
Desarrollo e implementación del programa de mantenimiento predictivo para mejorar la disponibilidad operacional del generador de energía de un buque, Marina de Guerra del Perú-2016.**Development and implementation of predictive maintenance program to improve operational power generator availability of a vessel Perú navy-2016.****Desenvolvimento e implementação de programa de manutenção preditiva para melhorar operacional potência do gerador indisponibilidade de embarcação Perú MARINHA -2016.**Hilven Galván Juárez¹.

Resumen

En el presente trabajo de investigación se propuso determinar si la implementación de un Plan de Mantenimiento Predictivo contribuirá a incrementar la disponibilidad operacional del generador de energía de un buque, Marina de Guerra del Perú-2016. La selección muestral al 95% de confianza y 5% de significancia fue de 72 tripulantes de la especialidad de motores para lo que se aplicó técnica de entrevista, proceso de multivotación, encuestas, registros y la escala de Likert. Actualmente los generadores de energía de las unidades navales no cuentan con un programa de mantenimiento actual, realizando un diagnóstico en el departamento de ingeniería se encontró con un 90.17% de disponibilidad operacional del año 2015 con un coeficiente de correlación de 0.4381 debido a la falta de mantenimiento y supervisión. Como resultado de ello el generador de energía no trabaja eficientemente e impide el aumento de la disponibilidad operacional. Se realizó procedimiento para identificar las fallas más frecuentes y mediante Pareto los puntos críticos, teniendo como resultado problemas directos con 50.84% e indirectos 36.85%. Posteriormente se aplicó la matriz de criticidad obteniendo como resultado que las pre-lubricación y enfriador de aceite se encuentran en un estado crítico, se realizó análisis de aceite y vibraciones a la pre-lubricación obteniendo la CV (desviación típica/media) de 15%, 8%, 13.1% en diferentes puntos y una asimetría de 2.142 y 2.295, contrastando la hipótesis general a un 95% de confianza el mantenimiento predictivo mejora la disponibilidad operacional del generador de energía. Estos resultados contribuyen en alargar la vida útil del motor y diagnosticar la evolución de las fallas mejorando la disponibilidad operacional del generador de energía de un buque, Marina de Guerra del Perú-2016.

Palabras Clave: *Predictivo, puntos críticos, vibraciones, disponibilidad operacional.*

Abstract

In this research work it has proposed to determine whether the implementation of a Plan predictive maintenance help to increase operational availability of the power generator of a ship, Peruvian Navy-2016, the sample selection 95% confidence and 5% personal significance was 72 specialty motorists for what interview technique, process multivoting, surveys, registers and Likert scale was applied. Currently power generators that have naval units do not have a current maintenance program, making a diagnosis in the engineering department he found a 90.17% operating availability of 2015 with a correlation coefficient of 0.4381 due to lack maintenance and supervision. As a result the power generator does not work efficiently and prevents increase operational availability. procedure was performed to identify the most frequent failures and by Pareto critical points resulting in direct problems with 50.84% and indirect 36.85%, then the matrix of criticality was applied resulting in the Pre-lubrication and oil cooler are in a critical state, oil analysis and vibration to the pre-lubricates was performed obtaining the CV (standard deviation / mean) of 15%, 8%, 13.1% at different points and Asymmetry of 2,142 and 2,295, contrasting the general hypothesis 95% confidence predictive maintenance improves operational availability of the power generator, these results contribute to extend the life of the engine and diagnose the

¹Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad César Vallejo, Chimbote-Perú, mardelta361361@hotmail.com

Recibido: 20 de mayo de 2016

Aceptado: 25 de junio de 2016

evolution of failures improving operational availability of the power generator of a ship, Navy of Peru-2016.

Keywords: *Predictive, critical points, vibration, operational availability.*

Resumo

No presente trabalho de pesquisa foi determinar se a implementação de um Plano de previsão ajuda a manutenção para aumentar a disponibilidade operacional do gerador de energia de um navio, peruana Marinha-2016, a amostra seleção confiança de 95% e 5 % de significância foi de 72 tripulantes dos motores especiais para o técnica de entrevista, votação múltipla processo, inquéritos, registros e escala de Likert foi aplicado. Atualmente, os geradores de energia unidades navais não têm um programa de manutenção atual, fazer um diagnóstico no departamento de engenharia, ele encontrou uma disponibilidade operacional 90.17% de 2015, com um coeficiente de correlação de 0,4381 devido à falta de manutenção e supervisão. Como resultado, o gerador de energia não funciona de forma eficiente e evita aumentar a disponibilidade operacional. procedimento foi realizado para identificar as falhas mais frequentes e por pontos críticos de Pareto, resultando em problemas diretos com 50,84% e indireta 36,85%, então a matriz de criticidade foi aplicado resultando na pré-lubrificação e radiador de óleo estão em um estado, análise de óleo essencial e as vibrações para os pré-lubrifica foi realizada a obtenção do CV (desvio padrão / média) de 15%, 8%, de 13,1% em diferentes pontos e assimetria de 2.142 e 2.295, contrastando a hipótese geral 95% de confiança de manutenção preventiva melhora a disponibilidade operacional do gerador de energia, estes resultados contribuem para prolongar a vida útil do motor e diagnosticar a evolução das falhas melhorar a disponibilidade operacional do gerador de energia de um navio, Marinha de Peru-2016.

Palavras-chave: Pontos críticos preditivos, vibração, disponibilidade operacional.

Introducción

Los diagnósticos predictivos de maquinaria se desarrollaron en la industria en la década que va desde mediados de los ochenta a mediados de los noventa del siglo XX. Actualmente, las filosofías predictivas se aplican en la maquinaria crítica en aquellas plantas que cuentan con una gestión optimizada de sus activos (Preditec, 2015). De la misma manera la Gestión de Mantenimiento Predictivo puede ofrecer ventajas significativas a la industria, y en la producción naval.

A nivel nacional, la mayor parte de las empresas tienen máquinas o recursos que exigen muchas labores manuales, aunque con la introducción de la electrónica y la informática, la automatización en algunas organizaciones ha llegado a tal grado que las labores manuales se ha minimizado. Los altos niveles de la industria pequeña y mediana consideran que tienen resueltos sus problemas de mantenimiento con el sólo empleo de artesanos. Es ignorada la existencia del sistema Equipo/Satisfactorio, por lo que sólo se atiende el arreglo de la máquina y se descuida la atención a la calidad adecuada del satisfactorio, según la razón de ser de la demanda del mercado. No hay planeación estratégica ni planificación para la preservación del mantenimiento de los recursos físicos de la empresa; por lo general las órdenes de trabajo son elaboradas por el personal de producción y se le llama erróneamente programa de mantenimiento.

En la Marina de Guerra del Perú existen diversos problemas en su mayoría se muestran en el incumplimiento de los planes de mantenimiento de esta labor importante, el cual afecta drásticamente a los equipos de generador de energía y sistema de propulsión, vale resaltar que otro de los problemas más comunes del personal es que se van de retiro de la Marina el cual implica pérdida del personal con experiencia para el mantenimiento de los diferentes equipos de las unidades.

Las unidades navales no cuentan con recursos suficientes para la capacitación del personal debido al estrechez del presupuesto del Estado para la operatividad e implementación y capacitación del personal técnico, destinados a promover, facilitar, fomentar y desarrollar las actitudes y habilidades para mantener la disponibilidad de los diferentes equipos eléctricos y electrónicos que cuentan las unidades operativas del tal manera el personal no se siente capaz de cumplir con el plan de mantenimiento de los motores ya que no tienen suficiente conocimiento en las actualizaciones y metodologías de mantenimiento y el uso de herramientas sofisticadas.

