



**Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS.**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EL  
PUENTE GRÚA DE LA NAVE NÚMERO DOS DE LA BODEGA DE  
ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO DE LA INDUSTRIA  
NOVACERO S.A PLANTA LASSO.

**Autores:**

Cruz Cajas Stefy Monserrat

Toapanta Muisin Edwin Mauricio

**Tutor:**

Ing. MSc. Christian Eugenio

Latacunga – Ecuador

Febrero – 2018



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Industrial

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo **Cruz Cajas Stefy Monserrat** y **Toapanta Muisin Edwin Mauricio** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “**Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo para el puente grúa de la nave número dos de la bodega de almacenamiento de producto terminado de la industria NOVACERO S.A planta Lasso**” siendo el Ing. MSc. Christian Eugenio tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

**Stefy Monserrat Cruz Cajas**

C.I. 055000729-8

**Edwin Mauricio Toapanta Muisin**

C.I. 050418143-9



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Industrial

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo para los puentes grúa de la nave número dos de la bodega de almacenamiento de producto terminado de la industria NOVACERO S.A planta Lasso”, de Cruz Cajas Stefy Monserrat y Edwin Mauricio Toapanta Muisin, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.**

Latacunga, febrero 2018

El Tutor

Firma

Ing. MsC. Christian Eugenio



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de **Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**; por cuanto, el o los postulantes: **Stefy Monserrat Cruz Cajas y Edwin Mauricio Toapanta Muisin** con el título de Proyecto de Investigación: **“Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo para los puentes grúa de la nave número dos de la bodega de almacenamiento de producto terminado de la industria NOVACERO S.A planta Lasso”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 7 de febrero del 2018

Para constancia firman:

**Lector 1**  
Ing. MSc. Freddy Quinehimbla  
C.I: 1719310508

**Lector 2**  
Ing. Bladimiro Hernán Navas Olmedo  
C.I: 0500695549

**Lector 3**  
Dr. Raúl Humberto Montaluisa Pulloquina MSc  
C.I: 050086607-4

Latacunga-Cotopaxi, 19 de enero del 2018

Ing. Juan Guamán

SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

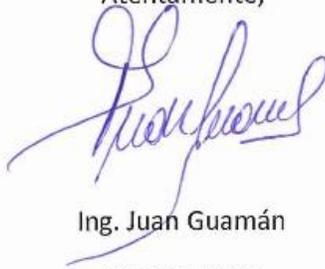
Presente.-

Notificamos que la empresa NOVACERO S.A Lasso, apoya la realización del proyecto "Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo para los puentes grúa de la nave número dos de la bodega de almacenamiento de producto terminado de la industria NOVACERO S.A planta Lasso", llevado a cabo por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Cruz Cajas Stefy Monserrat y Toapanta Muisin Edwin Mauricio, en los meses de Abril 2017 hasta Febrero 2018.

Declaramos conocer y aceptar los términos y condiciones previstas para la ejecución del Proyecto, estando conformes con todas aquellas actividades que se prevean realizar con nuestro apoyo.

Sin otro particular, saludos cordiales a la prestigiosa Universidad de Cotopaxi.

Atentamente,



Ing. Juan Guamán

0502175417

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia agradezco a Dios y mi familia especialmente a mi madre que fue apoyo indispensable para alcanzar todos mis objetivos, a cada uno de mis docentes y formadores que fueron sostén a lo largo de la carrera y por último a mi amigo y compañero de tesis que estuvo presente desde el principio de este reto que está a punto de llegar a su fin, sé que nos espera un mundo lleno de oportunidades en donde el querido nombre de nuestra Universidad será puesto en alto.

*Stefy*

## AGRADECIMIENTO

A Dios por sus bendiciones, por darme salud y bienestar lo que me permitió culminar con éxito este proyecto investigativo.

A mi madre quien a lo largo de mi vida me apoyado y motivado a salir adelante con sus buenos consejos creyendo en mí en todo momento y nunca dejo de apoyarme.

A mi compañera incondicional de proyecto con la cual nos hemos apoyado mutuamente para realizar este trabajo y juntos seguir alcanzando nuevas y mejores experiencias que la vida nos ofrece.

***Mauricio***

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este proyecto de investigación a Dios, por bendecirnos y estar a nuestro lado en todo momento.

A nuestros padres, amigos por la ayuda brindada en cada obstáculo que en nuestra vida se presenta, gracias a sus buenos consejos hemos llegado a cumplir una de nuestras metas.

A nuestro tutor de la empresa NOVACERO S.A, el Ing. Juan Guamán por su tiempo, apoyo y sobre todo su gran amistad en el desarrollo del presente proyecto y por lo que nos invade el sentimiento de agradecimiento.

***Stefy y Mauricio***

## ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
Líneas de investigación.....	2
Plan Nacional del Buen Vivir .....	2
Lineamientos de la Universidad Técnica de Cotopaxi .....	2
Lineamientos de la carrera de Ingeniería Industrial.....	2
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
5. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y ANTECEDENTES.....	4
Situación Problemática .....	4
Planteamiento del Problema .....	5
6. OBJETIVOS .....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos .....	5
7. TABLA DE ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS.....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
Definición de Mantenimiento Predictivo.....	6
Prevenir o disminuir el riesgo de fallas .....	6
Recuperar el desempeño .....	7
Seguridad, ambiente y aspectos legales .....	7
Ventajas del mantenimiento predictivo.....	7
Cronograma de mantenimiento.....	7

Pasos para la elaboración de un cronograma de mantenimiento .....	8
Análisis termográfico.....	9
Ventajas del análisis termográfico .....	9
Fallas que se pueden detectar por medio del análisis termográfico .....	9
Aplicaciones de la termografía.....	10
Dispositivos para realizar el análisis termográfico .....	10
Cámara termográfica (FLIR).....	10
Ventajas de los dispositivos para el análisis termográfico .....	11
Análisis de vibraciones .....	11
Puente Grúa.....	15
Componentes de los puentes grúa .....	15
Movimientos del puente .....	16
Elementos de Sujeción e Izado.....	18
Forma correcta de izaje de cargas .....	19
<b>9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....</b>	<b>20</b>
<b>10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>20</b>
Diseño metodológico .....	20
Metodología no experimental .....	20
Tipos de investigación .....	20
Materiales.....	20
<b>11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
Análisis Termográfico .....	24

Análisis de Vibraciones .....	39
Criterios de Severidad Medición Vertical .....	40
Criterios de Severidad Medición Horizontal.....	42
Criterios de Severidad Medición Axial.....	44
Patrones de vibraciones .....	45
Guía técnica .....	49
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS): .....	51
Impactos Técnicos .....	51
Impactos Económicos .....	51
13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	52
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	53
15. BIBLIOGRAFÍA .....	55
16. ANEXOS .....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Descripción Tabla de actividades.....	5
<b>Tabla 2.-</b> Check list de Inspección visual del puente grúa. ....	21
<b>Tabla 3.-</b> Cronograma análisis de vibraciones, termográfico y check list mes de enero.....	23
<b>Tabla 4.-</b> Comparativa de severidad de la rueda motriz del puente grúa lado sur.....	25
<b>Tabla 5.-</b> Comparativa de la rueda motriz del puente grúa lado norte .....	26
<b>Tabla 6.-</b> Comparativa de severidad de las líneas de distribución eléctrica .....	28
<b>Tabla 7.-</b> Comparativa de severidad del motor reductor del puente grúa lado norte.....	29
<b>Tabla 8.-</b> Comparativa de severidad del motor de traslación norte-sur del puente grúa .....	31
<b>Tabla 9.-</b> Comparativa de severidad del motor de elevación y descenso .....	32
<b>Tabla 10.-</b> Comparativa de severidad del motor de elevación y descenso .....	34
<b>Tabla 11.-</b> Comparativa de las líneas de conexión y motor reductor del puente grúa sur.....	35
<b>Tabla 12.-</b> Comparativa de criterios de la rueda motriz y motor reductor del puente norte....	37
<b>Tabla 13.</b> Resultados del análisis termográfico del puente grúa .....	37
<b>Tabla 14.-</b> Resultados del análisis termográfico del puente grúa a otra distancia.....	38
<b>Tabla 15.-</b> Criterios de severidad y resultado de medición vertical .....	40
<b>Tabla 16.-</b> Criterios de severidad y resultado de medición horizontal .....	42
<b>Tabla 17.-</b> Criterios de severidad y resultado de medición axial.....	44
<b>Tabla 18.-</b> Resultados del análisis de vibraciones del puente grúa.....	44
<b>Tabla 19.-</b> Resultados de los Test de evaluación de conocimientos de la capacitación .....	50
<b>Tabla 20.-</b> Presupuesto total para la elaboración del proyecto .....	52
<b>Tabla 21.-</b> Aporte económico del grupo de trabajo .....	52

## ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Ejemplo de cronograma de mantenimiento .....	8
<b>Figura 2.-</b> análisis termográfico.....	9
<b>Figura 3.-</b> cámara termográfica (FLIR) .....	10
<b>Figura 4.-</b> Sistema vibratorio de una máquina.....	12
<b>Figura 5.-</b> Dominio del tiempo .....	13
<b>Figura 6.-</b> Amplitud y Frecuencia .....	14
<b>Figura 7.-</b> Partes principales del puente grúa. ....	16
<b>Figura 8.-</b> Movimiento elevación-descenso .....	17
<b>Figura 9.-</b> Mando del puente grúa .....	17
<b>Figura 10.-</b> Gancho .....	18
<b>Figura 11.-</b> Cadenas del puente grúa .....	18
<b>Figura 12.-</b> Forma correcta de izaje.....	19
<b>Figura 13.-</b> Formas correctas de levantamiento .....	19
<b>Figura 14.-</b> Resultado termografía de la rueda motriz del puente lado sur .....	24
<b>Figura 15.-</b> Rueda motriz del puente grúa lado sur .....	24
<b>Figura 16.-</b> Rueda motriz del puente grúa lado norte .....	25
<b>Figura 17.-</b> Resultado termográfico de la rueda motriz del puente grúa del lado norte .....	26
<b>Figura 18.-</b> Resultado termográfico de las líneas de distribución eléctrica.....	27
<b>Figura 19.-</b> Líneas de distribución eléctrica .....	27
<b>Figura 20.-</b> Resultado termográfico del motor reductor del puente grúa lado norte .....	28
<b>Figura 21.-</b> Motor reductor del puente grúa lado norte .....	29
<b>Figura 22.-</b> Resultado termográfico del motor traslación norte-sur .....	30
<b>Figura 23.-</b> Motor de traslación norte-sur del puente grúa.....	30
<b>Figura 24.-</b> Resultado termográfico del motor de elevación y descenso.....	31

<b>Figura 25.-</b> Motor de elevación y descenso.....	32
<b>Figura 26.-</b> Resultado termográfico del motor de elevación y descenso en diferente ángulo.	33
<b>Figura 27.-</b> Motor de elevación y descenso.....	33
<b>Figura 28.-</b> Resultado termográfico de líneas de conexión y motor reductor del puente grúa	34
<b>Figura 29.-</b> Líneas de conexión y motor reductor del puente lado sur.....	35
<b>Figura 30.-</b> Resultado termográfico rueda motriz y motor reductor del puente norte.....	36
<b>Figura 31.-</b> Rueda motriz y motor reductor del puente lado norte.....	36
<b>Figura 32.-</b> Resultado del análisis termográfico del puente grúa.....	37
<b>Figura 33.-</b> Resultado del análisis termográfico del puente grúa a otra distancia.....	38
<b>Figura 34.-</b> Medición Vertical.....	39
<b>Figura 35.-</b> Medición Horizontal.....	41
<b>Figura 36.-</b> Medición Axial.....	43
<b>Figura 37.-</b> Resultados del análisis de vibraciones del puente grúa.....	45
<b>Figura 38.-</b> Desbalance.....	46
<b>Figura 39.-</b> Desalineación.....	46
<b>Figura 40.-</b> Soltura mecánica.....	47
<b>Figura 41.-</b> Piñones rotos (GMF: Frecuencia de engranaje).....	47
<b>Figura 42.-</b> Problemas Eléctricas (barras rotas).....	48

**Título:** Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo para los puentes grúa de la nave número dos de la bodega de almacenamiento de producto terminado de la industria NOVACERO S.A planta Lasso.

