

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE  
ANÁLISIS VIBRACIONAL PARA MEJORAR LA  
PRODUCTIVIDAD EN LA PLANTA DE  
INYECCIÓN DE LA EMPRESA SAN MIGUEL  
INDUSTRIAS PET”

Trabajo de investigación para optar el título profesional de:

Bachiller en **Ingeniería Industrial**



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

Autor:

Nombre y Apellidos

Abarca Salvador, Jhonatan

León Cáceres, Yerson

Sánchez Mendoza, Carlos

Asesor:

Mg. Ing. Julio Douglas Vergara

Lima - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El asesor *Haga clic o pulse aquí para escribir texto.*, Docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la investigación de los estudiantes:

- Abarca Salvador, Jhonatan
- León Cáceres, Yerson
- Sánchez Mendoza, Carlos

Por cuanto, **CONSIDERA** que el trabajo de investigación titulado: “IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE ANÁLISIS VIBRACIONAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EMPRESA SAN MIGUEL INDUSTRIAS PET” para aspirar al título profesional por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual AUTORIZA al interesado para su presentación.

---

Mg. Ing. Julio Douglas Vergara  
Asesor

## ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El comité de trabajos de investigación, conformado por: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto.*; designados mediante ha procedido a realizar la evaluación del trabajo de investigación del estudiante: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto.*; para aspirar al título profesional con el trabajo de investigación: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto...*

Luego de la revisión del trabajo en forma y contenido los miembros del jurado acuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [18 -20]

Sobresaliente [15 - 17]

Buena [13 - 14]

Desaprobación

Firman en señal de conformidad

Calificativo:

Excelente [18 -20]

Sobresaliente [15 - 17]

Buena [13 - 14]

---

Mag. Juan Alejandro Ortega Saco  
Coordinador de la Carrera

## DEDICATORIA

*Dedicamos este trabajo de investigación en primer lugar a Dios, a nuestros padres que nos han regalado el derecho de crecer, y que en este proceso han estado con nosotros, deben saber que son el motor de nuestra motivación. Siendo pilares en todo este camino, ya que forman parte de este logro que nos abren puertas inimaginables en nuestro desarrollo profesional.*

*A los compañeros de estudio, maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiéramos podido hacer este trabajo de investigación. A todos ellos se les agradece desde el fondo de nuestra alma.*

## AGRADECIMIENTO

*A nuestros formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarnos a llegar al punto en el que nos encontramos. Por su gran apoyo brindado en este trabajo, por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional, por su motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de este trabajo de investigación.*

## ÍNDICE

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	2
ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
INDICE DE TABLAS .....	7
INDICE DE FIGURAS .....	8
RESUMEN .....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Realidad problemática.....	10
1.2 Formulación del problema.....	11
1.3 Objetivos.....	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	12
2.1 Tipo de investigación.....	12
2.2 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	13
2.3 Procedimiento.....	13
2.4 Análisis de confiabilidad dela encuesta.....	14
2.5 Análisis de datos y prueba de hipótesis.....	15
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	16
3.1 Resultados Principales.....	17
3.2 Resultados Especificos.....	18
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	22
REFERENCIAS .....	24
ANEXOS.....	25-32

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Producción del mes de julio.....	13
Tabla N°2: Alfa de Cronbach.....	14
Tabla N°3: Alfa de Cronbach si el ítem se ha suprimido.....	14
Tabla N°4: Pruebas de normalidad.....	15
Tabla N°5: Prueba de hipótesis según Wilcoxon.....	15
Tabla N°6: Incremento de la Producción.....	17
Tabla N°7: Costo reparación motores mes de Julio.....	19
Tabla N°8: Costo reparación motores mes de Septiembre.....	20
Tabla N°9: Reducción porcentual de costos.....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principales problemas en los motores.....	16
Figura 2: Comparativo de la producción.....	18



## RESUMEN

Objetivo. Mejorar la productividad realizando un programa de análisis vibracional a los motores de la planta de inyección de la empresa San Miguel Industrias.

Se realizó el estudio de un total de 19 líneas del área de inyección con la finalidad de verificar el incremento de la producción después la implementación realizada (septiembre).

Observamos que el mes de Julio hay una producción total de 298 910 000 preformas distribuidas en toda el área de inyección y luego de la implementación del programa de análisis vibracional la producción total del mes de septiembre fue 342 390 000 preformas. Donde la línea Husky 13 presenta un incremento de producción del 31,84% y la línea YUS no presenta variación porcentual.

Por último concluimos que hay un incremento en la producción del 14,55% (43 480 000 preformas) luego de la implementación de nuestro programa de análisis vibracional; así mismo al realizar una comparación en los costos incurridos antes y después de la implementación obtenemos una reducción de \$ 1 958.00 que en porcentaje nos da un 28% aproximadamente.

**PALABRAS CLAVES:** Motores, Análisis Vibracional, Mantenimiento, Producción.

## Capítulo I INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Las fallas continuas y el incremento de daños en los motores trifásicos se debe a las vibraciones mecánicas en la empresa San Miguel Industrias; (Ver anexo 7), siendo este un problema el cual analizaremos, basándonos en estudios teóricos y prácticos; con la finalidad de mejorar la productividad en la planta de inyección.

Las vibraciones mecánicas están relacionadas con el comportamiento oscilatorio de un cuerpo, debido a que la mayoría de máquinas siempre experimentan vibraciones de menor o mayor grado.

Según Gómez de León (España, 1998) considera que:

La medida de la vibración de una máquina se puede plantear bajo múltiples vertientes, medida de la severidad de la vibración; análisis de la forma de onda de la señal vibratoria a lo largo del tiempo, descomposición frecuencial de la señal temporal, mapas espectrales de arranque-parada, análisis modal, composición bidimensional, de señales para la obtención de órbitas de ejes, etc. Por lo tanto a través de la medición y posterior evaluación del nivel de la vibración de una máquina, se puede realizar un seguimiento de su estado con el fin de detectar el origen de ciertas anomalías, estudiar la influencia de ciertas máquinas próximas, optimizar su mantenimiento, establecer un calendario de reparaciones o sustituciones y en definitiva, aumentar el rendimiento y prolongar su periodo de vida. (p.121)

De acuerdo a la norma **ISO 2372**, la vibración es toda variación en el tiempo de una magnitud que describe el movimiento o la posición de un sistema mecánico, cuando este valor es mayor o menor que cierto valor promedio que se tiene como referencia.