Las unidades navales carecen de herramientas y equipos de protección para cumplir con el plan de mantenimiento el cual afecta al personal en cumplir con su labor, esto implica que con el tiempo más herramientas van perdiendo su capacidad de trabajo por deterioro del material y por la falta de compromiso en el cuidado de las mismas, en tal sentido también se suma al poco presupuesto que recibe las unidades para la compra de herramienta y el elevado precio de los mismos.

Motivo por el cual se hace necesario frente a los problemas antes presentados en la aplicación de estrategias predictivas que permita mejorar la disponibilidad del generador de energía de un buque de la Marina de Guerra del Perú – 2016. Para determinar cuándo es necesario intervenir un activo y realizarle tareas de mantenimiento, se programan inspecciones periódicas mediante técnicas predictivas como la medida y análisis de vibraciones, ultrasonidos, termografía, análisis de aceites, análisis eléctrico, entre las más conocidas. Con esta aplicación permitirá que la Marina de Guerra del Perú se mantenga en la vanguardia frente a otros países de la región, asegurando su liderazgo.

Materiales y método

El estudio de la “implementación del programa de mantenimiento predictivo para mejorar la disponibilidad operacional del generador de energía de un buque de la Marina de Guerra del Perú, año 2016”, es de diseño No Experimental debido a que no existió manipulación en forma deliberada de variables, simplemente se procedió a realizar observaciones de situaciones ya existentes. Por otro lado, es Transversal porque lo que se buscó fue describir la variable recogiendo información con respecto a la disponibilidad operacional. De acuerdo al fin que persiguió, la presente investigación es Aplicada debido a que su propósito fue proponer soluciones a problemas identificados en el generador de energía. Asimismo de acuerdo a la técnica de contrastación es una Investigación Descriptiva debido a que tuvo como prioridad la descripción de las funciones y características del objeto estudiado. De acuerdo al régimen de investigación es Orientada ya que el presente trabajo de tesis fue guiado por un asesor metodólogo y un asesor especialista para su correcto desarrollo, siendo que el diseño del estudio es Descriptivo.

La selección muestral al 95% de confianza y 5% de significancia fue de 72 tripulantes de la especialidad de motores. Actualmente los generadores de energía de las unidades navales no cuentan con un programa de mantenimiento actual, realizando un diagnóstico en el departamento de ingeniería se encontró con un 90.17% de disponibilidad operacional del año 2015 con un coeficiente de correlación de 0.4381, debido a la falta de mantenimiento y supervisión. Como resultado de ello, el generador de energía no trabaja eficientemente e impide el aumento de la disponibilidad operacional. Se realizó procedimiento para identificar las fallas más frecuentes y mediante Pareto los puntos críticos teniendo como resultado problemas directos con 50.84% e indirectos 36.85%, posteriormente se aplicó la matriz de criticidad obteniendo como resultado que las pre-lubricación y enfriador de aceite se encuentran en un estado crítico, se realizó análisis de aceite y vibraciones a la pre-lubricación obteniendo la CV (desviación típica/media) de 15%, 8%, 13.1% en diferentes puntos y una asimetría de 2.142 y 2.295. Contrastando la hipótesis general a un 95% de confianza, el mantenimiento predictivo mejora la disponibilidad operacional del generador de energía, estos resultados contribuyen en alargar la vida útil del motor y diagnosticar la evolución de las fallas mejorando la disponibilidad operacional del generador de energía de un buque, Marina de Guerra del Perú-2016.

Resultados.

La unidad actualmente es muy diferente a la que fue desde sus inicios, (hace más de 20 años), ya que a través de los años ha presentado varias modificaciones, tanto en el número y variedad de equipos para los diversos departamentos.

Por este motivo, la unidad cuenta con equipos que comenzaron a funcionar desde el levantamiento de la misma en sus primeros años, así como también de otros que tienen una menor duración operativa. Para el diagnóstico de la gestión del mantenimiento en el departamento de ingeniería primero se inició con un estudio detallado de todo el mecanismo y el funcionamiento de la organización.

Luego de compartir varios días con el personal del área de mantenimiento correspondiente a la primera división del departamento de ingeniería, fue posible determinar con mayor criterio mediante el índice general de percepción del personal para evaluar el desempeño de la organización en el área de mantenimiento, considerando 7 factores relevantes con sus intervalos correspondientes.

Al finalizar la evaluación obtuvimos el índice de desempeño según la óptica organizacional a un 48.571 % estando en un estado actual crítico.

Se recomienda implementar metodologías de mejora continua, programas de mantenimiento actual en el departamento de ingeniería para elevar el nivel de Alistamiento y Disponibilidad Operacional, debido a que la unidad no cuenta con un sistema que le permite prevenir al máximo las fallas más frecuentes que normalmente pueden ocurrir en los equipos que se encuentran en funcionamiento, ocasionando la falta de disponibilidad operacional para cumplir con la calidad y seguridad establecida del generador de energía.

Se presenta en la siguiente Tabla 01 y Figura 01 antes del desarrollo de las dimensiones, las fallas registrados en el libro de novedades del año 2012-2015.

Tabla 01: Disponibilidad operacional mensual 2015

2015	HORAS DE FALLA (HF)	TIEMPO DE OPERACIÓN	HORAS DE OPERACION (HO)	DISPONIBILIDAD OPERACIONAL	NO DISPONIBILIDAD
Enero	81	720	639	88.75%	11.25%
Feb.	76	720	644	89.44%	10.56%
Marzo	49	720	671	93.19%	6.81%
Abril	89	720	631	87.64%	12.36%
Mayo	63	720	657	91.25%	8.75%
Junio	65	720	655	90.97%	9.03%
Julio	96	720	624	86.67%	13.33%
Agosto	82	720	638	88.61%	11.39%
Sep.	69	720	651	90.42%	9.58%
Oct.	58	720	662	91.94%	8.06%
Nov.	54	720	666	92.50%	7.50%
Dic.	67	720	653	90.69%	9.31%
TOTAL	849		Promedio:	90.17%	9.83%

Fuente: Libro de novedades 2012-2015. Departamento de Ingeniería

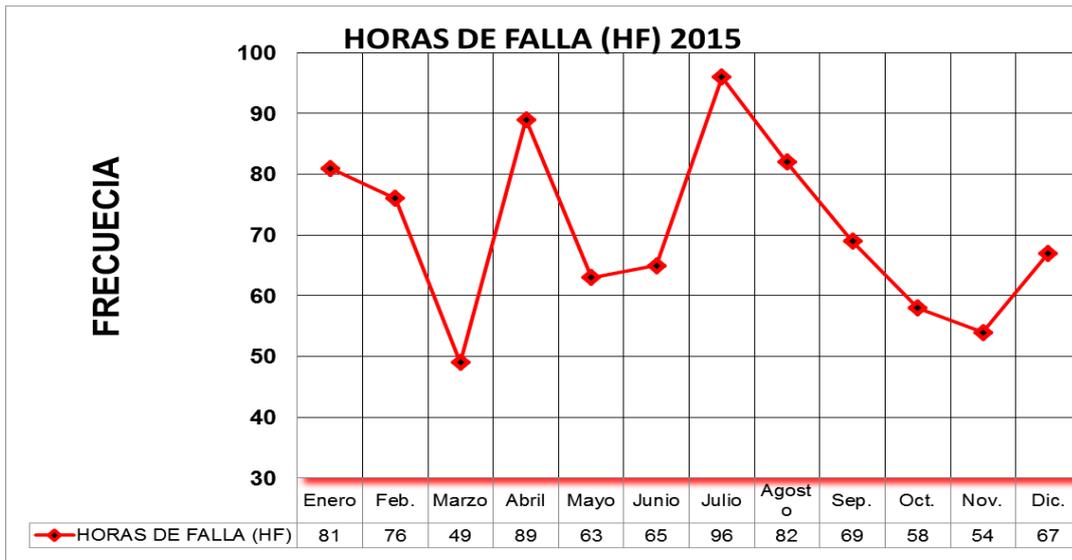


Figura 01: Disponibilidad operacional del generador de energía 2015.