### **Resumen**

El presente proyecto de investigación consiste en la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo en la nave número dos de las bodegas de almacenamiento de producto terminado de la empresa Novacero S.A planta ubicada en Lasso provincia de Cotopaxi.

El fin de este proyecto es optimizar el proceso de despacho de producto terminado logrando que los puentes grúas de la mencionada área cumplan su jornada de trabajo sin ninguna interrupción.

Se propone la elaboración de un cronograma de mantenimiento predictivo para la ejecución de los distintos análisis correspondientes a este tipo de mantenimiento, ya que el mismo puede corroborar a verificar fallas que ocurren constantemente en los puentes grúa, con el fin de disminuir costos de mantenimiento correctivo, aprovechar la vida útil de la máquina y además evitar accidentes de trabajo para los operarios de los puentes en la citada empresa.

Se ejecutó un análisis termográfico y un análisis de vibraciones que permitieron determinar averías del puente grúa y anticiparse a fallas mecánicas que puedan interrumpir la operación del puente y se realizó una lista de chequeo para establecer los puntos críticos de las partes del puente grúa que necesitan ser examinadas periódicamente verificando su estado y si los mismos necesitan ser reparados o cambiados por repuestos nuevos con el fin de mantener la vida útil del puente grúa que permita el proceso constante de despacho a clientes.



Ing. MsC. Christian Eugeni

**TOPIC:** Elaboration of a predictive maintenance plan for the bridge cranes of ship number two of the finished product storage warehouse of the NOVACERO S.A Lasso plant.

### **ABSTRACT**

The present research project consists in the elaboration of a predictive maintenance plan in warehouse number two of the finished product storage warehouses of the Novacero S.A plant located in Lasso province of Cotopaxi.

The purpose of this project is to optimize the process of dispatching finished products, achieving that the cranes of the aforementioned area meet their workday without any interruption.

It is proposed the development of a predictive maintenance schedule for the execution of the different analyzes corresponding to this type of maintenance, since it can corroborate to verify failures that occur constantly in overhead cranes, in order to reduce corrective maintenance costs, take advantage of the useful life of the machine and also avoid work accidents for bridge operators in the aforementioned company.

A thermographic analysis and a vibration analysis were carried out to determine the breakdown of the overhead crane and anticipate mechanical failures that could interrupt the operation of the bridge and carry out a checklist to establish the critical points of the parts of the overhead crane that need be examined periodically verifying their status and if they need to be repaired or changed by new parts in order to maintain the lifespan of the overhead crane that allows the constant process of dispatch to customers.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a vertical line that curves into a loop and then extends horizontally to the right.

Ing. MsC. Christian Eugenio



## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresado de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **CRUZ CAJAS STEFY MONSERRAT y TOAPANTA MUISIN EDWIN MAURICIO**, cuyo título versa “**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EL PUENTE GRÚA DE LA NAVE NÚMERO DOS DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO DE LA INDUSTRIA NOVACERO S.A PLANTA LASSO**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga 23 de enero del 2018

Atentamente,

Lic. Nelson Guagchinga  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
C.C. 050324641-5



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### Formulario de Presentación

<b>Propuesta tecnológica</b>	
<b>Proyecto de investigación</b>	<b>X</b>

### Proyecto de Titulación I

**Tema:**

**Fecha de inicio:** abril 2017

**Fecha de finalización:** febrero 2018

**Lugar de ejecución:** Lasso-Cotopaxi

**Facultad que auspicia:** Ciencias de la Ingeniería y Aplicada (CIYA)

**Carrera que auspicia:** Ingeniera Industrial.

**Proyecto de investigación vinculado:**

Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo para los puentes grúa de la nave n°2 de la bodega de almacenamiento de producto terminado de la planta en Lasso de la empresa Novacero S.A

**Equipo de trabajo:**

Stefy Cruz

Mauricio Toapanta

**Área de Conocimiento:** AREAS UNESCO

El presente proyecto hace énfasis en:

**Área:** Ingeniería, Industria y Construcción

**Sub-área Conocimiento:** 071 Ingeniería y Profesiones Afines

**Sub-área Específica Conocimiento:** 0715 Mecánica y Metalurgia

## **Líneas de investigación**

### **Plan Nacional del Buen Vivir**

#### **Objetivo 10**

Impulsar la transformación de la Matriz Productiva

#### **Lineamiento 10.9**

Impulsar las condiciones de competitividad y productividad sistémica necesaria para viabilizar la transformación de la matriz productiva y la consolidación de estructuras más equitativas de generación y distribución de la riqueza.

#### **Literal b)**

Fomentar la inversión en logística, transporte e infraestructura y telecomunicaciones, para fortalecer la comercialización de la producción nacional, fomentar las actividades encadenadas a las industrias básicas y crear condiciones locales a nivel tecnológico y organizacional, con pertinencia cultural y ambiental, garantizando la inclusión y sostenibilidad.

### **Lineamientos de la Universidad Técnica de Cotopaxi**

#### **Lineamiento 4**

**Procesos Industriales.** - Están enfocadas a promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido, fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. Así como diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privadas, con el fin de contribuir al desarrollo socioeconómico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona (UTC, 2015)

### **Lineamientos de la carrera de Ingeniería Industrial**

#### **Lineamiento 2**

Administración y Gestión de la Producción

#### **Literal e)**

Mantenimiento y Confiabilidad de la Producción Industrial

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El presente proyecto de investigación consiste en la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo en la nave número dos de las bodegas de almacenamiento de producto terminado de la empresa Novacero S.A planta ubicada en Lasso provincia de Cotopaxi.

El fin de este proyecto es optimizar el proceso de despacho de producto terminado logrando que los puentes grúas de la mencionada área cumplan su jornada de trabajo sin ninguna interrupción.

Se propone la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo ya que con este tipo de mantenimiento se puede verificar fallas que ocurren constantemente en los puentes grúa, con el fin de disminuir costos y aprovechar la vida útil de la máquina.

## **3. JUSTIFICACIÓN**

El proyecto se realiza para lograr la máxima movilidad y operación de los puentes en el área de trabajo, permitiendo mayor precisión y confiabilidad en el proceso.

La realización de este estudio es importante porque reducirá tiempos que se utilizan para la clasificación y el conteo de producto terminado, que en la actualidad provoca un retraso en el proceso de despacho cuando los puentes dejan de funcionar, y los operarios cambian sus actividades cotidianas por la realización de un mantenimiento correctivo de los puentes grúa, además de que ponen en riesgo su vida por trabajo en altura y caídas a distinto nivel.

Con la elaboración de este tipo de mantenimiento se pretende beneficiar a la empresa, evitando pérdidas por retraso de entrega a clientes, ya que al elaborar este plan de mantenimiento predictivo se previene los daños a los puentes y se evita la carga manual del producto para su despacho.

## **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

Empresa Industrial de Soluciones de Acero NOVACERO S.A.

## 5. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y ANTECEDENTES

### **Situación Problemática**

Actualmente, la empresa Novacero se dedica a la producción de perfiles de acero laminados en caliente tales como ángulos, platinas; siendo su producto estrella las varillas de construcción antisísmica sismo-resistente.

La planta en el área de despacho cuenta con dos galpones industriales que albergan a las máquinas llamadas puentes grúa utilizadas para facilitar la carga y la descarga de producto terminado para la venta, ya que no se puede realizar manualmente debido a su peso, además estos puentes grúa ayudan a clasificar el producto terminado de acuerdo a su tipo para una mejor organización y almacenamiento para su posterior despacho a clientes.

En la industria Novacero S.A los puentes grúa en el galpón número dos del área de almacenamiento de producto terminado no necesitan un operador con cabina, si no que los mismos funcionan por un control remoto que hace que se desplace de norte a sur por medio de una rieles carrileras y el movimiento de la grúa es de derecha a izquierda, de tal forma que al funcionar de esta manera cualquier trabajador del área puede acercarse para tomar el control remoto del puente grúa, cabe recalcar que no todos los trabajadores están capacitados para conducir al puente en tal virtud ese problema hace que el puente sufra daños por la incorrecta operación de este.

Otra problemática es no realizar un mantenimiento periódico frecuente de los mismos, no medir la carga, izaje de cargas de forma inadecuada y rieles descarriladas que tienen como consecuencia el paro de estos puentes impidiendo que los mismos no puedan trabajar completamente la jornada de trabajo, y a la vez, que se clasifique el producto terminado para su posterior despacho, creando como consecuencia el retraso de entrega de producto a los clientes lo que conlleva formar grandes colas de espera y pérdidas para la empresa.

Se han elaborado y ejecutado estudios de planes de mantenimiento correctivo de los puentes en etapas anteriores, los mismos que no han sido suficientes para evitar el paro imprevisto de los puentes creando por ende al paro del proceso de despacho y entrega de producto terminado a los clientes por un tiempo determinado.

## Planteamiento del Problema

¿Es posible optimizar el proceso de despacho evitando el paro de los puentes grúa en la nave número dos de la bodega de almacenamiento de producto terminado en la industria Novacero S.A.

## 6. OBJETIVOS

### Objetivo General.

Elaborar un plan de mantenimiento predictivo para los puentes grúa de la nave número dos de las bodegas de despacho de producto terminado para evitar el paro de los mismos en la industria Novacero S.A.

### Objetivos Específicos

- Constatar el historial de mantenimiento de los rodamientos de los puentes grúa.
- Elaboración de un cronograma anual de mantenimiento predictivo.
- Realizar los análisis termográfico y de vibraciones de acuerdo al cronograma planificado y diagnosticar los resultados.
- Capacitar a los operarios de los puentes acerca del izaje y medición de cargas.