Es bueno mencionar que la mayoría de industrias nacionales presentan problemas de desbalance en los motores trifásicos a causa del efecto de las vibraciones mecánicas, por lo cual hemos realizado un estudio en el campo de estas vibraciones como prevención de los desbalances en los motores trifásicos con la finalidad de optimizar la vida útil de los mismos. Para complementar nuestra investigación es necesario mencionar que hemos tomado como referencia la tesis internacional de la Universidad Técnica de Ambato Ecuador, del autor Nelson Rodrigo Poquiza Rivera del año 2015.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema principal**

¿Cómo afectará la implementación de un programa de análisis vibracional de los motores trifásicos, en la mejora de la productividad en la planta de inyección de la empresa San Miguel Industrias?

### **1.2.2. Problema específico**

¿Cómo afectará la implementación de un programa de análisis vibracional de los motores trifásicos, en los costos de las reparaciones de los motores afectados por las vibraciones mecánicas?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Mejorar la productividad realizando un programa de análisis vibracional a los motores de la planta de inyección de la empresa San Miguel Industrias.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Disminuir los costos de mantenimiento correctivo realizando un programa de análisis vibracional en las líneas de la planta de inyección de la empresa San Miguel Industrias.

## Capítulo II METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de investigación

Según nuestro estudio, el tipo de investigación que vamos a desarrollar es un diseño no experimental, ya que durante el análisis contemplamos el comportamiento de las vibraciones en los motores trifásicos en su estado natural, para luego analizarlos y a partir de eso tomar acciones predictivas que contribuyan a cumplir nuestro principal objetivo, que es mejorar la productividad. Por lo cual esta investigación no experimental es de tipo longitudinal porque analizamos el comportamiento de las vibraciones de los motores trifásicos, observando su evolución a través del tiempo.

### 2.2 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Para la realización de la implementación del programa de análisis vibracional se hizo la recolección de datos referente a la productividad y a los costos antes y después de nuestro estudio, siendo el instrumento utilizado de tipo mecánico; porque utilizamos la herramienta SAP. Luego establecimos un cronograma de inspección para el análisis vibracional de los motores de las líneas de la planta de inyección, (Ver anexo 2) el cual es un instrumento de tipo documental, pues a través de esto procedemos a la recolección de información que radica en la medición de vibración realizado a los motores, que se comparan de acuerdo a su potencia con la tabla de la norma **ISO 2372** y así tomar decisiones para un mantenimiento preventivo.

La planta de inyección cuenta con 19 líneas de producción; máquinas inyectoras de fuerza hidráulica, donde el motor principal del tren de bombas es un elemento crítico en la unidad, estos motores van desde 75hp como la línea de inyección Yus, 150hp como la línea de inyección Sipa, hasta 250hp como las líneas de inyección Husky 27. La planta cuenta con una línea de inyección Yus de procedencia china, 3 líneas de inyección Sipa de procedencia italiana y 15 líneas de inyección Husky procedentes de Canadá; siendo estas últimas en su mayoría líneas de última generación con un tiempo de ciclo de hasta 144 preformas cada 7.9 segundos.

## 2.3 Procedimiento

Para realizar el estudio de nuestra investigación, primero se analizó la producción del mes de julio donde observamos que no se logra llegar a la meta de producción esperada.

Tabla N° 1:

*Producción del mes de julio*

Máquina	Cantidad Real	Cantidad teórica	Porcentaje de producción
HUSKY03	3,517.03	4,144.23	85%
HUSKY05	10,605.91	11,453.90	93%
HUSKY07	5,636.21	6,690.97	84%
HUSKY09	7,975.18	9,309.09	86%
HUSKY12	8,234.34	9,734.17	85%
HUSKY13	15,361.17	20,020.08	77%
HUSKY14	12,845.95	13,507.76	95%
HUSKY17	34,106.69	39,786.64	86%
HUSKY18	27,987.80	32,810.22	85%
SIPA01	22,284.35	26,387.11	84%
SIPA02	12,407.60	13,734.18	90%
HUSKY21	27,559.04	28,431.60	97%
HUSKY22	17,682.99	23,039.31	77%
YUS	146.71	148.516	99%
HUSKY24	3,675.60	3,833.66	96%
HUSKY25	36,029.43	37,151.55	97%
HUSKY26	19,722.11	21,629.38	91%
HUSKY27	34,046.97	40,589.16	84%
UNIPET	184.858	234.879	79%
<b>Total</b>	<b>300,009.94</b>	<b>342,636.38</b>	<b>88%</b>

*En la tabla se observa que la producción de las distintas líneas no llega a cumplir la cantidad esperada (mayor a 93%). San Miguel Industrias PET establece una eficiencia de producción estándar de 93%, considerando pérdidas en paradas por cambios de formato (2.5%), mantenimiento preventivo (2.5%), mantenimiento correctivo (1%) y pérdidas en tiempos de ciclo (1%).*

Luego analizamos los factores que contribuyen a la disminución de la productividad, donde el más relevante es el problema en los motores causados por las vibraciones mecánicas. Debido a esto se realizó un estudio de análisis vibracional en los motores trifásicos, para lo cual elaboramos un cronograma de inspección en los motores el cual se ejecutará según lo establecido y de acuerdo a los datos obtenidos se tomarán decisiones para realizar un mantenimiento preventivo a los motores que estén fuera de los límites permitidos de acuerdo a la norma **ISO 2372** (Ver Anexo 2 y 3).

Para complementar nuestra implementación del programa de análisis vibracional de los motores, utilizamos como instrumento una encuesta que se aplica al personal de mantenimiento (Ver anexo 4 y 5).

Por último analizamos la producción en el mes de septiembre donde observamos una mejora significativa de la producción real frente a la producción esperada (Ver anexo 6).

## 2.4 Análisis de confiabilidad de la encuesta

Luego de realizar la encuesta se analizan los resultados a través del SPSS con lo cual hallamos el Alfa de Cronbach. El cual nos arroja un valor de 0,817 con lo cual podemos afirmar que nuestra implementación es confiable.