Fuente: Elaboración Propia

3.3. TIPOS DE FALLAS.

Para analizar los tipos de falla que afecta al motor generador de energía se debe tener información en la cual se va basar la investigación, para esto se solicita los registros de fallas (archivos) y mediante un proceso de multivotación a los trabajadores directamente expertos en el área de mantenimiento el cual se obtuvo 29 tipos de fallas como se puede observar en el grupo electrógeno (Ver figura 02).

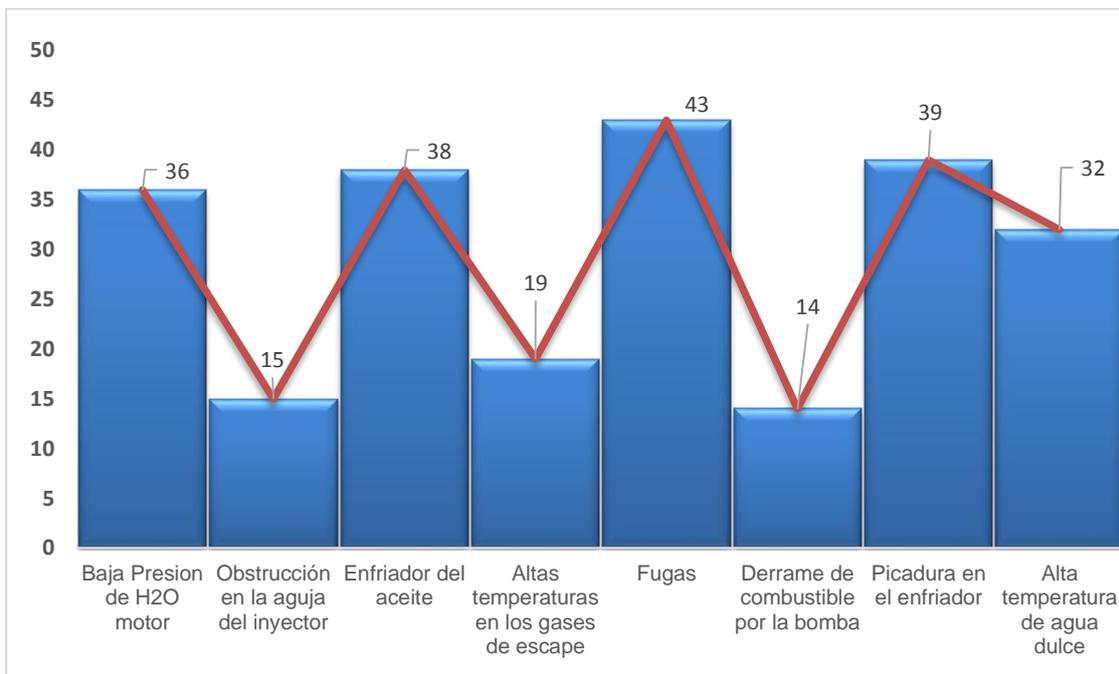


Figura 02: Fallas más frecuentes

Fuente: Elaboración Propia

3.4. PUNTOS CRÍTICOS.

Tabla 02: Priorización del tipo de fallas

FALLAS FRECUENTES	FRECUENCIA	%	% ACUMULADA
Fugas	43	18.22%	18.22%
Picadura en el enfriador	39	16.52%	34.74%
Enfriador del aceite	38	16.10%	50.84%
Baja presión de H2O motor	36	15.25%	66.10%
Alta temperatura H2O motor.	32	13.55%	79.66%
Alta T. gases de escape	19	8.05%	87.71%
Obstrucción en la aguja del inyector	15	6.35%	94.06%
Derrame de combustible por la bomba	14	5.93%	100%
Total	236	100%	

Fuente: Elaboración Propia

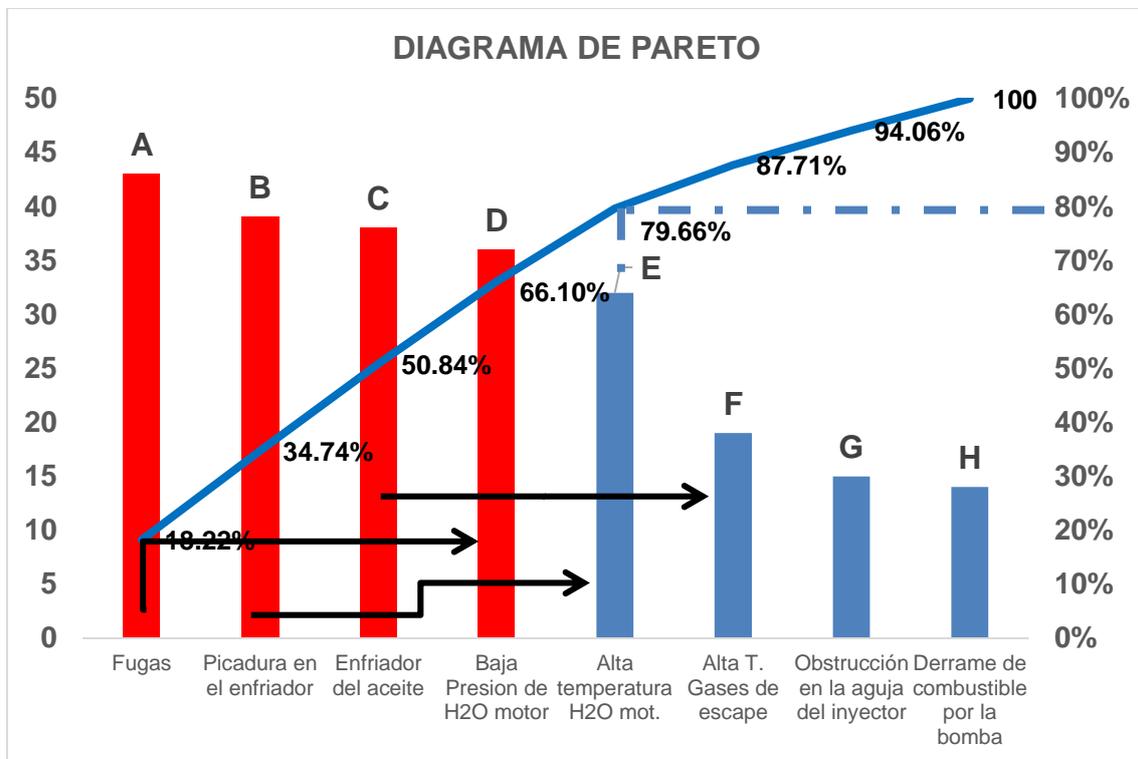


Figura 03: Puntos críticos.

Fuente: Elaboración Propia

(PISTARELLI, 2010) El principio de Pareto establece que en la mayoría de los casos, un problema originado por un grupo pequeño de un total de posibles causas, permite identificar las causas de mayor importancia y magnitud capaz de provocar el efecto o inconveniente estudiado.