## 7. TABLA DE ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS

Tabla 1.- Descripción Tabla de actividades

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MÉTODOS
1. Constatar el historial de mantenimiento de los rodamientos y las rieles de los puentes grúa.	Elaborar una lista de chequeo para revisar todos los parámetros de inspecciones de rodamientos de las ruedas y los rieles del puente grúa.	Check list para inspección de rodamientos y rieles del puente grúa.	Manual de Instrucciones grúa puente
	Capacitar al personal competente sobre el llenado de los diferentes parámetros en la lista de chequeo.	Personal informado sobre el llenado del check list	Capacitación
	Recolección de información con los datos llenados del check list en el transcurso de la ejecución del cronograma de mantenimiento	Registro e interpretación de datos del check list	Diagnóstico de resultados
2. Elaboración de un cronograma	Determinación de fechas para la realización de los análisis de mantenimiento predictivo en el área de despacho.	Fechas anuales clave para la realización de todos los análisis de mantenimiento predictivo.	Protocolo de mantenimiento

<b>anual de mantenimiento predictivo</b>	Construcción de un cronograma de mantenimiento predictivo con fecha y tipo de análisis a realizar y el personal competente para la ejecución.	Cronograma de mantenimiento predictivo del 2018	Protocolo de mantenimiento
	Verificación por el profesional certificado de la ejecución del cronograma de mantenimiento predictivo mediante formatos firmados por el personal competente.	Formatos firmados por el personal siempre que se ejecute los análisis	Hojas de registro
<b>3. Revisar los análisis termográfico y de vibraciones de acuerdo al cronograma planificado y diagnosticar los resultados.</b>	Escoger al personal idóneo capacitado que ejecute los análisis cada cierto periodo de tiempo establecido.	Técnicos calificados que realizarán los análisis de termografía y ultrasonido seleccionado.	Selección de personal por jefe inmediato
	Realizar los análisis con los dispositivos competentes.	Análisis realizados de acuerdo al cronograma de mantenimiento.	
	Análisis e interpretación de datos.	Recolección de resultados y análisis de los mismos.	Tabla de charlotte, Plantilla de vibraciones Novacero
<b>4. Capacitar a los operarios de los puentes grúa</b>	Elaborar una guía técnica que contenga métodos de trabajo de cómo realizar izaje de cargas, medición de cargas y la carga máxima que pueden levantar las grúas.	Tríptico	
	Entregar la guía técnica a los operadores del área de despacho.	Guía técnica entregada	Hoja de registro
	Realizar evaluaciones de conocimientos a los trabajadores acerca de lo aprendido en la guía técnica.	Operarios de los puentes capacitados	Test

Fuente: Grupo de investigadores

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### Definición de Mantenimiento Predictivo

Es asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas de manera sencilla, conjunto de trabajos necesarios para asegurar el buen funcionamiento de las instalaciones y permiten prever fallas, revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las maquinas, a sus usuarios, construyendo a los beneficios de una empresa (Garcia, 2009).

#### ¿Por qué realizar el mantenimiento?

Las razones por las que se quiere realizar un plan de mantenimiento predictivo, se puede clasificar en las siguientes categorías:

#### Prevenir o disminuir el riesgo de fallas

Según (Garrido S. G., 2010) buscar minimizar la frecuencia de fallas y disminuir sus consecuencias. Esta es una de las visiones más básicas de realizar un mantenimiento (p.56).

### **Recuperar el desempeño**

Según (Lefcovich, 2009) con el uso de las maquinas el desempeño se puede deteriorar por dos factores principales que es la pérdida de capacidad de producción y el aumento de costos de operación (p.74).

### **Seguridad, ambiente y aspectos legales**

Según (Garrido, 2010) algunas de las tareas de mantenimiento están dirigidas a disminuir ciertos problemas que puedan acarrear, responsabilidades relativas a medio ambiente y seguridad, este valor de dichas tareas es difícil de evaluar (p.147).

### **Ventajas del mantenimiento predictivo.**

- Disminuye costo de mantenimiento.
- Aprovecha la vida útil de la maquina completa.
- Se fundamenta en el monitoreo de condiciones.

### **Cronograma de mantenimiento**

Para elaborar un cronograma de mantenimiento es indispensable conocer el manual o las instrucciones de fábrica del equipo del que se vaya a realizar el mantenimiento. Dependiendo del tipo de mantenimiento que se realice en este caso mantenimiento predictivo se necesita un protocolo de mantenimiento que no es más que una serie de actividades con independencia de quien sea el fabricante para la ejecución del plan de mantenimiento en base al cronograma correspondiente. (Aguilar, 2010)

Para realizar un correcto plan de mantenimiento predictivo se debe plantear la realización en dos fases:

- Realizar un plan inicial basado en instrucciones de los fabricantes o instrucciones genéricas del equipo completados siempre por la experiencia de los técnicos que trabajan en la planta y las obligaciones legales de mantenimiento que vienen en algunas instalaciones.
- Una vez ya elaborado el plan de mantenimiento y el mismo en funcionamiento se debe acostumbrar a los técnicos y a todo el personal involucrado a revisar los equipos periódicamente, realizar un plan más avanzado basado en análisis de fallos de cada uno

de los sistemas que componen el equipo, este análisis no solo permitirá realizar un plan de mantenimiento más completo si no también proponer mejoras que eviten esos fallos, e incluso seleccionar el repuesto necesario. (Aponte, 2011)

Para elaborar un cronograma de mantenimiento predictivo de los puentes grúas es necesario conocer los equipos críticos de este, es decir las partes y componentes de los puentes que más causan problemas y por ende deben analizarse frecuentemente con análisis de vibraciones y termografía entre otros. Los equipos críticos se determinan a través de los antecedentes de fallos, estableciendo un control más periódico de estos (Chusin, 2008)

### Pasos para la elaboración de un cronograma de mantenimiento:

- 1.- Detectar los requerimientos en base a las recomendaciones del fabricante, programas del proceso de almacenamiento y despacho, políticas y procedimientos establecidos.
- 2.- Elaborar un protocolo de mantenimiento o listado a actividades a ejecutar en base a las exigencias del equipo.
- 3.- Realizar una plantilla con las actividades antes mencionadas y fechas de la ejecución tomando en cuenta la periodicidad en que se deben realizar por cada análisis enfatizando los equipos críticos.

Actividades	Semanas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
		X		X			X	
	X				X			X
<b>ANÁLISIS</b>		X		X	X			
<b>DE</b>			X		X		X	
<b>VIBRACIONES</b>			X					
	X			X		X		X
	X			X				
	X	X	X	X	X	X	X	X
	X	X	X	X	X	X	X	X

**Figura 1.-** Ejemplo de cronograma de mantenimiento

Fuente: (Chusin, 2008, p.78)

## Análisis termográfico

Es una técnica que permite medir las temperaturas exactas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Mediante una captación de radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termográficas o de termovisión, se puede convertir la energía radiada en una información de temperatura. (Pérez & Hernández, 2012)



**Figura 2.-** análisis termográfico  
**Fuente:** (Pérez y Hernández, 2012, p.45)

## Ventajas del análisis termográfico

- Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.
- Mediante el análisis se ahorra gastos.
- Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de fallos.
- Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
- Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.
- Protección contra los inconvenientes producidos por el fallo inesperado de algún elemento, al detectarlo antes de que se produzca (Salazar y López, 2012).

## Fallas que se pueden detectar por medio del análisis termográfico

Según (Balageas, 2007) las averías que se pueden detectar con análisis termográfico son:

- Problemas de lubricación
- Errores de alineación
- Ejes de motor recalentado
- Rodamientos calientes

## **Aplicaciones de la termografía.**

### **Detección de conexiones eléctricas sueltas o con corrosión**

Cuando una conexión esta suelta o tiene algún tipo de corrosión, su resistencia aumenta y dado que aumenta la resistencia también aumenta la caída de tensión y se genera un aumento de calor, podemos detectar un fallo antes de que se produzca una avería utilizando una cámara termográfica. Con el uso de la termografía podemos detectar y solucionar los deterioros en conexión de los sistemas eléctricos que se hayan aflojado, apretado en exceso o con corrosión mediante la comparación de temperaturas (Ríos, 2011).

### **Detección de desequilibrios y sobrecargas eléctricas.**

El desequilibrio se puede deber a un problema de alimentación, baja alimentación en una fase o ruptura de la resistencia del aislamiento de las bobinas de un motor, para detectar estas sobrecargas, en el caso que se produzca un desequilibrio en la carga, las fases con la mayor carga tendrán mayores temperaturas debido al exceso de calor generado (Marins, 2015).

### **Inspección de motores eléctricos**

Según (Testo, 2008) las imágenes térmicas de los motores muestran el funcionamiento a través de la temperatura, esto se realiza cuando los motores estuvieran trabajando bajo condiciones normales de funcionamiento (p. 43).

## **Dispositivos para realizar el análisis termográfico**

### **Cámara termográfica (FLIR)**

Según el catálogo (FLIR, 2012) este un dispositivo que mide el patrón térmico del cuerpo al que se apunta, en el espectro de la longitud de onda infrarroja y sin entrar en contacto con ese equipo, este aparato registra la radiación del objeto y la convierte en una imagen visible (p.12).



**Figura 3.- cámara termográfica (FLIR)**  
Fuente: Grupo de investigadores

### **Ventajas de los dispositivos para el análisis termográfico**

- Son fáciles de usar como una videocámara o cámara digital
- Permiten ahorrar valioso tiempo y dinero
- Ayudan a encontrar fallos antes de que se produzcan problemas reales
- Indican exactamente que se necesita corregir
- Miden temperatura
- Permiten llevar a cabo inspecciones mientras la máquina está operando

### **Análisis de vibraciones**

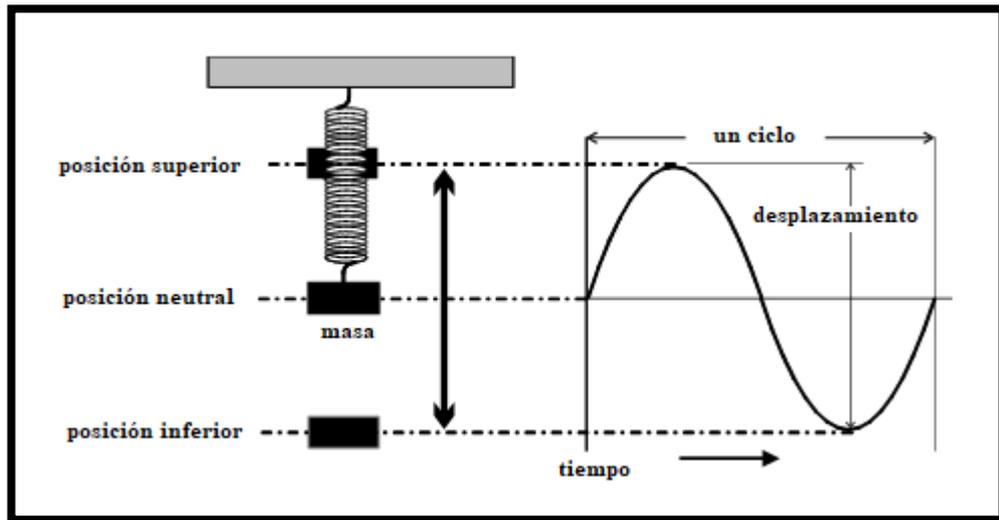
#### **Vibraciones**

#### **Definición y características**

Para empezar, se puede dar una definición y características de la vibración. La vibración es el movimiento de vaivén de una máquina o elemento de ella en cualquier dirección del espacio desde su posición de equilibrio. Generalmente, la causa de la vibración reside en problemas mecánicos como son: desequilibrio de elementos rotativos; desalineación en acoplamientos; engranajes desgastados o dañados; rodamientos deteriorados; fuerzas aerodinámicas o hidráulicas, y problemas eléctricos (González, 2008).