Tabla N° 2:  
*Alfa de Cronbach*

ESTADÍSTICAS DE FIABILIDAD	
Alfa de Cronbach	N de elementos
0,817	10

*De acuerdo a los resultados obtenidos podemos decir que nuestra implementación es confiable.*

Tabla N° 3:  
*Alfa de Cronbach si el ítem se ha suprimido*

Ítem	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Pregunta 01	0,777
Pregunta 02	0,828
Pregunta 03	0,782
Pregunta 04	0,841
Pregunta 05	0,810
Pregunta 06	0,769
Pregunta 07	0,792
Pregunta 08	0,800
Pregunta 09	0,777
Pregunta 10	0,810

*La columna "Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido", nos indica cuál sería el valor del alfa si cada uno de los elementos fuese retirado.*

Luego de esto obtenemos la variación de la producción entre el mes de julio (antes de la implementación) y el mes de septiembre (después de la implementación). A esta variación le realizamos la prueba de normalidad y como son menos de 50 datos utilizamos la prueba de Shapiro-Wilk.

Prueba de normalidad que se realizó a la diferencia de la producción.

Tabla N° 4:

*Pruebas de normalidad*

Shapiro-Wilk		
Estadístico	Gl	Sig.
0,839	19	0,004

*De acuerdo con Shapiro-Wilk observamos que la significancia es 0,004 y ya que es menor que 0.05 se acepta la hipótesis alterna y concluimos que es una distribución "no normal".*

Por último realizamos la prueba de hipótesis para datos no normales, justificados anteriormente, utilizando el análisis no paramétrico según Wilcoxon.

- **Estadísticos de prueba**

Tabla N° 5:

*Prueba de hipótesis según Wilcoxon*

Año 2017 - Año 2016	
Z	-3,783 <sup>b</sup>
Sig. asintótica (bilateral)	0,000

*Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.*

*(b) se basa en rangos negativos.*

En la prueba de hipótesis podemos observar que la significancia es menor a 0.05 por lo tanto afirmamos que se cumple la hipótesis alterna, es decir que la implementación del programa de análisis vibracional en los motores mejora significativamente la producción.

## Capítulo III RESULTADOS

El área de inyección cuenta con 19 líneas de producción y los tipos de fallas más frecuentes según los reportes de averías registrados en el módulo de mantenimiento (SAP) son: desgaste en las tapas de los motores con 21%, falla en los rodamientos por mal montaje 14%, desbalance en los impulsores de bombas 18%, motores quemados por fallas a tierra 14%, sobrecarga en los motores 13% y falla en los rodamientos por falta de lubricación 14%.



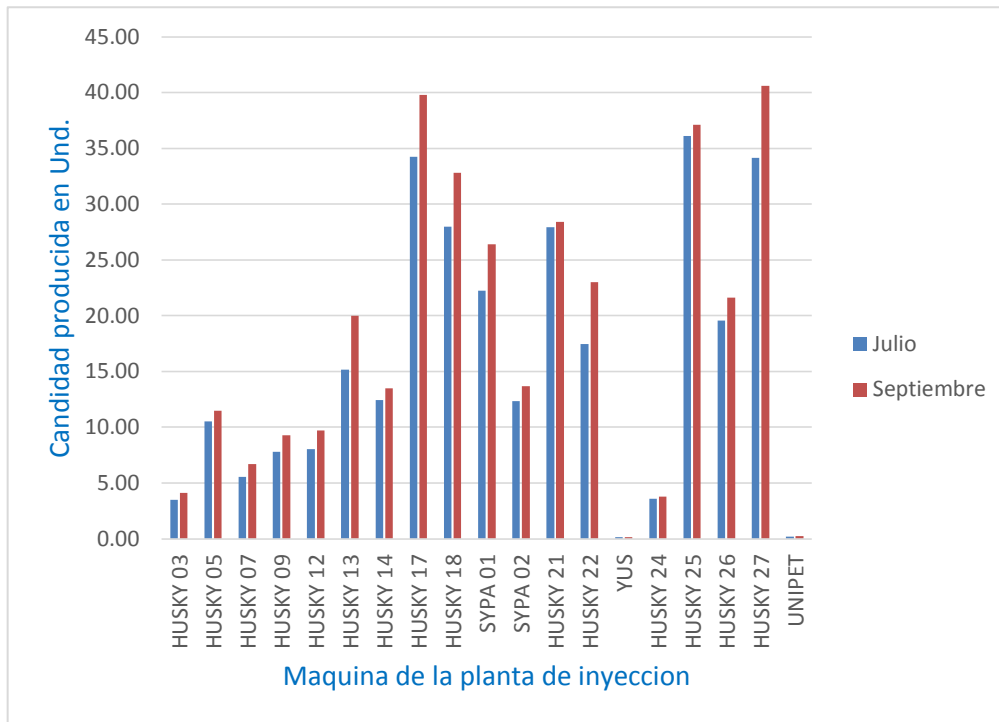
Figura 1: Percepción de los principales problemas en los motores.



La tabla 6 muestra en el mes de Julio una producción total de 298 910 000 preformas distribuidas según las líneas de producción y luego de la implementación del programa de análisis vibracional la producción total del mes de septiembre fue 342 390 000 preformas. Donde la línea Husky 13 presenta un incremento de producción del 31,84% y la línea YUS no presenta variación porcentual en la producción. Por último se observa que se presentó un incremento en la producción del 14,55% (43 480 000 preformas) luego de la implementación de nuestro programa de análisis vibracional.