Según este principio, y en cualquier conjunto de elementos, eventos o causas, unos pocos factores son más significativos que el resto; razón por la cual se les llama los pocos significativos, conocido también como regla de 80-20, metodología que permite ver el grado de influencia de unos pocos elementos en el total de los resultados obtenidos. Es notoria su bondad en el sentido de que puede registrar la influencia de unos cuantos elementos triviales en la consecuencia de una actividad o falla.

Es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos cuyo objetivo es ayuda a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. La idea es escoger un proyecto que pueda alcanzar la mejora más grande con el menor esfuerzo.

La Tabla 02 y la Figura 03, evidencia que mediante el análisis de Pareto se identificaron tres (4) fallas vitales que generan el 66.10% del total de las fallas y producen la mayor parte de los problemas en el motor generador de energía. A partir de este análisis es que en adelante se van considerar a los 03 primeros puntos críticos para la realización del plan de mantenimiento. Los sistemas a analizar son las siguientes:

- a) Fugas (aceite, gases de escape)
- b) Picaduras en los tubulares del enfriador del motor.
- c) Enfriador del aceite.

ABC Problemas directos

DEF Problemas indirectos.

ABC	:	50.84%
A →	D	: 15.25%
B →	E	:13.55%
C →	F	:8.05%
TOTAL	:	87.69%

IMPLEMENTACIÓN.

En el análisis se determinó que el mayor porcentaje de daños es la falta de mantenimiento con un 65.61%, teniendo como consecuencia las siguientes fallas:

Equipos auxiliares (fugas) con 18.22%, picadura en el enfriador del motor con 16.52%, picadura en el enfriador del aceite con 16.52% y baja presión de H₂O motor de esta manera se determina el problema y las causas.

Para dar solución a los problemas de fallas se hace mediante la implementación del Mantenimiento Predictivo, según la norma ISO 10816-1995 evaluación de las vibraciones en una maquina medidas en partes no rotativa, el cual establece las condiciones y procedimientos generales para la medición y evaluación de la vibración, utilizando mediciones realizadas sobre partes no rotativas de las máquinas. Tasa de estado 2016 (más alto)

a) Análisis de vibraciones vertical del equipo auxiliar pre-lubrificada.

En la siguiente Figura 04, podemos observar la data general del análisis de vibraciones en diferente plano de medida, con carga a 1300 RPM. A continuación se muestra los análisis de vibraciones en el motor de la bomba de pre lubricación.

Data general análisis de vibración.

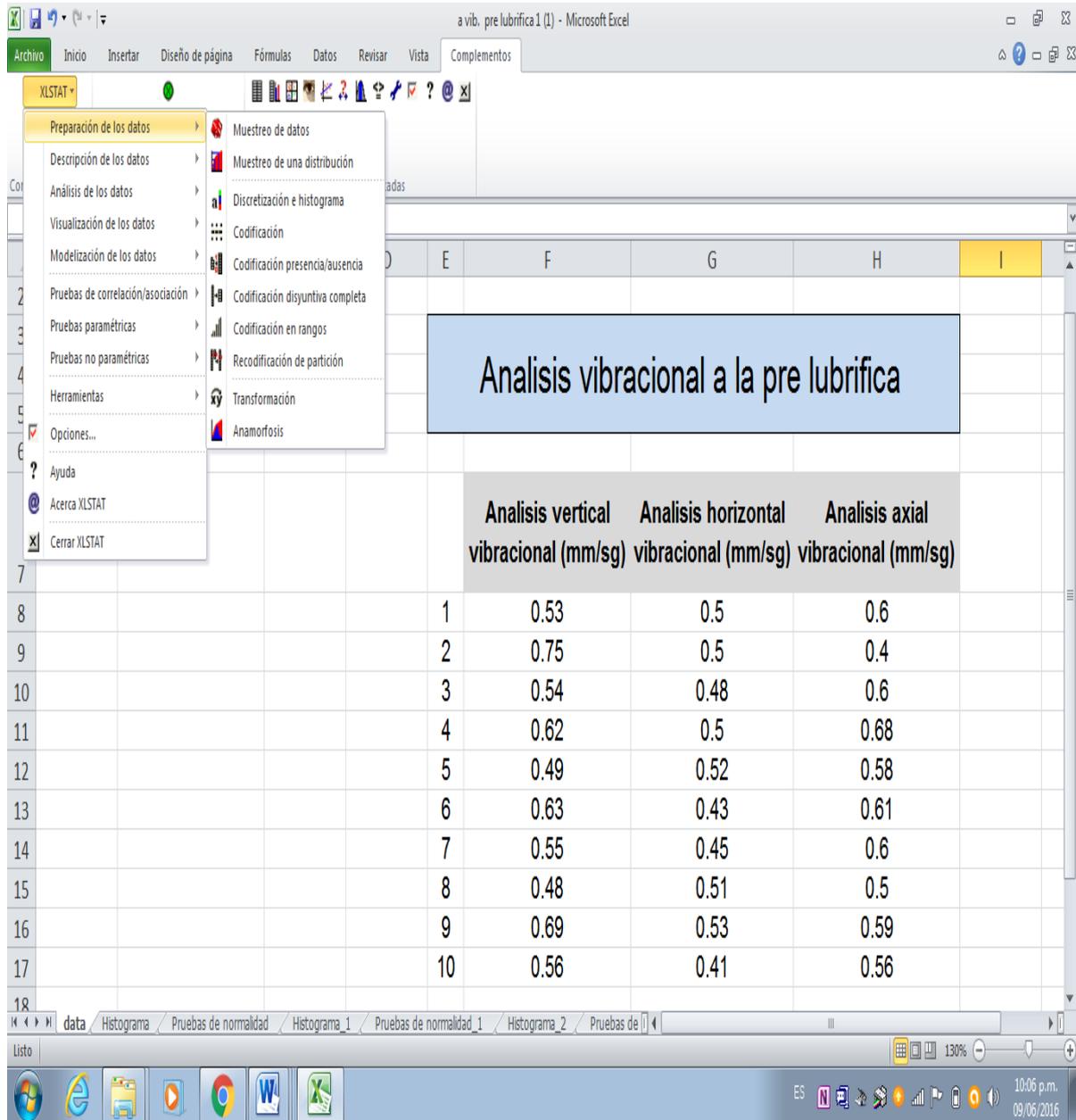


Figura 04: Análisis de vibraciones.
Fuente: XLSTAT 7.5.2-Ms. Excel

La DATA de análisis vertical se carga a un programa estadístico **XLSTAT 7.5.2** el cual nos da como resultado tres intervalos. Tomando como referencia como límite inferior y superior y el centro obtenemos que en el intervalo 1, tengamos una frecuencia de 6.

Análisis de vibración vertical pre-lubrificada.