Según (Torres, 2012) el análisis de vibraciones es una técnica de mantenimiento predictivo que permite hallar las causas de posibles fallos anticipándose a la avería (p.14).

Las vibraciones de máquinas se producen por el movimiento oscilante de los componentes mecánicos (alrededor de su punto neutro), y como resultado de la reacción a fuerzas internas o externas. En el ejemplo inferior, el conjunto masa resorte, actúa como el sistema vibratorio de una máquina. En un ciclo de movimiento, la masa oscilante sube y baja, pasando por su posición de reposo.



**Figura 4.-**Sistema vibratorio de una máquina  
**Fuente:** (Torres, 2012, p.14)

Observando la oscilación como una función del tiempo, la posición de un punto genera una onda senoidal. El punto de inicio (cuando la masa está en reposo) es el punto 0. Un ciclo completo de la masa muestra un desplazamiento positivo y otro negativo respecto de la referencia 0.

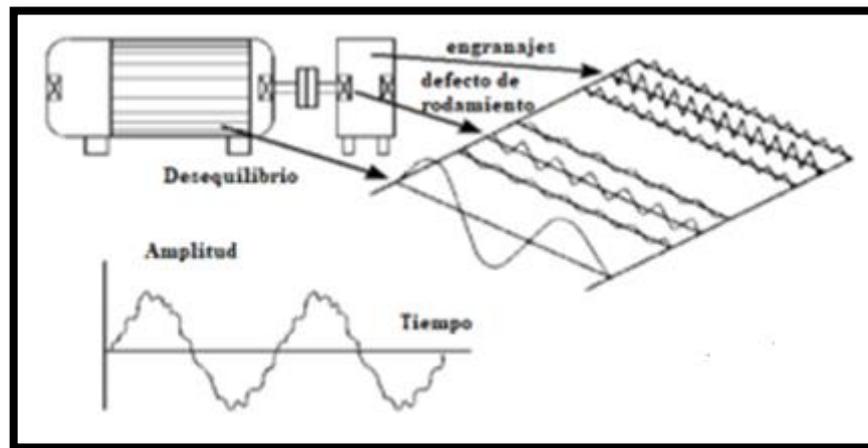
El desplazamiento es el cambio de distancia o posición de un objeto, relativo a su referencia. La magnitud del desplazamiento es denominada “amplitud”. Cuanto mayor amplitud posee la señal vibratoria, ésta es más severa (González, 2008).

### **Detección**

Según (González, 2008) la vibración se mide de los componentes de la máquina o de la estructura, comparándose luego el nivel de vibración con su valor normal. Esto indica el estado actual de la máquina y su evolución en el tiempo. Si el nivel de vibraciones aumenta, normalmente, hay avería (p.63).

### **Análisis**

Cada problema mecánico o defecto genera vibraciones en forma particular. Se usa herramientas de análisis para investigar el tipo de vibración, y de esta manera identificar el defecto y su causa raíz. Corrigiendo ésta se evitará que el problema se repita.



**Figura 5.-** Dominio del tiempo  
**Fuente:** (González, 2008, p.63)

Cada componente de un tren de máquinas, generará sus señales vibratorias específicas. Por ejemplo, consideremos el defecto en una pista de rodamientos. El defecto es impactado por las bolillas del rodamiento, varias veces por cada rotación del eje. Los impactos múltiples en el defecto del rodamiento por revolución del eje, causarán una señal impulsiva en frecuencia, que será significativamente mayor que la velocidad del eje. Cada componente de un tren de máquinas, generará sus señales vibratorias específicas. Por ejemplo, consideremos el defecto en una pista de rodamientos.

El defecto es impactado por las bolillas del rodamiento, varias veces por cada rotación del eje. Los impactos múltiples en el defecto del rodamiento por revolución del eje, causarán una señal impulsiva en frecuencia, que será significativamente mayor que la velocidad del eje (Gómez, 2008)

Otro tipo de frecuencias (bajas), son generadas por desalineaciones y desbalanceo. Estas señales poseen una frecuencia similar a la de rotación del eje y sus armónicas (2X, 3X), y además tienen mucha mayor amplitud que aquellas causadas por rodamientos o engranajes.

### **Valor Global**

La medición del valor global, es la principal función de los instrumentos manuales y sencillos. El valor global de la amplitud vibratoria, es la energía total medida en un rango específico de frecuencias. Medido numéricamente, un valor mayor que lo normal provee una rápida indicación que algo de la máquina anda mal.

El rango de frecuencias para el cual la medición global se realiza, es determinado por el equipo de monitoreo. Algunos instrumentos tienen sus frecuencias predefinidas en un rango. En otros, el usuario puede seleccionar el rango de frecuencia deseado.

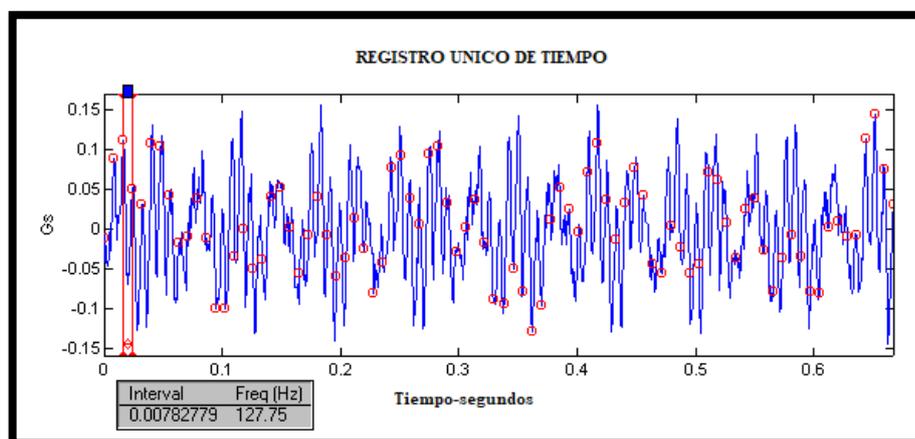
Cuando se comparan valores globales, es importante que ambos sean obtenidos del mismo rango de frecuencias.

Según (Olarte, 2010) muchos instrumentos portátiles de banda fija, miden velocidad en la banda de 10 a 1000 Hz, debido a que esto es considerado el mejor rango para juzgar los problemas rotacionales y estructurales, tales como desbalanceo, desalineación, flojedad y deformaciones aplicadas a componentes, que son las causas más comunes de excesivas vibraciones (p.59).

Instrumentos más avanzados, monitorean en distintas bandas de frecuencias y proveen múltiples parámetros de mediciones globales. Por ejemplo, el VIB PEN de SKF mide velocidad entre 10 Hz y 1 kHz. Aceleración entre 10 kHz a 30 kHz. Estas mediciones permiten enfocar el problema entre bajas frecuencias rotacionales y/o estructurales, o de altas frecuencias provenientes de rodamientos o engranajes.

(Contreras, 2008) en resumen, el monitoreo de vibraciones globales es una buena herramienta para la detección de señales vibratorias en el rango de frecuencia prefijado. Sin embargo, algunas máquinas, como por ejemplo los cojinetes de las máquinas papeleras, que son equipos de bajas frecuencias fuertemente cargados, requieren información adicional para un monitoreo adecuado (p.45).

Si la medición del valor global aumenta, debe realizarse un monitoreo y análisis más extenso, a fin de diagnosticar la causa del incremento de la vibración, y determinar así la mejor oportunidad para tomar acciones correctivas.



**Figura 6.-** Amplitud y Frecuencia  
Fuente: (Contreras, 2008, p. 45)

Cuando se analizan las vibraciones, hay dos componentes de la señal que deben ser observados en primera instancia: su amplitud y su frecuencia.

**La amplitud es la magnitud de la señal vibratoria, e indica la severidad de la falla.** Cuando aumenta ésta, mayor es el problema.

La amplitud depende del tipo de máquina y debe referenciarse siempre con el nivel “BUENO”, correspondiente a la máquina nueva.

**La frecuencia es el número de veces que se repite el ciclo en un período de tiempo determinado**

Conociendo la frecuencia, tendremos un cuadro más claro sobre la fuente de la vibración.

Nota: Es importante reiterar “causa y efecto”. Por ejemplo, si detectamos una vibración correspondiente a una avería en la pista externa del rodamiento, el defecto en el mismo probablemente exista. Sin embargo, muchas veces el rodamiento no es la fuente del problema. Usualmente otro problema de la máquina causa el defecto. Cuando cambiamos un rodamiento debemos controlar automáticamente si hay otros defectos, tales como desbalanceo o desalineación, y reprogramar su corrección junto con el cambio del rodamiento.

### **Puente Grúa**

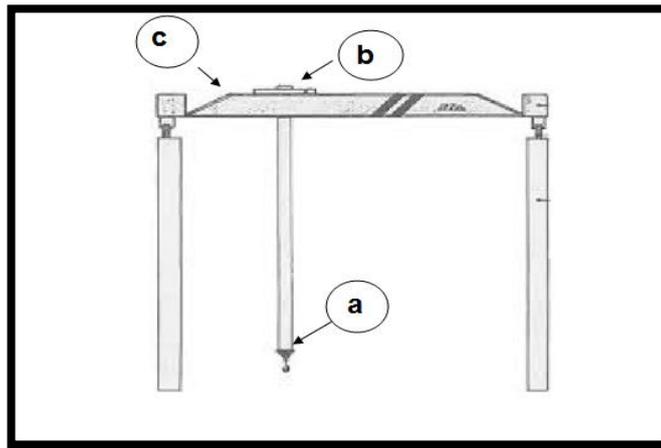
Equipo de elevación y transporte de materiales y cargas generalmente en procesos de almacenamiento o cursos de fabricación que no se pueden realizar manualmente debido a su peso, constan de dos vigas móviles sobre carriles, apoyadas en columnas, a lo largo de dos paredes opuestas de un inmueble de superficie rectangular (Miravete, 2010).

### **Componentes de los puentes grúa**

La máquina está compuesta generalmente por una estructura rematada en dos testeros automotores sincronizados dotados de ruedas con doble pestaña para su encarrilamiento.

#### **Partes del puente:**

- a) **Elemento de elevación.** – Polipasto eléctrico a cable cadena.
- b) **Carro.** – Permite desplazar el elemento de elevación
- c) **Puente.** – Sostiene y facilita el desplazamiento del carro y del elemento de elevación, se compone de vigas y testeros.