Máquina	Producción de julio (unidades preformas)	Producción de septiembre (unidades preformas)	Diferencia	Incremento de la Producción (%)
HUSKY 03	3,480,000	4,100,000	620,000	17,82%
HUSKY 05	10,530,000	11,500,000	970,000	9,21%
HUSKY 07	5,550,000	6,700,000	1,150,000	20,72%
HUSKY 09	7,820,000	9,300,000	1,480,000	18,93%
HUSKY 12	8,040,000	9,700,000	1,660,000	20,65%
HUSKY 13	15,170,000	20,000,000	4,830,000	31,84%
HUSKY 14	12,460,000	13,500,000	1,040,000	8,35%
HUSKY 17	34,220,000	39,800,000	5,580,000	16,31%
HUSKY 18	27,970,000	32,800,000	4,830,000	17,27%
SYPA 01	22,240,000	26,400,000	4,160,000	18,71%
SYPA 02	12,320,000	13,700,000	1,380,000	11,20%
HUSKY 21	27,910,000	28,400,000	490,000	1,76%
HUSKY 22	17,450,000	23,000,000	5,550,000	31,81%
YUS	160,000	160,000	-	0,00%
HUSKY 24	3,600,000	3,800,000	200,000	5,56%
HUSKY 25	36,110,000	37,100,000	990,000	2,74%
HUSKY 26	19,540,000	21,600,000	2,060,000	10,54%
HUSKY 27	34,160,000	40,600,000	6,440,000	18,85%
UNIPET	180,000	230,000	50,000	27,78%
<b>TOTAL</b>	<b>298,910,000</b>	<b>342,390,000</b>	<b>43,480,000</b>	<b>14,55%</b>

Tabla 6: Incremento de la producción



*Figura 2. Comparativo de la producción antes y después de la implementación, se observa que casi todas las líneas presentan mejoras con respecto a su productividad, con cual podemos afirmar que la implementación de la propuesta planteada funcionó de acuerdo a lo esperado.*

La tabla 7 muestra un costo total de 7 066 dólares generados en el mes Julio ante de la implementación del programa de análisis vibracional por concepto de reparaciones de los motores.

La tabla 8 muestra un costo total de 5 108 dólares generados en el mes de Septiembre luego de la implementación del programa de análisis vibracional por concepto de mantenimiento de los motores.

Por último la tabla 9 nos indica una reducción de costos de 1958 dólares que representa un ahorro aproximado del 28%.

Doc.compr.	Fecha doc.	Texto breve	Cantidad	UMP	Valor neto (USD)	Texto de Suministro
4500056582	17.07.2017	POLEA MOTORIZADA VANDERGRAFF	1	UN	590	SERVICIO DE REPARACION DE POLEA MOTORIZADA VANDERGRAFF, CONSISTE EN TRASLADO, DESARMADO, REBOBINADO, DOBLE PROCESO DE BARNIZADO, TRA
4500067165	26.07.2017	MOTO REDUCTOR PARA FAJA TEC, 0.33HP 2	1	UN	290	SERVICIO DE REPARACION DE MOTOREDUCTOR PARA FAJA TEC DE PLANTA INYECCION, CONSISTE EN TRASLADO, DESARMADO, REBOBINADO, DOBLE PROCESO
4500067242	26.07.2017	BOMBA AGUA DE ALIMENTACION A PLACA ROBOT	1	UN	420	SERVICIO DE REPARACION DE BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION DE PLACA ROBOT - PLANTA INYECCION, CONSISTE EN TRASLADO, DESARMADO, LAVADO
4500059831	06.07.2017		1	UN	560	SERVICIO DE REPARACIÓN DE BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN A PLACA ROBOT USADO EN PLANTA DE INYECCIÓN, CONSISTE EN DESARMADO, LAVADO CO
4500053454	28.07.2017	MOTO REDUCTOR PREMIXER COLORMATRIX 2.2KW	1	UN	380	SERVICIO DE REPARACION A MOTOREDUCTOR DE 2.2 KW/ MARCA PREMIXER COLOR MATRIX EN PLANTA DE INYECCION, CONSISTE EN DESARMADO DE PARTES
4500070788	14.07.2017	MOTOR SOPLADOR D REGENERADO P/N 4182016	1	UN	360	SERVICIO DE REPARACION DE MOTOR SOPLADOR DE REGENERADO DE HUSKY 9 DE PLANTA DE INYECCION, CONSISTE EN EL TRASLADO, DESARMADO, LAVADO
4500070788	14.07.2017	MOTOR SOPLADOR DE PROCESO ESAN 14.5 KW	2	UN	880	SERVICIO DE REPARACION DE MOTOR SOPLADOR DE PROCESO DE HUSKY 9 DE PLANTA DE INYECCION, CONSISTE EN EL TRASLADO, DESARMADO, LAVADO
4500054557	17.07.2017		1	UN	560	SERVICIO DE REPARACION DE MOTOR SOPLADOR DE SECADOR HUSKY, CONSISTE EN DESARMADO, REBOBINADO, TRATAMIENTO TERMICO, BARNIZADO,
4500070167	06.07.2017	BOMBA DE VACIO PIOVAN 12.6 KW 4181807	1	UN	690	SERVICIO DE REPARACION DE MOTOR BOMBA DE VACIO DE LINEA 17 EN PLANTA DE INYECCION, CONSISTE EN EL TRASLADO, DESARMADO, LAVADO CON SOLVE
4500059393	28.07.2017	MOTOREDUCTOR 0.37KW FAJA INCLINADA MB CO	1	UN	390	SERVICIO DE REPARACION DE MOTOREDUCTOR 0.37 KW DE FAJA INCLINADA EN PLANTA INYECCION, CONSISTE EN TRASLADO, DESARMADO DE SUS PARTES,
4500052324	07.07.2017	VENTILADOR DE 1.3KW, REFERENCIA CHILLER	1	UN	380	SERVICIO DE REPARACION DE CHILLER DE KRAUS, CONSISTE EN REBOBINADO, DOBLE BARNIZADO, TRATAMIENTO TERMICO, CAMBIO DE RODAMIENTOS, EMB
4500051289	16.07.2017		1	UN	380	SERVICIO DE REPARACION DE MOTOR VENTILADOR CHILLER KRAUSS, CONSISTE EN TRASLADO, EXTRACCION NUCLEO, REBOBINADO, BARNIZADO, TRATAMIE
4500053400	27.07.2017	BOMBA AGUA CHILLER-KRAUS-11KW/15HP	1	UN	708	SERVICIO DE REPARACION DE BOMBA DE INYECCION KRAUS, CONSISTE EN EMBOCINADO DE TAPAS, CAMBIO DE SELLO, RODAMIENTO, ACOPLE 1040, MAQUI
4500051356	17.07.2017		1	UN	478	SERVICIO DE REPARACION DE BOMBA AGUA CHILLER KRAUS - HUACHIPA, CONSISTE EN REBOBINADO, DOBLE BARNIZADO, TRATAMIENTO TERMICO,
COSTO TOTAL DE REPARACION DE MOTORES					7066	

Tabla 7: Costo de reparaciones a los motores en el mes de Julio.