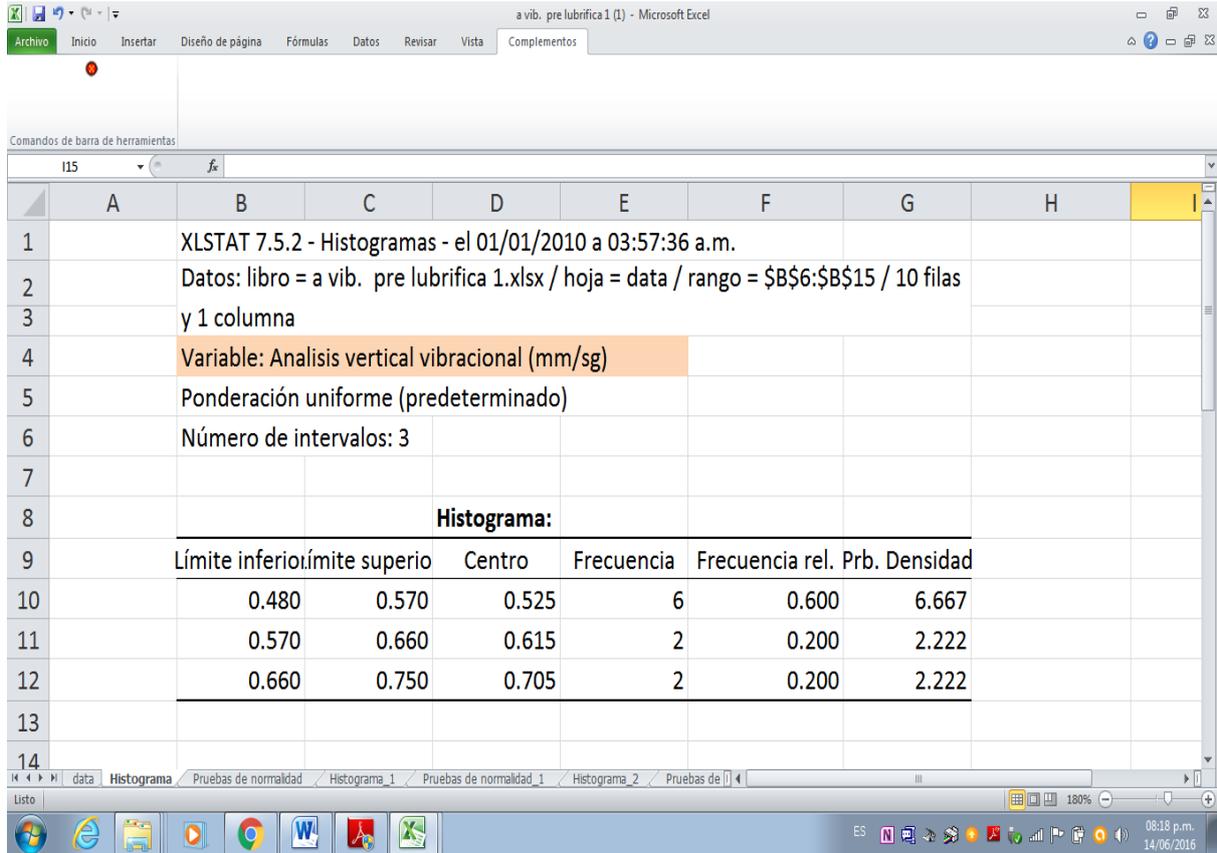


Figura 05: Análisis vertical.
Fuente: XLSTAT 7.5.2-Ms. Excel

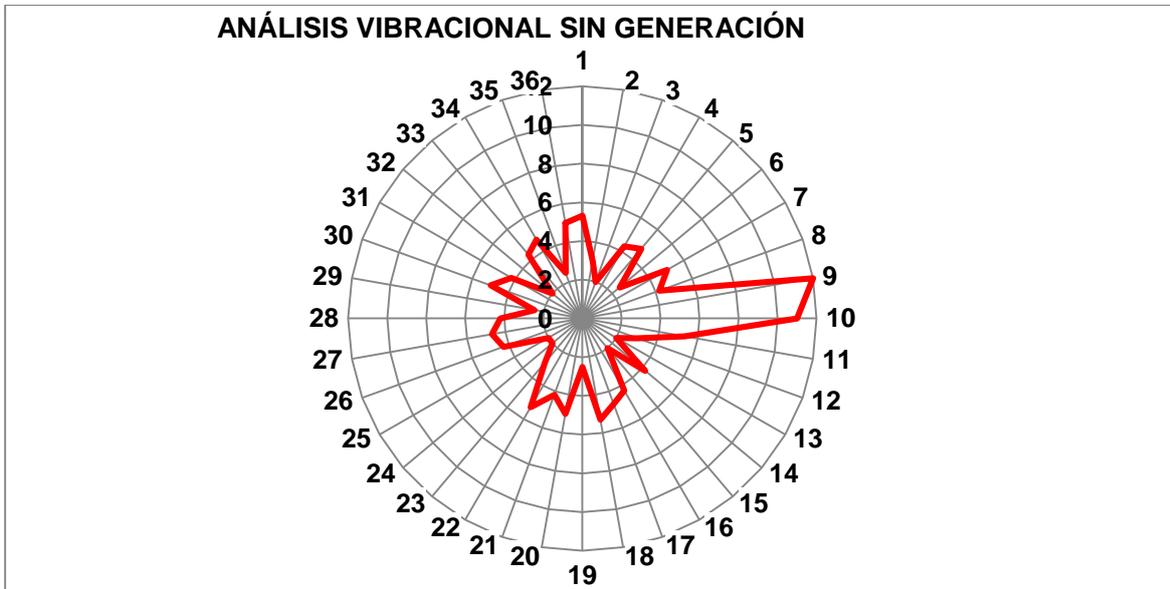


Figura 06: Comportamiento análisis de aceite.
Fuente: XLSTAT 7.5.2-Ms. Excel

Registro de vibraciones.

El principal objetivo de analizar las vibraciones como plan de mantenimiento predictivo en las motores generador de energía va a ser el detectar a tiempo las causas que dan origen a las fallas más frecuentes antes mencionada en la **D1**.

De acuerdo a la investigación realizado en la **D1** que son las fallas más frecuentes y concluyendo en la segunda dimensión como los puntos críticos que se van a pretender reducir o eliminar para aumentar la disponibilidad operacional.

Las mediciones se las hace en el instante en que la máquina está funcionando en condiciones normales, en vacío y con carga a diferentes RPM, ya que de esta manera se tomaran medidas reales.

Las frecuencias con las que se tomarán las mediciones en cada máquina van a variar de acuerdo al equipo, anexo 11,12, 13 se puede observar el formato de resultados de niveles de vibraciones, en el que se especifica la frecuencia y la severidad encontrada según Norma ISO 10816-6, y límite máximo de vibraciones.

3.4.1. Análisis de lubricantes.

Según (Alejandro J. Pistarelli) la lubricación es una práctica desarrollada originalmente de forma empírica. La propiedad fundamental de un lubricante es su viscosidad y la función primaria es mantener separadas las superficies en movimiento, vale decir, controlar la fricción disminuyendo el desgaste producido por rodadura, rotación o deslizamiento relativo. El principal objetivo de analizar el estado de los lubricantes en las máquinas va a ser el detectar a tiempo las causas que dan origen a que esta se deteriore.

De acuerdo al estudio realizado que se va a pretender reducir o eliminar, la cual es:

Las paradas de máquinas debido aceites sucios, a continuación se presenta una lista de las razones más habituales por la que los aceites se deterioran (Según el estudio realizado).

- Contaminación con agua
- Contaminación con sólidos (limallas de hierro, polvo).
- Pérdida de las propiedades (físicas y químicas) del lubricante.

De este modo, mediante la implementación de técnicas ampliamente investigadas y experimentadas, y con la utilización de equipos de la más avanzada tecnología, se logrará disminuir drásticamente:

- Tiempo perdido en producción en razón de desperfectos mecánicos.
- Desgaste de las máquinas y sus componentes.
- Horas hombre dedicadas al mantenimiento.
- Consumo general de lubricantes.