**Figura 7.-** Partes principales del puente grúa.  
**Fuente:** (Miravete, 2010, p. 31)

Otra clasificación que se puede establecer es el tipo de movimiento de traslación de cargas, basado en tres movimientos principales:

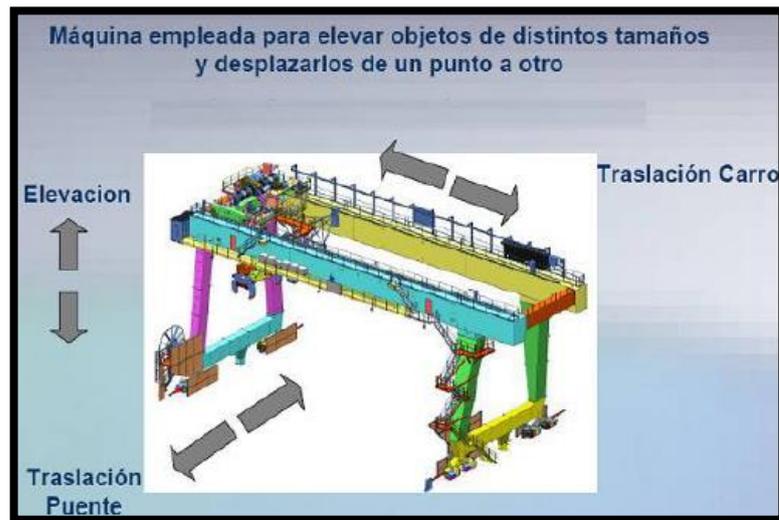
### **Movimientos del puente**

**Movimientos de traslación del puente.** – En dirección longitudinal a lo largo de la nave, se realiza por medio un motor que arrastra los rodillos por medio de semiárboles de transmisión.

Los puentes disponen de unos finales de carrera, que tienen como fin detectar mediante células fotoeléctricas la proximidad de un puente a otro, para que se produzca su parada inmediata. A su vez cuando dos puentes grúa coincidan en su movimiento con dirección del uno al otro en la misma estructura deberán tener células de detección de proximidad que producirán un paro en ambos puentes para evitar el choque de ambos (González, 2008).

**Movimiento de traslación del carro.** – Traslado de carro a lo largo del puente para su recorrido transversal a lo ancho de la nave.

**Movimientos de orientación del carro elevación-descenso.** – La carga es subida o bajada por efecto del motor que sujeta el gancho con la ayuda de un cable principal y unas cadenas denominadas eslingas que sujetan las cargas a desplazar.



**Figura 8.-** Movimiento elevación-descenso  
Fuente: (Díez, 2015, p. 19)

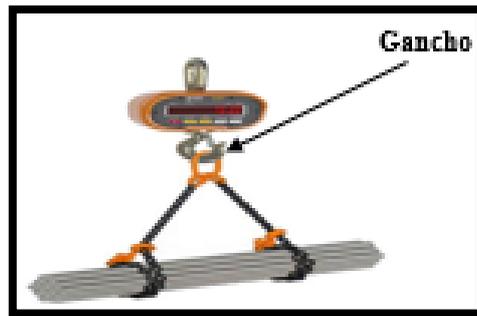
Todos estos movimientos tanto del puente como del carro y de la grúa son ejecutados con un radio de mando capaz de controlar todos los movimientos del puente grúa, se lo utiliza cuando el lugar de operación es inaccesible, y cuando se manejan cargas muy elevadas que pueden causar accidentes, en el área de despacho solo existe este tipo de sistema de mando con radio control (Díez, 2015).



**Figura 9.-** Mando del puente grúa  
Fuente: Grupo de investigadores

### Elementos de Sujeción e Izado

**Gancho.** - Son de acero o hierro forjado y estar equipados con pestillos u otros dispositivos de seguridad para evitar que las cargas puedan desprenderse tras el paso de la gaza o guardacabos. Indica en el frontal del mismo gancho indicado con números legibles la carga máxima admisible (González, 2008).



**Figura 10.-** Gancho  
Fuente: (González, 2008, p. 36)

Según (Moises, 2010) la inspección de un gancho debe contemplar la medición de la distancia entre el vástago y el punto más cercano del extremo abierto, si la distancia medida supera en un 15 % la normal, el gancho se debe reemplazar (p. 36),

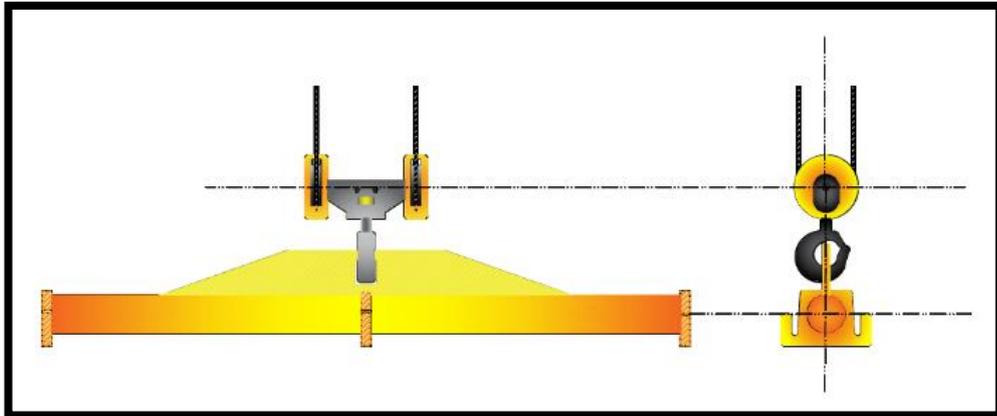
**Cadenas.** - Son de hierro o acero forjado o soldado con un factor de seguridad de 5 sobre la carga nominal máxima. Los anillos, ganchos o eslabones de los extremos son del mismo material que las cadenas a las que van fijadas.



**Figura 11.-** Cadenas del puente grúa  
FUENTE: (Moisés, 2010, p.37)

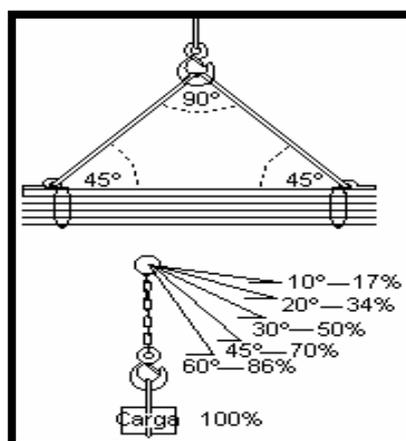
### Forma correcta de izaje de cargas

- La carga debe apoyarse en la zona más ancha del gancho o en la mitad de la pluma, nunca por su extremo.



**Figura 12.-** Forma correcta de izaje  
Fuente: Grupo de investigadores

- Las cadenas deben mantenerse libre de nudos, torceduras y enrollarse en tambores, ejes o poleas provistas de ranuras que permitan su enrollado.
- Se debe respetar la carga máxima marcada en las vigas del puente, en este caso (4 toneladas).
- Inspeccionar diariamente las cadenas y el gancho: grietas, eslabones doblados, cortes o estrías transversales, picaduras de corrosión o alargamientos.
- El izaje de cargas no debe ser inferior a  $45^\circ$ , pues disminuye rápidamente la carga de trabajo.



**Figura 13.-** Formas correctas de levantamiento  
Fuente: (Moisés, 2010, p.42)

## **9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS**

La elaboración de un plan de mantenimiento predictivo para los puentes grúa en las bodegas de almacenamiento de producto terminado nos permitirá mantener la vida útil de estos equipos de elevación de cargas, a más de optimizar el proceso de despacho y en tal virtud evitar accidentes de los operarios.

## **10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **Diseño metodológico**

La investigación se realizó a través de un método de ensayo que nos permite obtener y analizar los resultados otorgados por los dispositivos obtenidos del mantenimiento predictivo.

### **Metodología no experimental**

Se empleó este método no experimental al no manipular deliberadamente las variables.

La investigación no experimental es la búsqueda empírica y sistemática en la que no se posee control directo de las variables independientes, debido a que sus manifestaciones ya han ocurrido o a que son inherentes no manipulables.

Se empleó el método de investigación no experimental recolecta de datos ya existentes.

### **Tipos de investigación**

La investigación es descriptiva y bibliográfica, al momento de determinar la situación actual del área de despacho, donde se estima y se valora los usos de los puentes grúa afectando la productividad y pérdida de dinero que puede tener la industria, aquí se plantea el objeto de estudio y la realidad con el fin de elaborar un plan de mantenimiento predictivo.

### **Materiales**

#### **De oficina:**

- Impresora.
- Resma de hojas.
- Internet (horas)
- Computadora (horas)
- Esferográficos.
- Lápiz.
- Copias.
- Memoria flash

### Instrumentos de medición de la industria para análisis:

- Cámara termográfica FLIR 450SC
- SKP Microlog Analyzer

## 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

**Objetivo 1.** Constatar el historial de mantenimiento de los rodamientos de los puentes grúa

### Check list

Tabla 2.- Check list de Inspección visual del puente grúa.

 <b>Lista de Chequeo del Puente Grúa nave número dos</b> <b>de Almacenamiento de producto terminado</b>						
<b>FECHA:</b> 8 de enero, 2018		<b>N. SERIE: 001</b>				
<b>RESPONSABLE:</b> Ángel Espín						
N	ASPECTOS A EVALUAR INSPECCIÓN VISUAL	B	R	M	N/A	NC
1	Estado de los rodamientos	X				
2	Rueda motriz del puente lado norte		X			
3	Rueda motriz del puente lado sur		X			
4	Rueda inducida del puente lado norte	X				
5	Rueda inducida del puente lado sur	X				
6	Topes del cabezal	X				
7	Cabezal	X				
8	Motor reductor del puente lado norte	X				
9	Motor reductor del puente lado sur	X				
10	Motor de traslación de norte-sur del carro	X				
11	Motor de elevación y descenso		X			
12	Carro	X				
13	Cable plano del carro		X			
14	Rieles del puente	X				
15	Gancho	X				
16	Cadenas de levantamiento	X				
17	Viga del puente	X				
18	Radio Control		X			
19	Polipasto	X				
OBSERVACIONES:						

<b>CÓDIGOS</b>	
Bueno	B
Regular	R
Malo	M
No Aplica	N/A
Necesita cambio	NC

**Fuente:** Grupo de investigadores

- **Lista de Chequeo o Check List**

Se entiende por lista de chequeo a un formato con literales con el fin de verificar el cumplimiento de los mismos con un fin determinado.

El uso de esta herramienta es muy eficiente en la industria no solo porque ayuda a verificar en este caso el estado de las partes del puente grúa, sino que ayuda a medir la confiabilidad en el proceso, determinar el potencial y encontrar las debilidades en el sistema.

Mediante el uso de la lista de chequeo permitió conocer los problemas de fallas a las que puede estar expuesto el puente y el cumplimiento del proceso de despacho en el área de almacenamiento de producto terminado.

**Resultados:**

Se logró determinar que las partes del puente grúa como: rueda motriz del puente lado norte, rueda motriz del puente lado sur, motor de elevación y descenso, cable plano y radio control se encuentran en estado regular por el deterioro causado a lo largo del tiempo por su funcionamiento, en tal virtud se realizó el mantenimiento pertinente de las partes mencionadas y se debe inspeccionar frecuentemente estas partes del puente grúa hasta que cumplan su vida útil y sean reemplazados por repuestos nuevos.

En el cronograma del mantenimiento predictivo del puente grúa consta la ejecución de la lista de chequeo cada fin de mes inspeccionando todas las partes visibles del puente grúa para verificar su estado enfocándose en los puntos críticos mencionados anteriormente, cabe recalcar que la ejecución del check list se realiza por los mismos operadores del puente grúa quienes analizan mecánicamente el funcionamiento del puente grúa del área involucrada en el proyecto de investigación.