Doc.compr.	Fecha doc.	Texto breve	Cantidad	UMP	Valor neto	Texto de Suministro
4500067243	26.09.2017	POLEA .MOT.IZADA VANDERGRAFF	1	UN	460	SERVICIO DE MANTENIMIENTO A POLEA MOTORIZADA VANDERGRAFF DE PLANTA INYECCION, CONSISTE EN TRASLADO Y DESARMADO, EN EL MOTOR: REBOBIN
4500068280	10.09.2017	MOTOREDUCTOR PARA FAJA TEC, 0.33HP 2	1	UN	250	SERVICIO DE MANTENIMIENTO A MOTOREDUCTOR FAJA TEC 0.33 HP EN PLANTA DE INYECCION, CONSISTE EN TRASLADO, DESARMADO, LAVADO DE ESTATOR
4500067241	26.09.2017	BOMBA AGUA DE ALIMENTACION A PLACA ROBOT	1	UN	330	SERVICIO DE MANTENIMIENTO A BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION DE PLACA ROBOT - PLANTA INYECCION, CONSISTE EN TRASLADO, DESARMADO, LAVADO
4500062386	15.09.2017		1	UN	330	SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION A PLACA DE ROBOT EN PLANTA DE INYECCION, CONSISTE EN TRASLADO, DESARMADO,
4500055334	26.09.2017	MOTOREDUCTOR PREMIXER COLORMATRIX 2.2KW	1	UN	230	SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MOTOREDUCTOR PREMIXER DE PLANTA INYECCION, CONSISTE EN TRASLADO, LAVADO DEL ESTATOR CON SOLVENTE SS25,
4500065468	02.09.2017	MOTOR SOPLADOR D REGENERADO P/N 4182016	1	UN	290	SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MOTOR SOPLADOR DE REGENERADO EN SIPA 2 DE PLANTA INYECCION, CONSISTE EN TRASLADO, DESARMADO, LAVADO CON
4500065468	02.09.2017	MOTOR SOPLADOR DE PROCESO ESAN 14.5 KW	2	UN	720	SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MOTOR SOPLADOR DE PROCESO 14.5 KW EN SIPA 2 DE PLANTA INYECCION, CONSISTE EN TRASLADO, DESARMADO, LAVAD
4500053991	05.09.2017		1	UN	560	SERVICIO DE MANTENIMIENTO MOTOR BOMBA DE VACIO 14.5KW, CONSISTE EN REBOBINADO, DOBLE BARNIZADO, TRATAMIENTO TERMICO, CAMBIO DE RODA
4500070168	06.09.2017	BOMBA DE VACIO PIOVAN 12.6 KW 4181807	1	UN	570	SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MOTOR BOMBA DE VACIO DE LINEA 18 EN PLANTA DE INYECCION, CONSISTE EN EL TRASLADO, DESARMADO, LAVADO CON
4500058959	21.09.2017	MOTOREDUCTOR 0.37KW FAJA INCLINADA MB CO	1	UN	210	SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MOTOREDUCTOR 0.37 KW DE FAJA INCLINADA EN PLANTA INYECCIÓN, CONSISTE EN TRASLADO, DESARMADO DE SUS PARTES,
4500050368	31.09.2017	VENTILADOR DE 1.3KW, REFERENCIA CHILLER	1	UN	320	SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MOTOR VENTILADOR CHILLER DE PLANTA INYECCION MAQUINA KRAUS, CONSISTE EN REBOBINADO, DOBLE BARNIZADO, EMB
4500049373	12.09.2017		1	UN	298	SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE VENTILADOR DE CHILLER HUSKY, CONSISTE EN REBOBINADO, DOBLE BARNIZADO, TRATAMIENTO TERMICO, EMBOCINADO, CA
4500054325	11.09.2017	BOMBA AGUA CHILLER-KRAUS-11KW/15HP	1	UN	330	SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE BOMBA DE CHILLER DE KRAUS, DESARMADO, REBOBINADO, BARNIZADO, TRAT. TERMICO, CAMBIO RODAMIENTOS, EMBOCINAD
4500053809	04.09.2017		1	UN	210	SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MOTOBOMBA, CONSISTE EN REBOBINADO, BARNIZADO, TRATAMIENTO TERMICO, CAMBIO DE RODAMIENTOS, EMBOCINADO
COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MOTORES					5108	

Tabla 8: Costo de mantenimiento a los motores en el mes de Septiembre.

Texto breve	Costo por reparación (USD)	Costo por mantenimiento (USD)
POLEA MOTORIZADA VANDERGRAFF	590	460
MOTO REDUCTOR PARA FAJA TEC, 0.33HP 2	290	250
BOMBA AGUA DE ALIMENTACION A PLACA ROBOT	420	330
	560	330
MOTO REDUCTOR PREMIXER COLORMATRIX 2.2KW	380	230
MOTOR SOPLADOR D REGENERADO P/N 4182016	360	290
MOTOR SOPLADOR DE PROCESO ESAN 14.5 KW	880	720
	560	560
BOMBA DE VACIO PIOVAN 12.6 KW 4181807	690	570
MOTOREDUCTOR 0.37KW FAJA INCLINADA MB CO	390	210
VENTILADOR DE 1.3KW, REFERENCIA CHILLER	380	320
	380	298
BOMBA AGUA CHILLER-KRAUS-11KW/15HP	708	330
	478	210
<b>TOTAL</b>	<b>7066</b>	<b>5108</b>
<b>REDUCCIÓN PORCENTUAL DE COSTO</b>	<b>27,71%</b>	

Tabla 9: Reducción porcentual de costo del mes de Septiembre respecto al mes de Julio.

## Capítulo IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Nuestro trabajo de investigación nos ha permitido mejorar la productividad de la planta de inyección de la empresa San Miguel Industrias y a su vez disminuir los costos de mantenimiento correctivo, no solo en reparaciones sino también en horas-hombre.