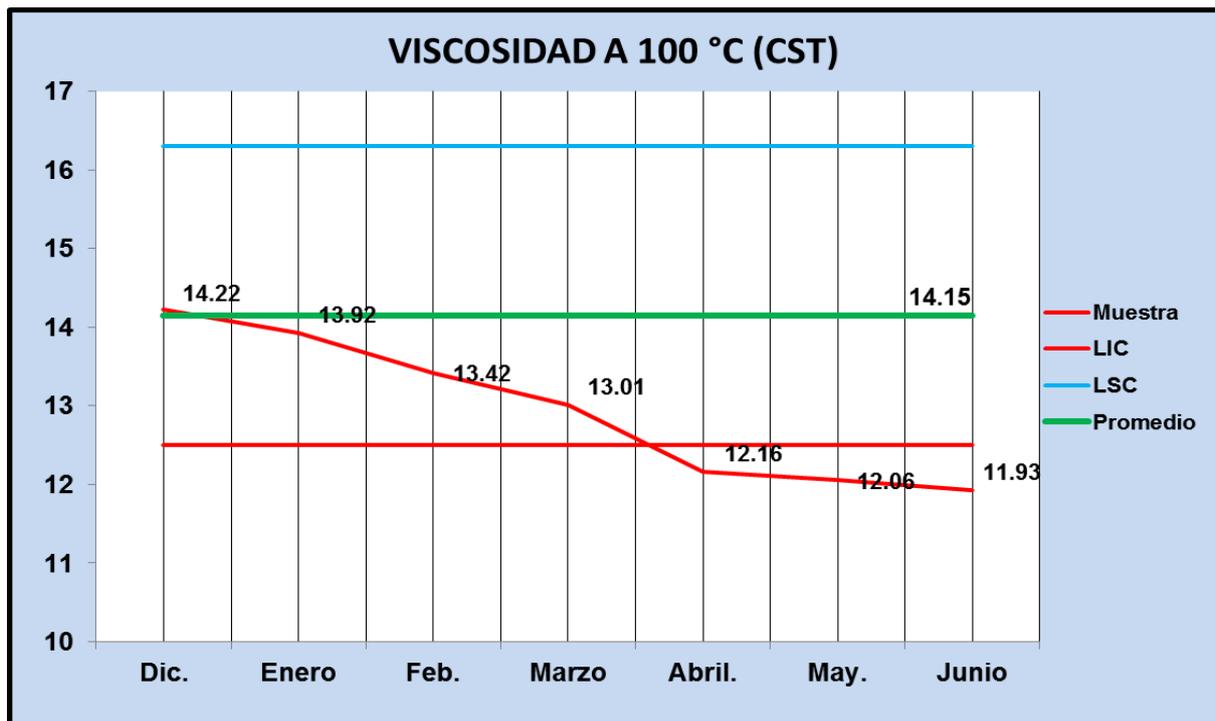
Los análisis fueron realizados en el instante en que la máquina estuvo funcionando en condiciones normales y con carga, ya que de esta manera se tomarían medidas reales.

Tabla 03: Resultados de Análisis de Aceite.

	Mes	Muestra	LIC	LSC	Promedio
2015	Dic.	14.22	12.5	16.3	14.15
	Enero	13.92	12.5	16.3	14.15
	Feb.	13.42	12.5	16.3	14.15
	Marzo	13.01	12.5	16.3	14.15
	Abril.	12.16	12.5	16.3	14.15
	May.	12.06	12.5	16.3	14.15
2016	Junio	11.93	12.5	16.3	14.15

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente Figura 07, se demuestra el en avance de pérdida de viscosidad cinemática a través del tiempo, teniendo como resultado crítico en el mes de febrero el cual nos indica que no cumple con los límites condenatorios, con respecto a la viscosidad, tomando como solución el cambio de aceite al equipo.

**Figura 07: Gráfica de control de análisis de aceite. Viscosidad Cinemática CST a 100 °C.**

Fuente: Elaboración propia

La viscosidad cinemática de un fluido es la medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción.

En la siguiente Tabla 04, se presenta la distribución de valores de viscosidad, en Centistokes, para las muestras obtenidas según el número de horas de trabajo del motor.

Tabla 04: Análisis de aceite por Horas de trabajo mes junio.

02-jun	Muestra	LIC	LSC	Promedio
150 Hrs.	14.15	12.5	16.3	14.15
250 Hrs.	13.89	12.5	16.3	14.15
350 Hrs.	13.77	12.5	16.3	14.15
450 Hrs.	13.66	12.5	16.3	14.15
500 Hrs.	13.61	12.5	16.3	14.15
550 Hrs.	13.56	12.5	16.3	14.15
600 Hrs.	13.48	12.5	16.3	14.15

Fuente: Elaboración propia

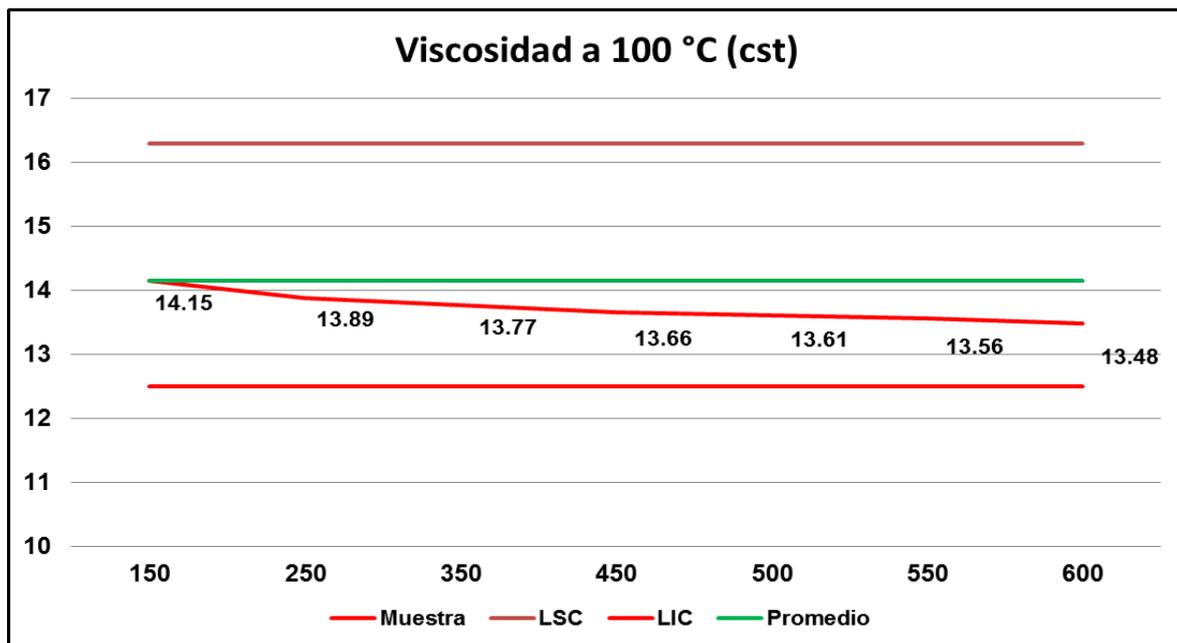


Figura 08: Análisis de aceite por hora

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la figura 08 muestran una disminución progresiva de la viscosidad en la medida en que va aumentando el número de horas de operación del motor en el mes junio, debido al resultado del análisis se muestra que a 600 horas de trabajo la viscosidad del aceite a 100 °C es 13.48 aproximándose al límite inferior de control; así mismo el resultado nos ayudará a realizar un plan de análisis y cambio de aceite por horas de trabajo, con la línea correspondiente al límite inferior de control. Este resultado puede ser debido a:

- Dilución con aceite menos viscoso
- Contaminación por combustible
- Rotura de polímeros por cizallamiento.
- Cizallamiento o rotura del aceite base.