**Objetivo 2.** Elaboración de un Cronograma mensual de mantenimiento predictivo

**Tabla 3.-** Cronograma análisis de vibraciones, termográfico y check list mes de enero



Puente Grúa Nave 2 Despachos <b>TERMOGRAFÍA</b> color amarillo <span style="color: blue;">■</span>		Puente Grúa Nave 2 Despachos <b>VIBRACIONES</b> color azul <span style="color: yellow;">■</span>		Check List <span style="color: green;">■</span>	ÁREA, ZONA O SITIO: NAVE DOS DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO																															
					REALIZADO POR: STEFY CRUZ															MAURICIO TOAPANTA																
Denominación	Días a realizar el análisis	Denominación	Días a realizar el análisis	Días a realizar el análisis	Enero																															
					L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
<b>Lado Norte</b>		<b>MEDICIÓN HORIZONTAL, VERTICAL Y AXIAL</b>		30																																
Motor reductor del puente lado norte	20	<b>Lado Norte</b>		30																																
Rueda Motriz del puente lado norte	20	Motor reductor del puente lado norte	14	30																																
<b>Lado Sur</b>		<b>Lado Sur</b>		30																																
Motor reductor del puente lado sur	20	Motor reductor del puente lado sur	14	30																																
Rueda Motriz del puente lado sur	20	<b>Carro</b>		30																																
<b>Líneas de Conexión del Puente Grúa</b>		Motor del traslación de norte-sur del carro	14	30																																
Línea 1	20			30																																
Línea 2	20	Motor de elevación y descenso	14	30																																
Línea 3	20			30																																
<b>Carro</b>				30																																
Motor de traslación norte-sur	20			30																																
Motor de elevación y descenso	10			30																																

Fuente: Grupo de Investigadores

Las tablas del cronograma mensual desde el mes de febrero hasta el mes de diciembre del año 2018 se encuentran ubicados en el **ANEXO A1**.

**Objetivo 4.** Revisar los análisis termográfico y de vibraciones de acuerdo al cronograma planificado y diagnosticar los resultados

**Resultados:**

**Análisis Termográfico**

Puente Grúa 10 Toneladas

Software FLIR Tools



Medidas		°C
Bx1	Max	24,5
Bx2	Max	20,6
Dt1		4,0
Bx1.Max - Bx2.Max		
Dt2		4,0
Bx1.Max - Bx2.Max		
Parámetros		
Emisividad		0.95
Temp. refl.		23 °C
Geolocalización		
Brújula		29° NE

**Figura 14.-** Resultado termografía de la rueda motriz del puente lado sur

**Fuente:** Software FLIR Tools



**a)**



**b)**

**Figura 15.-** Rueda motriz del puente grúa lado sur

**a)** Imagen Termográfica, **b)** Imagen normal

**Tabla 4.-** Comparativa de severidad de la rueda motriz del puente grúa lado sur

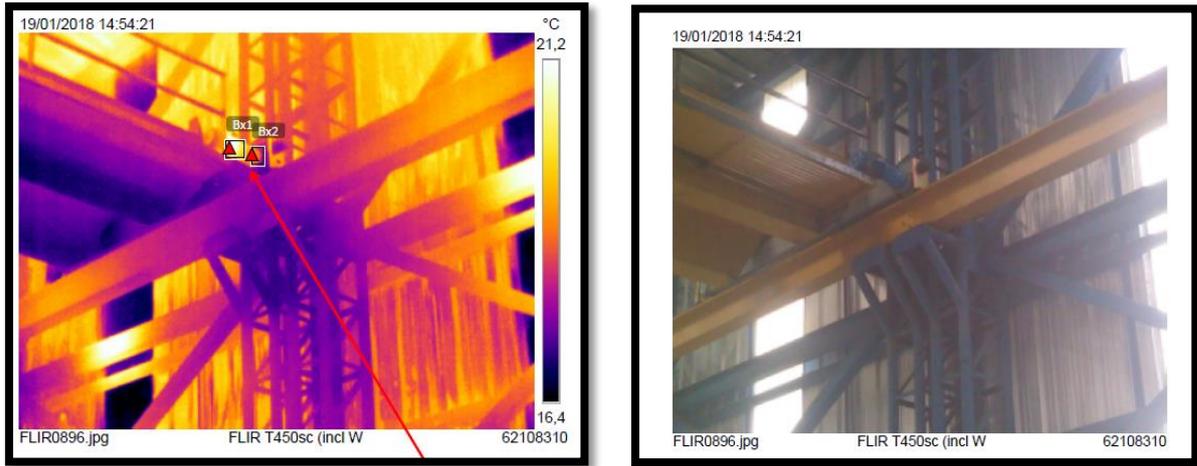
severidad	Ref.	NETA (C°)	US NAVY (C°)	NMAC (C°)	Nuclear (C°)	CES (C°)
BAJA	$\Delta t_{ref}$	1 - 3	10 - 24	0.5 - 8	5 - 15	14 - 20
	$\Delta t_{amb}$	1 - 10				
MEDIA	$\Delta t_{ref}$	4 - 15	25 - 39	9 - 28	16 - 35	21 - 60
	$\Delta t_{amb}$	11 - 20				
ALTA	$\Delta t_{ref}$	NA	40 - 59	29 - 56	36 - 75	
	$\Delta t_{amb}$	21 - 40				
CRÍTICA	$\Delta t_{ref}$	> 15	> 70	> 56	> 75	> 61
	$\Delta t_{amb}$	> 40				

Fuente. - Norma NMAC

Medidas		°C
Bx1	Max	22,1
Bx2	Max	19,3
Dt1		22,1
Bx1.Max - Temp. ref.		
Parámetros		
Emisividad		0.95
Temp. refl.		23 °C
Geolocalización		
Brújula		81° E
Nota		
		puente grua motor

**Figura 16.-** Rueda motriz del puente grúa lado norte

Fuente: Software FLIR Tools



a)

b)

**Figura 17.-** Resultado termográfico de la rueda motriz del puente grúa del lado norte

a) Imagen Termográfica, b) imagen normal

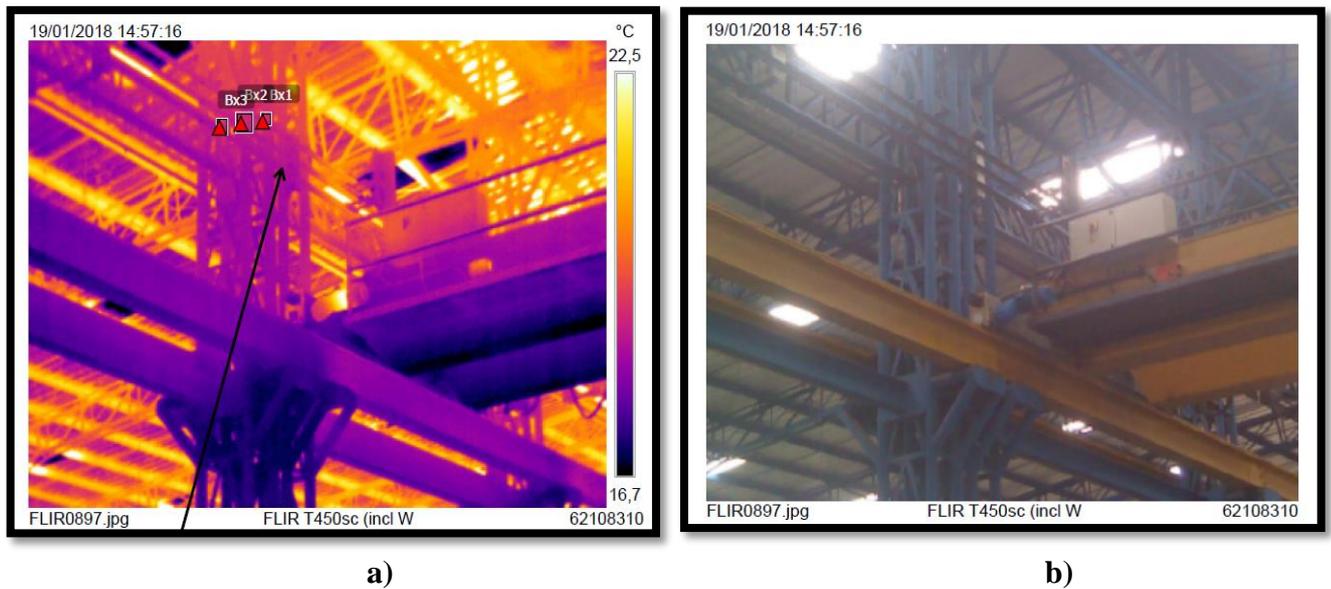
**Tabla 5.-** Comparativa de la rueda motriz del puente grúa lado norte

Severidad	Ref.	NETA (C°)	US NAVY (C°)	NMAC (C°)	Nuclear (C°)	CES (C°)
BAJA	$\Delta t_{ref}$	1 – 3	10 - 24	0.5 – 8	5 - 15	14 – 20
	$\Delta t_{amb}$	1 – 10				
MEDIA	$\Delta t_{ref}$	4 – 15	25 – 39	9 – 28	16 – 35	21 – 60
	$\Delta t_{amb}$	11 – 20				
ALTA	$\Delta t_{ref}$	NA	40 – 59	29 – 56	36 – 75	
	$\Delta t_{amb}$	21 – 40				
CRÍTICA	$\Delta t_{ref}$	> 15	> 70	> 56	> 75	> 61
	$\Delta t_{amb}$	> 40				

Fuente. - Norma NMAC

Medidas		
Bx1	Max	19,1 °C
Bx2	Max	19,1 °C
Bx3	Max	19,8 °C
Parámetros		
Emisividad		0.95
Temp. refl.		23 °C
Geolocalización		
Brújula		234° SO
Nota		
Lineas de Conexion Puente Grúa		