La falta de mantenimiento predictivo programado a los motores trajo como consecuencia paradas de las líneas en la planta por los siguientes motivos: desgaste en las tapas de los motores, falla en los rodamientos por mal montaje, desbalance en los impulsores de bombas, motores quemados por fallas a tierra, sobrecarga en los motores y falla en los rodamientos por falta de lubricación. El registro de averías nos indica como la falla más relevante, al desgaste en las tapas en los motores, mientras que en otra fuente la falla más común es el desbalance en los motores (Salazar, 2004). Considerando que la implementación del análisis vibracional como parte del programa de mantenimiento predictivo permite evaluar de manera periódica el funcionamiento de los diferentes equipos de la planta, para luego tomar decisiones que permitan prevenir daños mayores a futuros, generando la disminución de los costos de mantenimiento.

Luego de la implementación del programa de análisis vibracional de los motores, se analizó la producción del mes de Julio según sus respectivas líneas (298 910 000 preformas), luego de la implementación realizada, se compara la producción el mes de Septiembre, dando como resultado un total de (342 390 000 preformas); observando un incremento de la producción en un 14.5%. Esto se logró debido a la disminución de paradas en las diferentes líneas de producción gracias a un oportuno mantenimiento preventivo programado a los motores.

Con respecto a los costos por reparación en el mes de Julio el monto ascendió a \$ 7 066.00, comparándolos con el mes de Septiembre luego de la implementación se obtuvo un costo de reparación que ascendió a \$ 5 108.00; observando una reducción en costos en un 28%. Los estudios han demostrado que realizando un mantenimiento preventivo antes que un correctivo, nos genera una reducción significativa de costos (Chang, 2008).

Nuestro estudio presenta algunas limitaciones debido que durante la encuesta realizada acerca de la implementación del programa de análisis vibracional, el personal mostró cierta preocupación a las consecuencias futuras que generaría la implementación de este programa monitoreado por un personal calificado. Es decir al disminuir los tiempos de parada en las máquinas, algunos de los encuestados pensaban que se podía dar una reducción de personal; pero se les comunicó que la finalidad de esta implementación no era esa. Además se

busca que el personal de mantenimiento pueda adquirir mayor valor agregado a sus horas de trabajo, formando grupos de mejora continua, buscando nuevas formas de trabajo más productivas.

Concluimos que realizando la implementación del programa de análisis vibracional en los equipos monitoreados permite establecer a futuro las posibles fallas, que serán indicativos en el programa de mantenimiento predictivo. Logrando así un incremento en la productividad y una reducción significativa en los costos de mantenimiento.

## REFERENCIAS

- Pernia, D. (2004). “*Introducción a la Medición de Vibración*”. Facultad de Ingeniería.  
Universidad De Los Andes. Mérida: Venezuela.
- Muños (2014). Propuesta de desarrollo y Análisis de la Gestión del Mantenimiento Industrial en una empresa de cartón corrugado. (Tesis de Titulación), Universidad de Ciencias Aplicadas. Recuperado el 02 de agosto del 2016.
- Mejía Morales, Jorge Enrique (2011). “Análisis de Vibraciones en Motores Eléctricos Trifásicos”. (Tesis de Titulación), Universidad San Carlos de Guatemala.
- Mosquera, G, Armas, G. y Piedra, M. (2004) *Las Vibraciones Mecánicas y su Aplicación al Mantenimiento Predictivo*. Centro De Altos Estudios Gerenciales ISID, Segunda Edición, Caracas: Venezuela.
- Salazar, F. (2004). “Implementación de un plan de Mantenimiento Predictivo de Equipos Rotativos Basado en el Análisis de Vibraciones en una Planta Embotelladora”  
Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui, Venezuela.
- Nelson Rodrigo, P. (2015). Vibraciones mecánicas en motores rotativos trifásicos de 2 hp de potencia para prevenir desbalance mediante una estrategia de mantenimiento predictivo en el laboratorio de control y automatización de la facultad de ingeniería civil y mecánica.  
Ambato: Ecuador.
- Carpio Rodríguez, J. y Durán Pastor, L. (2016). Análisis Vibracional de Alta Frecuencia en Máquinas Rotativas. Arequipa: Perú.
- Evelio Palomino, M. (2007). Elementos de Medición y Análisis de Vibraciones en Máquinas Rotatorias. Cuba: Ciudad de la Habana.





## ANEXO 1

CRONOGRAMA DE INSPECCIONES DE LOS MOTORES DE LAS DIFERENTES LÍNEAS.

