias, entre otros; han optado por nuevas tecnologías importando maquinarias de alta tecnología, con fin de lograr mejor desarrollo. Esta tecnología requiere de planteamiento de estrategias y planes de acción, ello conlleva a que se implementen planes de mantenimiento que permitan la mejora de niveles de eficiencia y productividad, y así alentar la competitividad en el sector.

AyD Pioneer S.A.C es una empresa dedicada principalmente a la industria de la metalmeccánica, la empresa está comprometida con el mantenimiento, diseño y fabricación de estructuras. Dicha empresa tiene en su área de producción un full de maquinarias y equipos.

Estos equipos posibilitan la producción en la empresa, contribuyendo con la fabricación de piezas para cualquier tipo de estructura metálica, etc. Es por ello, que se requiere del mejor desempeño de la maquinaria para que la producción sea de calidad, ya que eso lo representa a la empresa.

En dicha empresa no se efectúan actividades de mantenimiento a la maquinaria, pues no presenta ningún departamento o encargado de mantenimiento. Esto conlleva a que los equipos tiendan a sufrir fallas y generar pérdidas en la empresa; y por consecuente al retraso de obras obtenidas.

Esto fundamenta la necesidad que se tiene de elaborar un

plan de mantenimiento preventivo a la maquinaria de la empresa AyD Pioneer S.A.C.

## 2. CONTENIDO

La investigación se basa en principios de mantenimiento, desarrollo de un programa de actividades preventivas y análisis económico.

### Mantenimiento.

División clásica de tipos de mantenimiento

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento hard time o cero horas.
- Mantenimiento en uso.

### Plan de mantenimiento.

- Listado de maquinaria.
- Análisis de criticidad.

### Indicadores de mantenimiento.

- **Tiempo Promedio para Fallar o Mean Time To Fail (TPPF- MTTF):**

$$MTTF = (\text{Horas operadas}) / (\text{N}^{\circ} \text{ de fallas}) \dots (\text{Ec. 1})$$

- **Tiempo Promedio para Reparar o Mean Time To Repair (TPPR- MTTR):**

$$MTTR = (\text{N}^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}) / (\text{N}^{\circ} \text{ de averías}) \dots (\text{Ec. 2})$$

- **Tiempo Promedio Entre Falla o Mean Time Between Fail (TPEF- MTBF):**

$$TPEF = (\text{N}^{\circ} \text{ de horas disponibles}) / (\text{N}^{\circ} \text{ de averías}) \dots (\text{Ec. 3})$$

- **Disponibilidad:**

$$D = [(TPPF-TPPR)/TPPF] \dots (\text{Ec. 4})$$

- **Confiabilidad:**

$$Co = e^{(-\lambda t)} \dots (\text{Ec. 5})$$

- **Mantenibilidad:**

$$M(t) = 1 - e^{-(\mu t)} \dots (\text{Ec. 6})$$

Costos del mantenimiento:

$$A = P \left[ \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right] \dots\dots (Ec. 09)$$

Donde:

A= Anualidad

P= Valor presente

I= Tasa de interés

N= Periodo

Retorno de inversión

$$R.O.I. = (\text{Ingresos} - \text{Inversión (S./)}) / (\text{Inversión} \times (\text{s./año})) \dots\dots\dots (Ec. 10)$$

### 3. RESULTADOS

En el primer punto se actualizó la lista de inventario de la empresa obteniendo lo siguiente:

Tabla 01. Inventario de máquinas de la empresa.

Máquinas	Marca	Código
Soldador MIG/MAG	Lincoln	PNR - 01
Soldador Arco Eléctrico	Miller	PNR - 02
Soldador Arco Eléctrico	FRO Saldadura	PNR - 03
Punzonadora	IMS	PNR - 04
Compresora de aire	Pitbull	PNR - 05
Tronzadora 14"	Bosch	PNR - 06
Pulidora 9"	SSP	PNR - 07
Cortador de plasma	Cebora	PNR - 08
Taladro Vertical	Kaili	PNR - 09
Taladro Rotomartillo	DeWalt	PNR - 10
Dobladora de tubos Hidraulica	Torin	PNR - 11
Equipo de oxicorte	Harris	PNR - 12
Equipo de oxicorte	Harris	PNR - 13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 02. Se muestra las maquinas críticas y semicríticas obtenidos a través de un análisis de criticidad:

MÁQUINAS	
Críticas	8 máquinas
Semicríticas	5 máquinas

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 03. Resultados del nivel de mantenimiento de las maquinas a través de los indicadores, obteniéndose:

MÁQUINAS	DISP	CONF	MANT
Soldador MIG/MAG	55.29%	69.37%	85.67%
Soldador Arco Electrico - FRO Saldadura	49.97%	59.14%	77.88%
Soldador Arco Electrico - Miller	59.33%	56.11%	82.58%
Cizalla/Punzonadora	49.21%	56.69%	74.86%
Compresora de aire	50.83%	59.70%	72.27%
Taladro Vertical - Kaili 02	46.93%	56.68%	71.68%
Taladro Vertical - Kaili 01	53.55%	59.45%	73.28%
Pulidora 9" SSP	55.71%	59.16%	79.39%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 04. Se muestra los requerimientos que la norma ISO 55000 nos pide para poder elaborar el plan de mantenimiento:

ITEM	REQUERIMIENTOS
1	Objetivo del plan
2	Alcance del plan
3	Responsabilidades
4	Documentos aplicables (Fichas técnicas)
5	Un diagrama de requerimiento general
6	Cuadro de subsistemas críticos
7	Grado de riesgo
8	Política
9	Diagrama de flujo
10	Elaboración de formatos
11	Elaboración de plan en base a manuales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 05. Ejemplo de programa de mantenimiento para la máquina de soldar por arco eléctrico.

Actividades	Diario	Trimestral	Anual
Limpieza general a la máquina antes de su funcionamiento.	X		
Revisar que todas las conexiones eléctricas estén firmes y bien aisladas.	X		
Limpieza interna de la maquina por medio de aire limpio a presión.		X	
Inspeccionar el cable porta-electrodo, el cable de masa y el porta-electrodo.		X	
Revisión de partes interiores; fuente de alimentación, transformador. Si se encuentra en mal estado sustituir.		X	
Realizar limpieza de tarjetas eléctricas con un limpiador electrónico. Asegurarse que el equipo este apagado.			X
Revisión de general de los interiores. Si se encuentran en mal estado sustituir.			X
COSTO: S/. 1,150.00			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 06. Resultados después de simular en el software Promodel.

Locaciones	% Operación	% Rate de reparación	% Tasa de fallas
Ciz Punz	90,96	2,3147	0,1124
Maq Miller	93,60	2,4861	0,1082
Maq FRO	90,89	2,3001	0,1264
Maq MIG	93,53	2,3672	0,1179
Pulid 9	93,43	2,2808	0,1151
Taladro	90,79	2,2987	0,1278
Compresora	93,50	2,223	0,1165
Mantenimiento	0,00	0	0
Salida	0,00	0	0
Locl	16,05	1,2	0,5428

Fuente: Elaboración propia.

Observando un notorio aumento de la disponibilidad de las máquinas.

Tabla 07. Comparación de los indicadores de disponibilidad de la simulación con de evaluación.

	DISP	
	Eval.	Simul.
Ciz/Punz	49,21 %	90,96 %
Maq. Miller	59,33 %	93,60 %
Maq. FRO	49,97 %	90,89 %
Maq. MIG	55,29 %	93,53 %
Compres	50,83 %	93,43 %
Taladro	46,93 %	90,79 %
Pulidora	55,71 %	93,50 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 08. Comparación de los indicadores de confiabilidad de la simulación con de evaluación.

	CONFIA	
	Eval.	Simul.
Ciz/Punz	56,69 %	89,37 %
Maq. Miller	56,11 %	89,74 %
Maq. FRO	59,14 %	88,13 %
Maq. MIG	69,37 %	88,88 %
Compres	59,70 %	89,13 %
Taladro	56,68 %	88,00 %
Pulidora	59,16 %	89,00 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 09. Comparación de los indicadores de mantenibilidad de la simulación con de evaluación.

	MANT	
	Eval.	Simul.
Ciz/Punz	74,86 %	90,12 %
Maq. Miller	82,58 %	91,68 %
Maq. FRO	77,88 %	89,98 %
Maq. MIG	85,67 %	90,63 %
Compres	72,27 %	89,78 %
Taladro	71,68 %	89,96 %
Pulidora	79,39 %	89,17 %

Fuente: Elaboración propia.

En base a los resultados se determina la eficacia del plan de mantenimiento preventivo.

Posteriormente se procedió calcular el aspecto económico para verificar su fiabilidad del proyecto.

Tabla 10. Costo total de mantenimiento de maquinaria.