**Figura 18.-** Resultado termográfico de las líneas de distribución eléctrica  
**Fuente:** Software FLIR Tools



**Figura 19.-** Líneas de distribución eléctrica  
**a)** Imagen Termográfica, **b)** Imagen normal

**Tabla 6.-** Comparativa de severidad de las líneas de distribución eléctrica

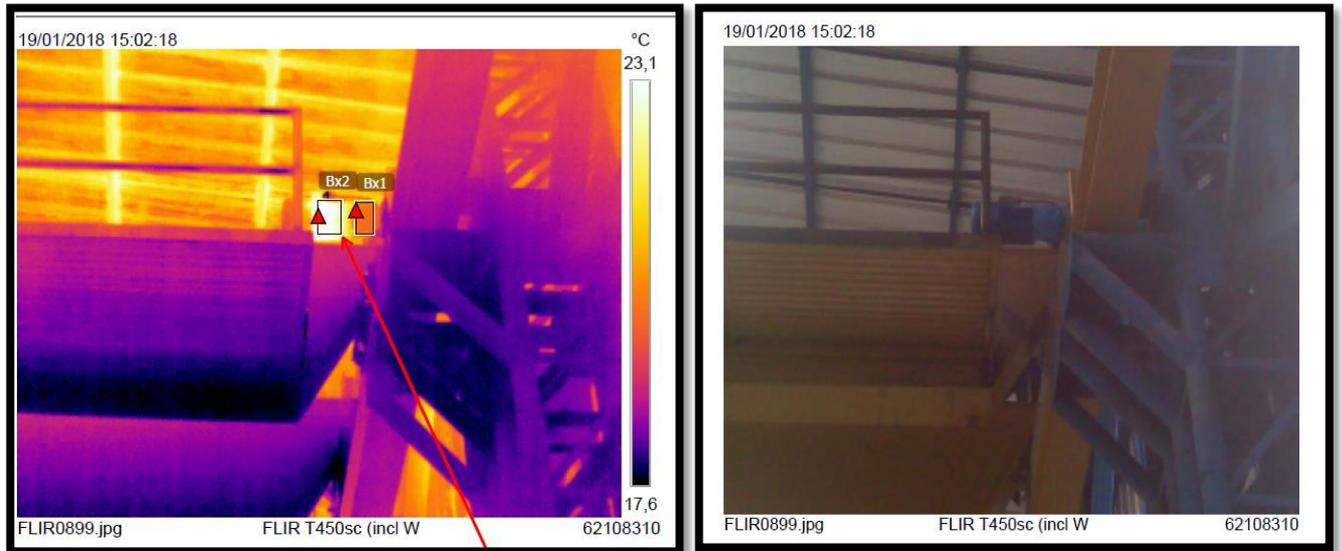
Severidad	Ref.	NETA (C°)	US NAVY (C°)	NMAC (C°)	Nuclear (C°)	CES (C°)
<b>BAJA</b>	$\Delta t_{ref}$	1 – 3	10 – 24	0.5 - 8	5 - 15	14 – 20
	$\Delta t_{amb}$	1 – 10				
<b>MEDIA</b>	$\Delta t_{ref}$	4 – 15	25 – 39	9 – 28	16 – 35	21 – 60
	$\Delta t_{amb}$	11 – 20				
<b>ALTA</b>	$\Delta t_{ref}$	NA	40 – 59	29 – 56	36 – 75	
	$\Delta t_{amb}$	21 – 40				
<b>CRÍTICA</b>	$\Delta t_{ref}$	> 15	> 70	> 56	> 75	> 61
	$\Delta t_{amb}$	> 40				

Fuente. - Norma NMAC

Medidas		°C
Bx1	Max	20,7
Bx2	Max	24,2
Dt1		-3,5
Bx1.Max - Bx2.Max		
Parámetros		
Emisividad		0.95
Temp. refl.		23 °C
Geolocalización		
Brújula		8° N
Nota		
		grua norte

**Figura 20.-** Resultado termográfico del motor reductor del puente grúa lado norte

Fuente: Software FLIR Tools



a)

b)

**Figura 21.-** Motor reductor del puente grúa lado norte

a) Imagen Termográfica, b) Imagen normal

**Tabla 7.-** Comparativa de severidad del motor reductor del puente grúa lado norte

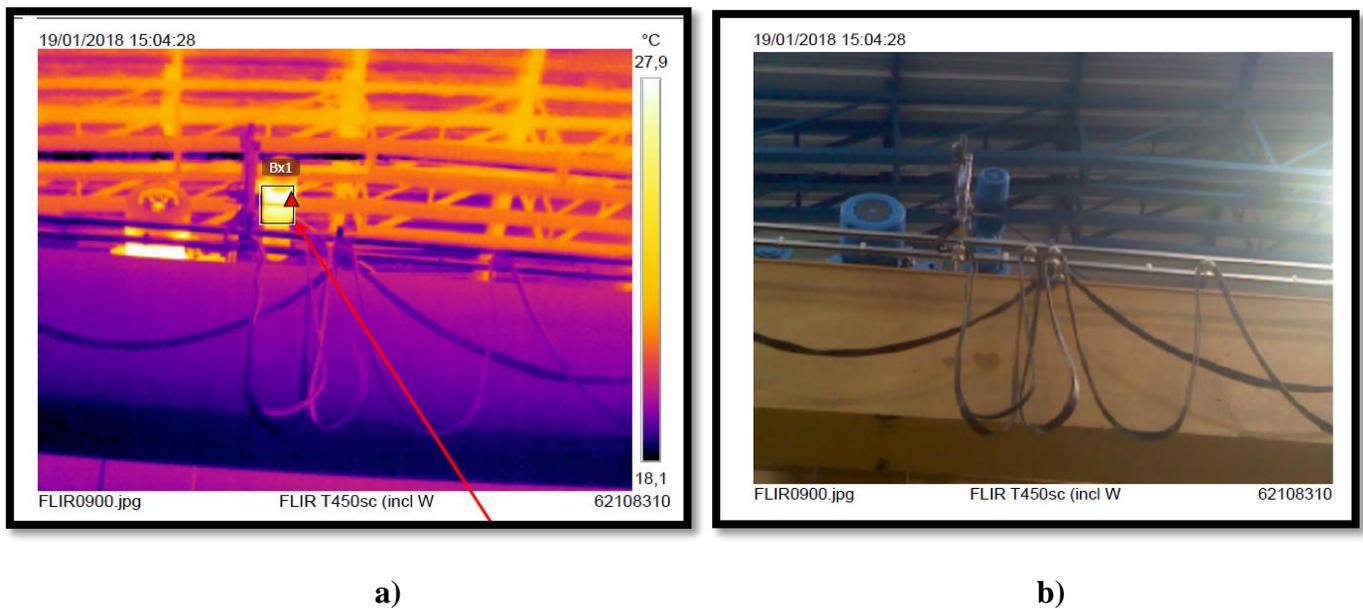
severidad	Ref.	NETA (C°)	US NAVY (C°)	NMAC (C°)	Nuclear (C°)	CES (C°)
BAJA	$\Delta_{\text{ref}}$	1 - 3	10 - 24	0.5 - 8	5 - 15	14 - 20
	$\Delta_{\text{tamb}}$	1 - 10				
MEDIA	$\Delta_{\text{ref}}$	4 - 15	25 - 39	9 - 28	16 - 35	21 - 60
	$\Delta_{\text{tamb}}$	11 - 20				
ALTA	$\Delta_{\text{ref}}$	NA	40 - 59	29 - 56	36 - 75	
	$\Delta_{\text{tamb}}$	21 - 40				
CRÍTICA	$\Delta_{\text{ref}}$	> 15	> 70	> 56	> 75	> 61
	$\Delta_{\text{tamb}}$	> 40				

Fuente.- Norma NMAC

Medidas		°C
Bx1	Max	28,6
Dt1		28,6
Bx1.Max - Temp. ref.		
Dt2		28,6
Bx1.Max - Temp. ref.		
Parámetros		
Emisividad		0.95
Temp. refl.		23 °C
Geolocalización		
Brújula		181° S
Nota		
norte - sur		

**Figura 22.-** Resultado termográfico del motor traslación norte-sur

**Fuente:** Software FLIR Tools



**Figura 23.-** Motor de traslación norte-sur del puente grúa

**a)** Imagen Termográfica, **b)** Imagen normal

**Tabla 8.-** Comparativa de severidad del motor de traslación norte-sur del puente grúa

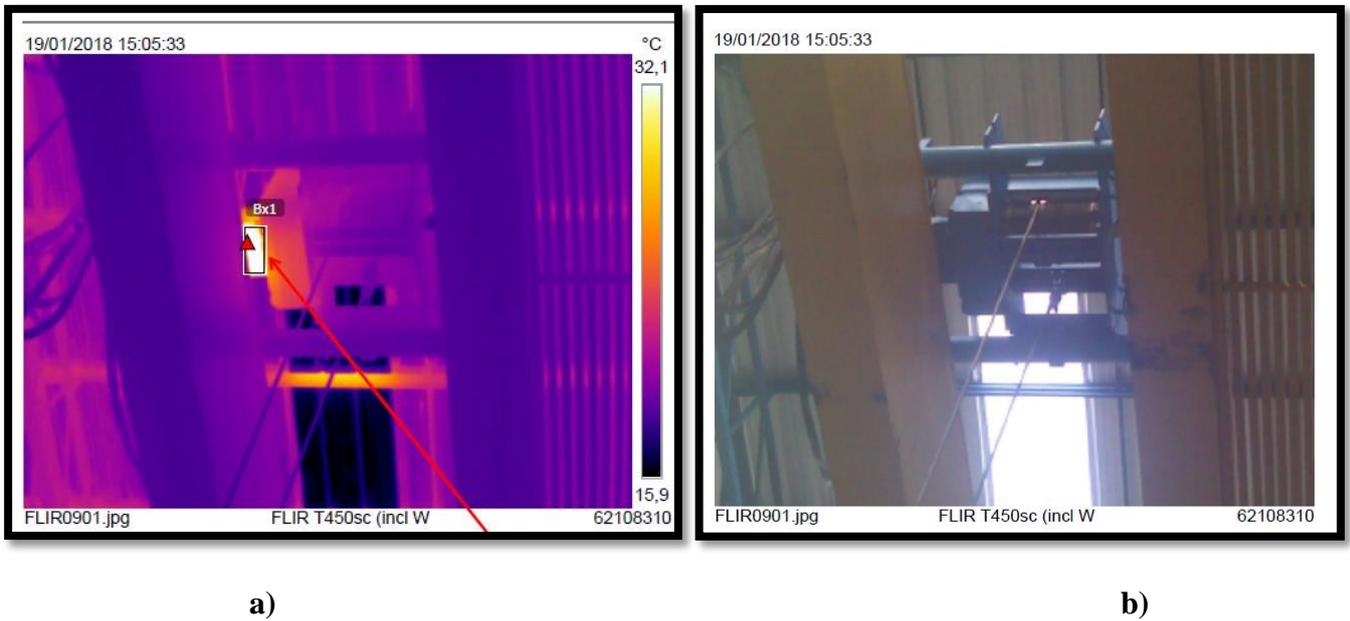
severidad	Ref.	NETA (C°)	US NAVY (C°)	NMAC (C°)	Nuclear (C°)	CES (C°)
BAJA	$\Delta t_{ref}$	1 - 3	10 - 24	0.5 - 8	5 - 15	14 - 20
	$\Delta t_{amb}$	1 - 10				
MEDIA	$\Delta t_{ref}$	4 - 15	25 - 39	9 - 28	16 - 35	21 - 60
	$\Delta t_{amb}$	11 - 20				
ALTA	$\Delta t_{ref}$	NA	40 - 59	29 - 56	36 - 75	
	$\Delta t_{amb}$	21 - 40				
CRÍTICA	$\Delta t_{ref}$	> 15	> 70	> 56	> 75	> 61
	$\Delta t_{amb}$	> 40				

Fuente.- Norma NMAC

Medidas		°C
Bx1	Max	35,7
Parámetros		
Emisividad	0.95	
Temp. refl.	23 °C	
Geolocalización		
Brújula	288° O	
Nota		
Motor Grúa		