Cronograma de análisis vibracional a la maquinas el área de inyección 2017

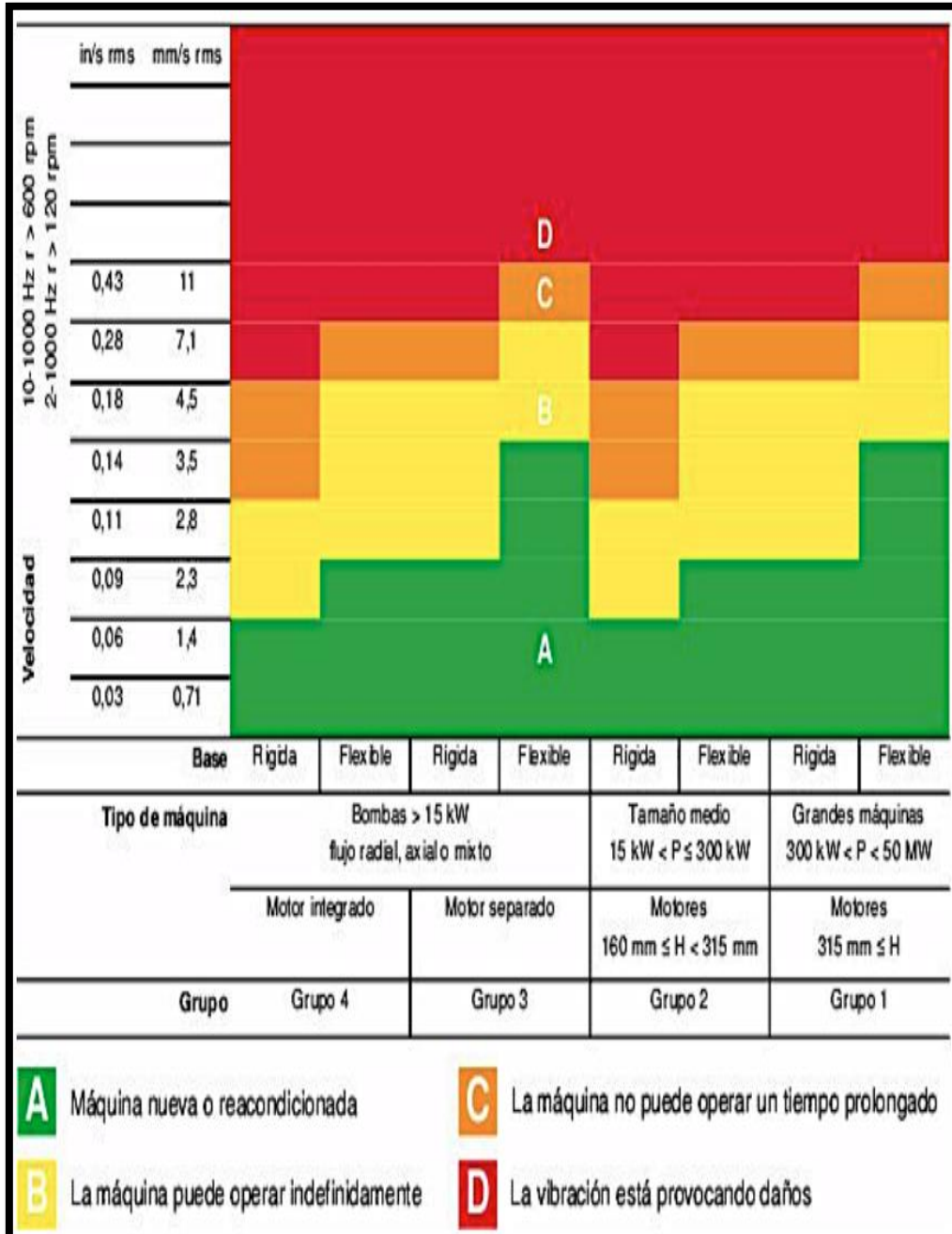
	Sem_1	Sem_2	Sem_3	Sem_4	Sem_5	Sem_6	Sem_7	Sem_8	Sem_9	Sem_10	Sem_11	Sem_12	Sem_13	Sem_14	Sem_15	Sem_16	Sem_17	Sem_18	Sem_19	Sem_20	Sem_21	Sem_22	Sem_23	Sem_24	Sem_25	Sem_26	Sem_27	Sem_28	Sem_29	Sem_30	Sem_31	Sem_32	Sem_33	Sem_34	Sem_35	Sem_36	Sem_37	Sem_38	Sem_39	Sem_40	Sem_41	Sem_42	Sem_43	Sem_44	Sem_45	Sem_46	Sem_47	Sem_48	Sem_49	Sem_50	Sem_51	Sem_52					
HUSKY 03	X										X										X											X																									
HUSKY 05	X										X										X										X																										
HUSKY 07		X										X										X									X																										
HUSKY 09		X										X										X									X																										
HUSKY 12			X										X										X									X																									
HUSKY 13			X										X										X									X																									
HUSKY 14				X										X										X								X																									
HUSKY 17				X										X										X								X																									
HUSKY 18					X										X										X								X																								
SYPA 01					X										X										X								X																								
SYPA 02						X										X										X									X																						
HUSKY 21						X									X											X									X																						
HUSKY 22							X									X											X									X																					
YUS							X									X											X																														
HUSKY 24								X									X											X																													
HUSKY 25								X									X											X																													
HUSKY 26									X										X										X																												
HUSKY 27									X											X										X																											
UNIPET										X											X																																				

**ANEXO 2**  
**REPORTE DEL ANÁLISIS VIBRACIONAL DE LA SEMANA 37**

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: left;"> <p>NORMAL <span style="color: green;">■</span></p> <p>OBSERVACION <span style="color: blue;">■</span></p> <p>ALERTA <span style="color: yellow;">■</span></p> <p>EMERGENCIA <span style="color: red;">■</span></p> <p>NO MONITOREADO <span style="color: gray;">■</span></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b></p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>											
<b>REPORTE DE ANÁLISIS VIBRACIONAL - PLANTA INYECCION</b>											
<b>Semana 34</b>										<i>Heyler Diaz Paredes</i>	
N°	AREA	RUTA	CODIGO EQUIPO	COMPONENTE	TECNICA	1	10	19	28	37	DIAGNÓSTICO / RECOMENDACIONES
1	INYECCION	HUSKY 03		Motor Principal DC	VIBRACIONES / TEMPERATURA	●	●	●	●	●	Motor nuevo, en condición normal
2	INYECCION	HUSKY 03		Motor Principal DC	VIBRACIONES / TEMPERATURA	●	●	●	●	●	Motor nuevo, en condición normal
3	INYECCION	HUSKY 03		Motor rod banana inf	VIBRACIONES / TEMPERATURA	●	●	●	●	●	Equipo nuevo, en condición normal
				Motor rod Anilux	VIBRACIONES / TEMPERATURA	●	●	●	●	●	Equipo inaccesible. Colocar caja centralizada para la obtención de datos.
				Motor rod Cliche	VIBRACIONES / TEMPERATURA	●	●	●	●	●	Equipo inaccesible. Colocar caja centralizada para la obtención de datos.
				Motor principal F&J	VIBRACIONES / TEMPERATURA	●	●	●	●	●	Equipo nuevo, en condición normal
				Motor Und. Hidráulica	VIBRACIONES / TEMPERATURA	●	●	●	●	●	Equipo nuevo, en condición normal
4	INYECCION	HUSKY 03		Motor Principal	VIBRACIONES / TEMPERATURA	●	●	●	●	●	En estado normal de funcionamiento
				Motor entrada tucó	VIBRACIONES / TEMPERATURA	●	●	●	●	●	Equipo con incrementó de temperatura y desgaste mínimo de rodamientos.
5	INYECCION	HUSKY 03		Motor Vacío Sellador	VIBRACIONES / TEMPERATURA	●	●	●	●	●	Equipo presenta soltura mecánica en alojamientos, incremento de vibración por base en voladizo. desgaste mínimo de pista interior BPFI.
				Motor Log. Inferior	VIBRACIONES / TEMPERATURA	●	●	●	●	●	Equipo en estado normal.
				Motor Rod. Superior	VIBRACIONES / TEMPERATURA	●	●	●	●	●	Equipo con incremento de temperatura con soltura mecánica. • De 40 °C a 65 °C

**ANEXO 3**

RANGO DE SEVERIDAD PARA LA VIBRACIÓN DE MÁQUINAS. (NORMA ISO 2372)