Esto trae como consecuencia una disminución de la protección de las superficies metálicas y por consiguiente un incremento del desgaste de las superficies. El límite superior de control corresponde a 16,3 cSt y el límite inferior de control 12,5 cSt.

Problema principal.

El problema principal que está considerado en la matriz de consistencias es:

Analizando los resultados y aplicando según el objetivo $Y=f(X)$, la relación que existe entre las dos variables según el programa estadístico XLSTAT nos da como resultado un coeficiente de correlación $R= 59\%$ tal como se indica en la siguiente Figura 09.

E	F	G	H	I	J	K
XLSTAT 7.5.2 - Regresión lineal - el 22/07/2016 a 09:46:55 p.m.						
Variable(s) dependiente(s): libro = Prueba de diferencia de proporciones.xls / hoja = Hoja1 / rango = \$C\$4:\$C\$16 / 13 filas y 1 columna						
Las filas con valores perdidos en <Variable(s) dependiente(s)> fueron suprimidas						
Ponderación uniforme (predeterminado)						
Variables cuantitativas: libro = Prueba de diferencia de proporciones.xls / hoja = Hoja1 / rango = \$B\$4:\$B\$16 / 13 filas y 1 columna						
Las filas con valores perdidos en <Variables cuantitativas> fueron suprimidas						
Número total de filas ignoradas: 1						
Intervalo de confianza (%): 95.00						
Modelización de la variable Disponibilidad Operacional:						
Resumen para la variable dependiente:						
Variable	Núm. total de valores	Núm. de valores utilizados	Núm. de valores ignorados	Suma de los pesos	Media	Desviación típica
Disponibilidad Operacional	13	12	1	12	0.951	0.028
Resumen para las variables cuantitativas:						
Variable	Media	Desviación típica				
Mantenimiento Predictivo	0.902	0.020				
Coeficientes de ajuste:						
R (coeficiente de correlación)	59%					
R ² (coeficiente de determinación)	35%					
R ² _{aj.} (coeficiente de determinación ajustado)	0.282					
SCR	0.005					

Figura 09: Coeficiente de correlación.

Fuente: XLSTAT 7.5.2-Ms. Excel

Mediante el programa estadístico Curvop con un nivel de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5% podemos decir que si existe relación entre la programación de actividades se cumple consecutivamente 4-3-2-1 se observa por tanto que la disponibilidad crece conforme se acerca al origen del cuadrante, de esta manera estamos contribuyendo al aumento de la disponibilidad operacional, tal como podemos observar en la siguiente Figura 10.

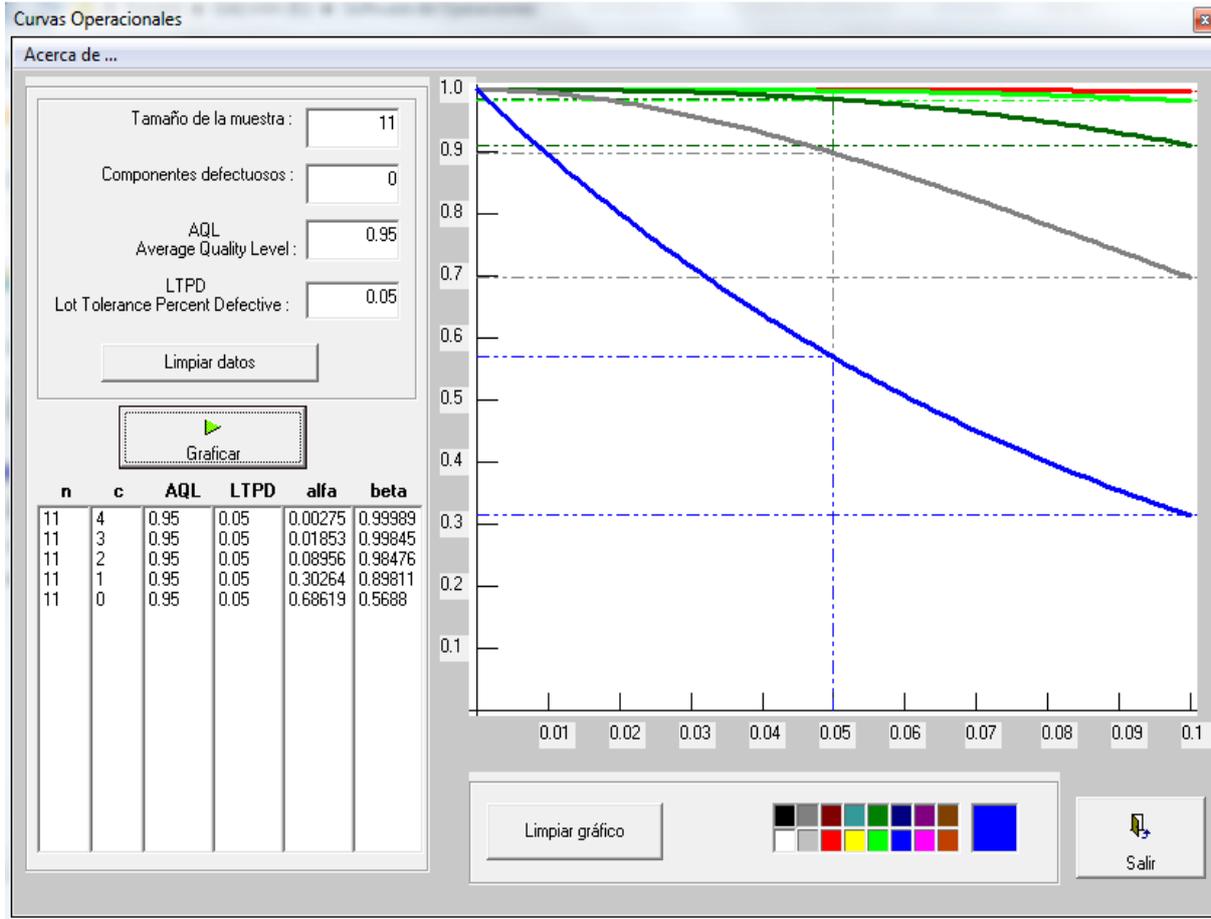


Figura 10: Relación entre la Programación de Actividades y la Disponibilidad
Fuente: Curvop.