ITEM	COSTO	TOTAL
Ciz/Punz	S/. 3,450.00	S/. 3,450.00
Maq. Miller	S/. 1,730.00	S/. 1,730.00
Maq. FRO	S/. 2,160.00	S/. 2,160.00
Maq. MIG	S/. 2,060.00	S/. 2,060.00
Compres	S/. 1,530.00	S/. 1,530.00
Taladro	S/. 1,260.00	S/. 2,520.00
Pulidora	S/. 570.00	S/. 570.00
Maquinas semicríticas	S/. 7,590.00	S/. 7,590.00
Accesorios y Repuestos	S/. 3,701.00	S/. 3,701.00
Servicios Terceros	S/. 2,800.00	S/. 2,800.00
<b>TOTAL</b>		<b>S/. 28,111.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Costo de insumos.

Insumo	Costo mensual	Subtotal
Energía eléctrica	S/. 2200	S/. 26,400.00
<b>TOTAL</b>		<b>S/. 26,400.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Costo total sueldos y salarios.

Personal	Costo mensual	Subtotal
Técnico de mantenimiento	S/. 1200.00	S/. 14,400.00
Numero aguinaldo	2 al año	S/. 2,400.00
<b>TOTAL</b>		<b>S/. 16,800.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Costo total.

Ítem	Subtotal	Ítem
Costo mantenimiento	S/. 28,111.00	Costo mantenimiento
Insumos	S/. 26,400.00	Insumos
Sueldos y salarios	S/. 16,800.00	Sueldos y salarios
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 71,311.00</b>	<b>TOTAL</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Ingresos de la empresa.

Promedio Mensual	Anual	Promedio Mensual
S/. 14,000.00	S/. 168,000.00	S/. 14,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis económico se obtuvo un ROI de 56.14 % con retorno de 2.02 (2 años con 24 días) años, con un una inversión de S/. 90,605.34.

#### 4. DISCUSIONES

- Para realizar el inventario de la maquinaria con que cuenta la empresa AYD Pioneer S.A.C., se utilizó las fichas técnicas de las diferentes máquinas para luego ser codificarlas y tener un registro, la empresa cuenta con un total de 13 máquinas.

De acuerdo con el antecedente Carrión Bau, Patricio (2015), se hizo un inventario de un total de 38 máquinas con que cuenta la empresa hallando 6 máquinas de la cual no se tenía datos técnicos, y que a través de las fichas técnicas que poseía la empresa, que permitirá tener un control de las máquinas que dispone la empresa.

Concluyendo que en la elaboración de un inventario actualizado y ordenado, con sus respectivos códigos que facilitará su localización, su referencia en las órdenes de mantenimiento además de permitir tener un registro histórico de intervenciones y fallas.

- En la realización de la evaluación actual de la maquinaria de la Empresa AYD Pioneer S.A.C., se determinó que no presenta ningún plan de mantenimiento alguno, pero se pudo conocer su estado a base de los registros históricos de fallas de la empresa, obteniendo un promedio de los indicadores disponibilidad de la máquinas de 52.60%, confiabilidad de 59.54%, una mantenibilidad de 77.20%. Carrión Bau, Patricio (2015), nos dice que sus indicadores de disponibilidad aplicando un mantenimiento correctivo no sobrepasan del 53% y 60%.

Ángel Gasca, Rafael y Olaya Vargas, Héctor (2014), en su evaluación inicial, determinaron que no existe un plan de mantenimiento, y se obtuvieron los indicadores de disponibilidades de la máquinas en 53.17%, la confiabilidad de dichos equipos en 68.24%;

a través de la recolección de los datos de las fichas de registros de la empresa.

Concluyendo que los indicadores de mantenimiento iniciales obtenidos a través de la evaluación son bajos, esto debido a la falta de un plan o programa de mantenimiento.

- En esta investigación para la elaboración de análisis de criticidad se empleó una tabla recomendada por el autor García Santiago, el cual se basa en criterios para cada factor que se emplean en el mantenimiento; estableciendo tres niveles de criticidad: Máquina críticas la cual estarán el rango de 16-25 pts., semicríticas (16-11 pts.) y prescindibles (10 a 0 pts.). Para esta investigación se identificaron 8 máquinas críticas las cuales fueron: la cizalla/punzonadora, la máquina de soldar Miller y FRO, la máquina MIG/MAG, la compresora de aire, los taladros verticales y la pulidora de 9". En el antecedente Carrión Bau, Patricio (2015). Emplea una matriz de criticidad basándose en uno propuesto por el mismo autor y coincidiendo en establecer tres niveles de criticidad y determinando 5 máquinas críticas.

Concluyendo que a través de un análisis criticidad se permite conocer cuáles son las máquinas que necesitan mayor importancia de un plan de mantenimiento.