## ANEXO 4

### FORMATO DE LA ENCUESTA

Encuesta sobre la implementación de un sistema de análisis vibracional a los motores		Malo	Regular	Bueno
		1	2	3
1	Como califican esta implementación			
2	Cree que se mantendrá en el tiempo			
3	Cree que habrá una disminución de costos de mantenimiento			
4	Esto ayudara en el tema de confiabilidad de equipos			
5	Creen que esto ayuda en los indicadores de mantenimiento			
6	Mejora su trabajo diario			
7	Como se siente trabajando con esta nueva implementación			
8	Minimizara los tiempos de parada en la producción			
9	Esta implementación amentara la productividad			
10	Ayudará a un mejor diagnóstico de fallas en los motores			

## ANEXO 5

### RELACIÓN DE ENCUESTADOS SOBRE LA IMPLEMETACIÓN

SMI		SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		SMI-SG-R-006
FECHA: 15-07-17		EXPOSITOR: Carlos Sanchez		Encuesta sobre la implementación de análisis vibracional en la Planta de Inyección Versión: 02
TEMA:		HORA DE INICIO: 08:00		HORA TERMINO: 15:00
N°	ASISTENTES (Apellidos y nombres)	DOCUMENTO DE IDENTIDAD	SECCIÓN	FIRMA
1.	Sandoz Marguilo Juan	475160	Preparación	[Firma]
2.	BLAS REYES YEFU	41189100	Producción	[Firma]
3.	Benito Pineda Toni	43965452	"	[Firma]
4.	CARRANZO Soto Jairo	25537255	Mantenimiento	[Firma]
5.	UNUVE OVALO Juan José	70932266	"	[Firma]
6.	Mendoza Irma Tani	4116028	"	[Firma]
7.	Flores Torres Martin	43119719	"	[Firma]
8.	Martinez Sanchez Michel	42221260	"	[Firma]
9.	Melgosa Garcia Edison	45225222	"	[Firma]
10.	LUCIANO BALDEA Luis	70044607	"	[Firma]
11.	PATEGA VEGA Andrey	01807791	"	[Firma]
12.	Arias Leon Gino	47108282	Preparación	[Firma]
13.	Ramos Quezada Pablo Cesar	02877582	Preparación	[Firma]
14.	KADRINOV MILIAN JUAN	44805636	"	[Firma]
15.	MORA LEON WITCEL JOAN	70056034	"	[Firma]
16.	Cocomb Silvia Julia	42132154	"	[Firma]
17.	Venado Martinez Edison	40254250	"	[Firma]
18.	MARQUEZ PASTA LORENZO	09986429	"	[Firma]
19.	CHAVEZ HILARES TIA	41804196	Mantenimiento	[Firma]
20.	VANUVE FERRAS RO C	70327696	Mantenimiento	[Firma]
21.				
22.				
23.				
24.				
25.				
26.				
27.				
28.				
29.				
30.				

\* Agradeceremos llenar los datos con letra imprenta legible

**ANEXO 6**

REGISTRO DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS

Nombre: *Jorge Cardenas Solis*

Encuesta sobre la implementacion de un sis tema de analisis vibracional a los motores	Malo	Regular	Bueno
	1	2	3
1 Como califican esta implementacion			X
2 Cree que se mantendra en el tiempo		X	
3 Cree que habra una disminucion de costos de mantenimiento		X	
4 Esto ayudara en el tema de confiabilidad de equipos		X	
5 Creen que esto ayuda en los indicadores de mantenimiento			X
6 Mejora su trabajo diario		X	
7 Como se siente trabajando con esta nueva implementacion		X	
8 Minimizara los tiempos de parada en la produccion		X	
9 Esta implementacion amentara la productividad			X
10 Ayudara a un mejor diagnostico de fallas en los motores.		X	

*[Firma]*  
-----  
Firma

Nombre: *Orlando Vazquez Ramon*

Encuesta sobre la implementacion de un sis tema de analisis vibracional a los motores	Malo	Regular	Bueno
	1	2	3
1 Como califican esta implementacion			X
2 Cree que se mantendra en el tiempo		X	
3 Cree que habra una disminucion de costos de mantenimiento		X	
4 Esto ayudara en el tema de confiabilidad de equipos	X		
5 Creen que esto ayuda en los indicadores de mantenimiento		X	
6 Mejora su trabajo diario		X	
7 Como se siente trabajando con esta nueva implementacion		X	
8 Minimizara los tiempos de parada en la produccion			X
9 Esta implementacion amentara la productividad		X	
10 Ayudara a un mejor diagnostico de fallas en los motores.		X	

*[Firma]*  
-----  
Firma

## ANEXO 7

RESULTADOS DE LA ENCUESTA.

	Supervisor Mecánico	Supervisor Eléctrico	Analista Mecánico	Planner Mecánico	Técnico Mecánico	Técnico Mecánico	Analista Eléctrico	Planner Eléctrico	Técnico Eléctrico	Técnico eléctrico
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	2
3	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2
4	1	2	2	3	1	1	1	2	1	2
5	2	2	3	3	2	3	3	3	3	3
6	2	3	3	2	3	2	3	3	3	2
7	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2
8	3	2	3	3	2	3	2	3	2	2
9	2	2	2	2	3	1	3	2	2	3
10	2	3	2	2	2	1	2	3	2	2

## ANEXO 8

Para poder encontrar la mejor solución al problema identificado, utilizaremos la técnica de “LOS CINCO PORQUE Y UNO COMO”, donde podremos encontrar la mejor alternativa de solución al problema.

1. **¿Por qué no se llega a la producción planeada?** Por falta de eficiencia en el proceso productivo.
2. **¿Por qué falta eficiencia en el proceso productivo?** Por constantes averías en los motores de las líneas de inyección
3. **¿Por qué tenemos constantes averías en los motores?** Porque no existen un buen plan de mantenimiento preventivo.
4. **¿Por qué no hay buen plan de mantenimiento preventivo?** Por desconocimiento del tema relacionado a las vibraciones mecánicas y el análisis vibracional en los motores
5. **¿Cómo lo resolvemos?** IMPLEMENTANDO UN BUEN SISTEMA DE ANALISIS VIBRACIONAL A LOS MOTORES.