Tabla 05: Disponibilidad Operacional (DO) Pre-test y Post-test

	Post-test	Pre-test
DISP.OPERAC. (DO) B.A.P GRAU		DISP. OPERAC. (DO) B.A.P 53
	94.19%	88.75%
	95.92%	89.44%
	94.85%	93.19%
	93.02%	87.64%
	97.81%	91.25%
	97.52%	90.97%
	90.00%	86.67%
	95.04%	88.61%
	91.94%	90.42%
	93.54%	91.94%
	99.13%	92.50%
	98.23%	90.69%
	95.10%	90.17%
x/n:	951/1000	9017/10000

Fuente: Elaboración Propia

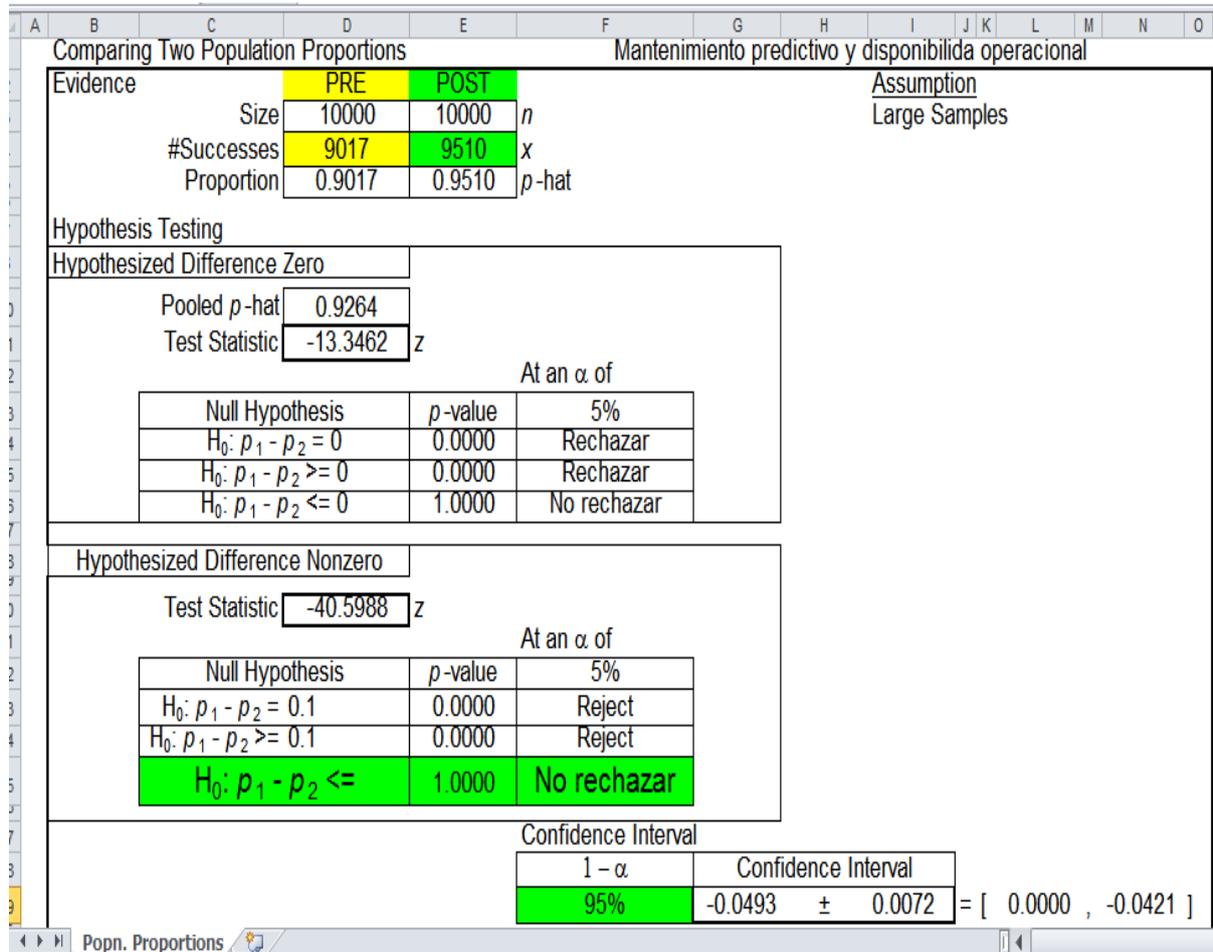


Figura 11: Prueba de Contrastación de hipótesis

Fuente: Elaboración propia.

Sometida la prueba de diferencia de proporciones al 95% de confianza y 5% de significancia podemos afirmar que hay pre experimentación cuando la disponibilidad final es mayor que la disponibilidad anterior.

Tabla 06: Disponibilidad posterior CLM-(81)

HORAS DE FALLA (HF)	TIEMPO DE OPERACIÓN	HORAS DE OPERACION (HO)	DISPONIBILIDAD OPERACIONAL (DO)	NO DISPONIBILIDAD
24	720	696	96.67%	3.33%
36	720	684	95.00%	5.00%
35	720	685	95.14%	4.86%
45	720	675	93.75%	6.25%
54	720	666	92.50%	7.50%
39	720	681	94.58%	5.42%
34	720	686	95.28%	4.72%
34	720	686	95.28%	4.72%
41	720	679	94.31%	5.69%
35	720	685	95.14%	4.86%
26	720	694	96.39%	3.61%
23	720	697	96.81%	3.19%
426		Promedio:	95.1%	4.93%

Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones.

La implementación de este programa de mantenimiento actual, permite evaluar la condición y comportamiento del generador de energía identificando los tipos de fallas, para dar solución a las

mismas mediante el análisis de vibraciones y aceite, llevando a tomar nuevas estrategias como es cambiar el plan de mantenimiento preventivo a predictivo y así evitar paradas no programadas en plena navegación.

Se identificó los tipos de fallas más frecuentes reduciendo así mismo mediante un plan y cronograma de mantenimiento para alargar la vida útil del motor, fue necesario identificar los puntos críticos para así saber los equipos que se encuentran involucrados para crear una plan de análisis obteniendo una visión más completa del funcionamiento y estado del motor, permitiendo detectar fallas incipientes y su evolución.

Una correcta organización del mantenimiento predictivo es lograda únicamente con la cooperación de todas las personas involucradas en el mantenimiento de los motores de la unidad.

El análisis de vibraciones como base de un plan de mantenimiento predictivo es un proceso en el cual los resultados se dan a largo plazo debido a que el objetivo más importante de este tipo de mantenimiento es el de alargar la vida útil de las máquinas, detectando a tiempo fallas y evitando que estas afecten el funcionamiento general de los motores. Para seleccionar los puntos de medición del motor fue necesario estudiar los manuales de mantenimiento, donde se ubicó los rodamientos, para luego, estando junto a la máquina seleccionar un lugar accesible, cómodo, seguro y lo más cercano a estos rodamientos para así obtener las lecturas de vibración más adecuadas en cada caso.

Referencias bibliográficas

- Bravo, R., Barrantes, A. (1989). *Administración del mantenimiento industrial*. Costa Rica : UNED, ISBN 9977-64-472-1.
- Campos W. (2010). Apuntes de metodología de la investigación científica. [En línea] 2010. [Citado el: 2 de Agosto de 2014.] <http://erp.uladech.edu.pe/archivos/03/03012/archivo/001287/2822/00128720130424050221.pdf>.
- Dounce, E. (2000). *Productividad en el mantenimiento industrial*. México : CAPLAM, ISBN 9786074389241.
- Duffuaa, O., Raouf, A., Dixon, J. (2000). *Sistemas del mantenimiento, planeación y control*. México : Limusa. ISBN 9789681859183.
- Fernández, F., González, J. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. Madrid : Fundación CONFEMETAL. 84-96169.
- García, S. (2012). *Gestión e ingeniería de mantenimiento*. Madrid : RENOVETEC, ISBN 9877218442732.
- Morrow, C. (1974). *Manual de mantenimiento industrial*. New York : Compañía Editorial Continental. ISBN 0070287554.
- Ramos, J. (2008). Estadística. [En línea] 2008. [Citado el: 3 de Agosto de 2014.] <http://jaramose.blogspot.com/2008/03/poblacion-y-muestra-poblacion-es-un.html>.
- Roldán, J. (2011). *Manual de mantenimiento de instalaciones*. México : AMV Ediciones. ISBN 9788428323932.