- Para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo de la presente investigación se realizó basándose en la norma ISO 55000 que es la más actualizada en el mercado y la cual establece requerimientos que garantizan su correcto funcionamiento.
- En el antecedente Sierra Álvarez, Gabriel (2004), su elaboración del plan se basa en la norma ISO 9000-2000 que en ese entonces era la más actual de la época y que coincidentemente garantiza un correcto funcionamiento del plan. Concluyendo que se elaboró el plan de mantenimiento preventivo siguiendo las recomendaciones de los manuales de los fabricantes y personal técnico, cumpliendo con los requerimientos otorgados por la norma ISO 55000.

- En la elaboración de formatos de mantenimiento de la presente investigación se incluyeron formatos de orden de mantenimiento, orden de compra, orden de solicitud de material de almacén y reporte de avería, para obtener registro y tener un respectivo control del programa de mantenimiento.

En el antecedente Sierra Álvarez, Gabriel (2004). Se elaboraron los formatos o sistema de información que permite recopilar los registros detallados de las actividades de mantenimiento.

Concluyendo que elaborar formatos de mantenimiento permite hacer un seguimiento de los incidentes o intervenciones que se hicieron a las máquinas, además

- de tener un control de las actividades de mantenimiento.
- Para el plan de mantenimiento preventivo en la presente investigación se procedió a simularlo en el programa Promodel para verificar su correcto funcionamiento, obteniéndose a través de ello nuevos indicadores de disponibilidad de 88% y confiabilidad operacional de 90 %. Demostrando el desempeño del plan de mantenimiento anual.  
Para Sierra Álvarez, Gabriel (2004). Implemento un software que ayuda en los registros de datos del plan y proporciona ayuda al plan de mantenimiento para corroborar su funcionamiento, obteniendo resultados de forma eficiente y cumpliendo con el aumento de sus indicadores en un 33%.  
Concluyendo que un correcto plan de mantenimiento con las actividades apropiadas controladas, reflejará a través de programa de mantenimiento industrial la forma en que el plan marchara demostrando su eficacia a través de indicadores.
  - En la presente investigación a través de la simulación del plan se obtuvo un aumento notable de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad teniendo un rango entre 85 y 90 %, rangos que en el momento de la evaluación se obtuvo un nivel de porcentaje entre 48 y 55%. En el momento de la comparación se determinó un aumento del 40 %, demostrando así cumplir con el objetivo de la investigación.  
En el antecedente Ángel Gasca, Rafael y Olaya Vargas, Héctor (2014), se compararon los indicadores obtenidos con el diagnóstico con los de la implementación para confrontar su mejoramiento de estos. Verificando un importante aumento de 42% en disponibilidad y 38% en confiabilidad.  
Se concluye que en la comparación de la evaluación con el plan de mantenimiento, se demuestra una importante mejora en los diferentes indicadores.
  - En el análisis económico en la presente investigación, se realizó con el costo total de mantenimiento a través costo total del plan de mantenimiento, el sueldo del técnico que realizara las actividades y el insumo principal que es la energía eléctrica; por medio de estos datos más los ingresos de la empresa, se determinó el costo total del mantenimiento es de S/. 71,311 y que su retorno de inversión es del 56.14 % mientras que la inversión total de 90,605.34 que se necesitara para poner en marche en plan de mantenimiento.  
En el antecedente CARRION BAU, Patricio (2015). En su análisis de costo tiene un gasto anual de \$ 37,600, haciendo una inversión \$ 29,562 en la implementación un plan de mantenimiento genera costos anuales de \$16,473, con un R.O.I. de 45 % demostrando una reducción de costos y fiabilidad del proyecto.  
Se concluye que se recuperara la inversión en aproximadamente 3 años y determinando su

confiabilidad y rentabilidad de esta.

## 5. CONCLUSIONES

- Se concluye que mediante la elaboración de una lista del inventario actualizado y ordenado, se identificaron un total de 24 máquinas y/o equipos, todas ellas con sus respectivos códigos que facilitará su localización, su referencia en las órdenes de mantenimiento además de permitir tener un registro histórico de intervenciones y fallas.
- Se concluye que a través de un análisis criticidad se permito conocer 8 máquinas críticas a las cuales se les implemento un plan de mantenimiento.
- Se concluye que los indicadores de mantenimiento iniciales obtenidos a través de la evaluación son bajos, obteniendo un promedio de los indicadores disponibilidad de la máquinas de 52.60%, confiabilidad de 59.54%, una mantenibilidad de 77.20%., esto debido a la falta de un plan o programa de mantenimiento preventivo.
- Se concluye que se pudo elaborar el plan de mantenimiento preventivo siguiendo las recomendaciones de los manuales de los fabricantes y personal técnico, cumpliendo con los requerimientos otorgados por la norma ISO 55000.
- Se concluye que se elaboraron formatos de mantenimiento de orden de mantenimiento, de compra de repuestos, de solicitud de materiales y reporte de averías, que permiten hacer un seguimiento de los incidentes o intervenciones que se hicieron a las máquinas, además de tener un control de las actividades de mantenimiento y por ende identificar los frecuentes futuros fallos por parte de estas para posteriormente corregirlos.
- Se concluye al simular el plan de mantenimiento, a través de un programa de mantenimiento industrial se obtuvieron un aumento notable de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad teniendo un rango entre 85 y 90 %, demostrando el correcto funcionamiento del plan.
- Se concluye que en la comparación del diagnóstico con el plan de mantenimiento, se demuestro un aumento del 40 %, cumpliendo así con el objetivo de la investigación.
- En el aspecto financiero se concluye se determinó el costo total del mantenimiento es de S/. 71,311 y que su retorno de inversión es del 61.14 % mientras que la inversión total de 90,605.34 que se necesitara para poner en marche en plan de mantenimiento.  
Concluyendo que se recuperara la inversión en aproximadamente 3 años y demostrando su confiabilidad y rentabilidad de esta.

## 6. RECOMENDACIONES FINALES

- Se recomienda realizar todas las actividades de mantenimiento preventivo planteadas en el plan preventivo elaborado para cada máquina, para así lograr una mayor disponibilidad del equipo y disminuir los paros imprevistos de las máquinas.
- Establecer un tareas de orden y limpieza continuo, el cual permita desarrollas las trabajos en un ambiente laboral agradable.
- Proporcionar un stock de repuestos y herramientas completo en el almacén, para permitir desarrollar el plan de mantenimiento planificado en el menor tiempo posible.
- Ante problemas relacionados con la operación de las máquinas o ante cualquier suceso el personal del área producción debe de comunicarse inmediatamente con los encargados de supervisión y/o mantenimiento o jefe del área, ya que ellos se encuentran en contacto continuo con las mismas.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMENDOLA, Luis. Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento. [En línea] Disponible en: <www.Klaron.net>. [Fecha de consulta: 27 de febrero del 2017]
- [2] ÁNGEL GASCA, Rafael y OLAYA VARGAS, Héctor (2014), “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa AGROANGEL”. Pregrado. Universidad Tecnológica de Pereira (Risaralda-Colombia).
- [3] CARRION BAU, Patricio (2015), “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la sección de producción de la empresa Servinpet.”. Pregrado. Universidad Católica del Perú.
- [4] CLUB DE MANTENIMIENTO. Costos de mantenimiento. [En línea] Disponible en: <http://www.clubdemantenimiento.com/los-costos-en-la-funcion-mantenimiento>. [Fecha de consulta: 27 de febrero del 2017]
- [5] CORMEI. Especial Metalmecánicas. [En línea] Disponible en: <http://www.cormei.com/wp-content/uploads/2013/08/EspecialMetalmecanicas.pdf>. [Fecha de consulta 12 de febrero de 2017]
- [6] GARCÍA GARRIDO, Santiago. Indicadores en mantenimiento. [En línea] Disponible en: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>. [Fecha de consulta 22 de febrero del 2017]
- [7] GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. Diaz Santos. Iera Ed. Madrid: Albasanz, 2003. 299 p. ISBN: 978-84-7978-548-2
- [8] GARCIA MENDEZ, Juan y VELASQUEZ, José (2007) “Plan de mantenimiento para la empresa Proaces” Pregrado. Universidad Centroamericana. “José Simeón Cañas” (San Salvador).2
- [9] ISO. Gestión de activos — Aspectos generales, principios y terminología. ISO 55000. Iera edición. Suiza: ISO, 2014.
- [10] PROMODEL. Investigación de operaciones S.A.. [En línea] Disponible en: <http://iosa.com.pe/promodel/>. [Fecha de consulta 25 de Mayo de 2017]
- [11] SIERRA ÁLVAREZ, Gabriel (2004), “Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AM S.A.”. Pregrado. Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga-Colombia).).2
- [12] SULLIVAN, William. Ingenieria Economica DeGarmo. Pearson Educación. 12ª edición. Mexico. 2004. 736 pp. ISBN: 970-26-0529-6
- [13] WESTCOTT, Russ. Cómo Demostrar un Retorno de Inversión Para las Mejoras de Calidad, Paton Press, 2ª edición. 2003. 147 pp. ISBN: 973-46-0221-3
- [14] WESTCOTT, Russ. Gerenciamiento Simplificado de Proyectos para Profesionales de la Calidad. En: Reembolsos en Proyectos de Inversiones, ASQ Quality Press, 3ª edición. 2005. p. 47-58