**Figura 24.-** Resultado termográfico del motor de elevación y descenso

Fuente: Software FLIR Tools



**Figura 25.-** Motor de elevación y descenso  
a) Imagen Termográfica, b) Imagen normal

**Tabla 9.-** Comparativa de severidad del motor de elevación y descenso

severidad	Ref.	NETA (C°)	US NAVY (C°)	NMAC (C°)	Nuclear (C°)	CES (C°)
<b>BAJA</b>	$\Delta t_{ref}$	1 – 3	10 - 24	0.5 - 8	5 - 15	14 – 20
	$\Delta t_{amb}$	1 – 10				
<b>MEDIA</b>	$\Delta t_{ref}$	4 – 15	25 – 39	9 – 28	16 – 35	21 – 60
	$\Delta t_{amb}$	11 – 20				
<b>ALTA</b>	$\Delta t_{ref}$	NA	40 – 59	29 – 56	36 – 75	
	$\Delta t_{amb}$	21 – 40				
<b>CRÍTICA</b>	$\Delta t_{ref}$	> 15	> 70	> 56	> 75	> 61
	$\Delta t_{amb}$	> 40				

Fuente.- Norma NMAC

Medidas		°C
Bx1	Max	37,5
Parámetros		
Emisividad	0.95	
Temp. refl.	23 °C	
Geolocalización		
Brújula	273° O	
Nota		
Motor Grua 2		

**Figura 26.-** Resultado termográfico del motor de elevación y descenso en diferente ángulo

**Fuente:** Software FLIR Tools



**a)**



**b)**

**Figura 27.-** Motor de elevación y descenso

**a)** Imagen Termográfica, **b)** Imagen normal

**Tabla 10.-** Comparativa de severidad del motor de elevación y descenso

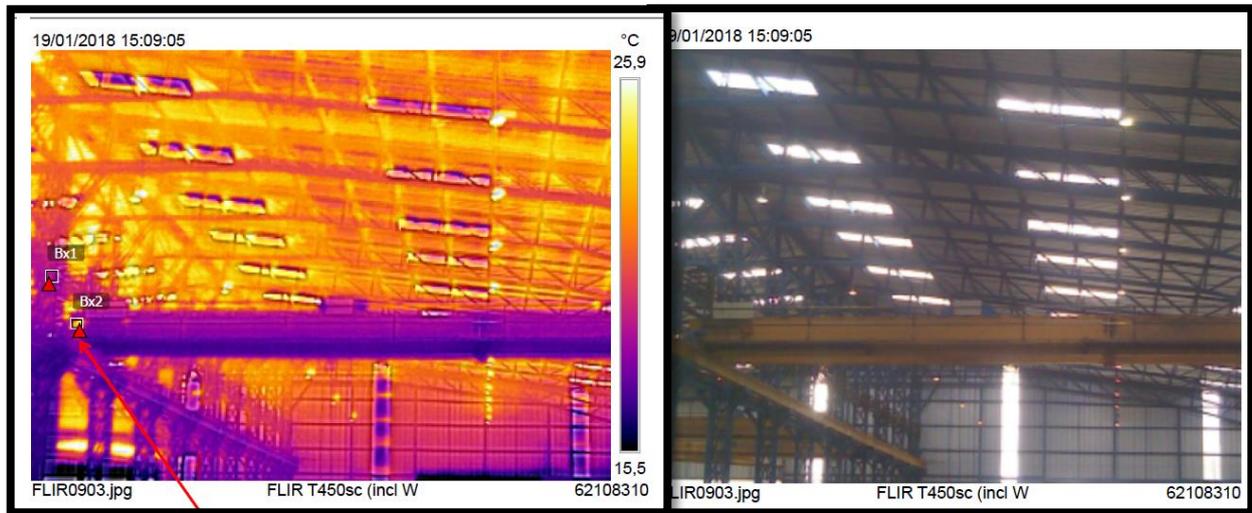
Severidad	Ref.	NETA (C°)	US NAVY (C°)	NMAC (C°)	Nuclear (C°)	CES (C°)
BAJA	$\Delta t_{ref}$	1 – 3	10 - 24	0.5 - 8	5 - 15	14 – 20
	$\Delta t_{amb}$	1 – 10				
MEDIA	$\Delta t_{ref}$	4 – 15	25 – 39	9 – 28	16 – 35	21 – 60
	$\Delta t_{amb}$	11 – 20				
ALTA	$\Delta t_{ref}$	NA	40 – 59	29 – 56	36 – 75	
	$\Delta t_{amb}$	21 – 40				
CRÍTICA	$\Delta t_{ref}$	> 15	> 70	> 56	> 75	> 61
	$\Delta t_{amb}$	> 40				

Fuente.- Norma NMAC

Medidas		°C
Bx1	Max	20,2
Bx2	Max	23,8
Parámetros		
Emisividad		0.95
Temp. refl.		23 °C
Geolocalización		
Brújula		317° NO
Nota		
1		

**Figura 28.-** Resultado termográfico de líneas de conexión y motor reductor del puente grúa

Fuente: Software FLIR Tools



a)

b)

**Figura 29.-** Líneas de conexión y motor reductor del puente lado sur

a) Imagen Termográfica, b) Imagen normal

**Tabla 11.-** Comparativa de las líneas de conexión y motor reductor del puente grúa sur

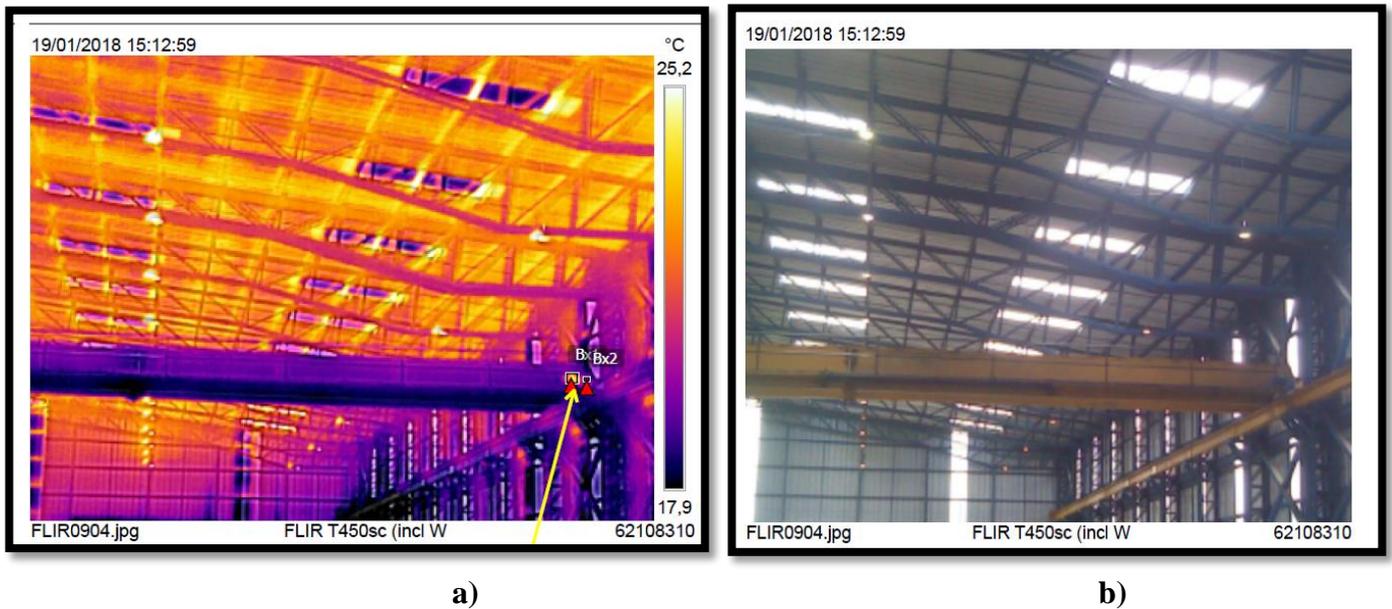
Severidad	Ref.	NETA (C°)	US NAVY (C°)	NMAC (C°)	Nuclear (C°)	CES (C°)
BAJA	$\Delta t_{ref}$	1 - 3	10 - 24	0.5 - 8	5 - 15	14 - 20
	$\Delta t_{amb}$	1 - 10				
MEDIA	$\Delta t_{ref}$	4 - 15	25 - 39	9 - 28	16 - 35	21 - 60
	$\Delta t_{amb}$	11 - 20				
ALTA	$\Delta t_{ref}$	NA	40 - 59	29 - 56	36 - 75	
	$\Delta t_{amb}$	21 - 40				
CRÍTICA	$\Delta t_{ref}$	> 15	> 70	> 56	> 75	> 61
	$\Delta t_{amb}$	> 40				

Fuente.- Norma NMAC

Medidas		°C
Bx1	Max	23,9
Bx2	Max	19,4
Dt1		4,5
Bx1.Max - Bx2.Max		
Parámetros		
Emisividad		0.95
Temp. refl.		23 °C
Geolocalización		
Brújula		332° NO
Nota		
2		

**Figura 30.-** Resultado termográfico rueda motriz y motor reductor del puente norte

**Fuente:** FLIR Tools



**Figura 31.-** Rueda motriz y motor reductor del puente lado norte

a) Imagen Termográfica, b) Imagen normal

**Tabla 12.-** Comparativa de criterios de la rueda motriz y motor reductor del puente norte

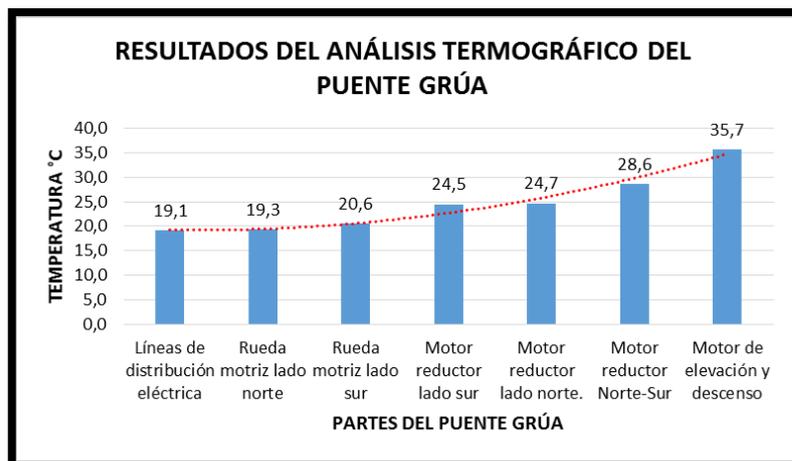
Severidad	Ref.	NETA (C°)	US NAVY (C°)	NMAC (C°)	Nuclear (C°)	CES (C°)
BAJA	$\Delta t_{ref}$	1 - 3	10 - 24	0.5 - 8	5 - 15	14 - 20
	$\Delta t_{amb}$	1 - 10				
MEDIA	$\Delta t_{ref}$	4 - 15	25 - 39	9 - 28	16 - 35	21 - 60
	$\Delta t_{amb}$	11 - 20				
ALTA	$\Delta t_{ref}$	NA	40 - 59	29 - 56	36 - 75	
	$\Delta t_{amb}$	21 - 40				
CRÍTICA	$\Delta t_{ref}$	> 15	> 70	> 56	> 75	> 61
	$\Delta t_{amb}$	> 40				

Fuente.- Norma NMAC

**Tabla 13.** Resultados del análisis termográfico del puente grúa

RESULTADOS DEL ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DEL PUENTE GRÚA	
PARTES DEL PUENTE GRÚA	TEMPERATURA °C
Líneas de distribución eléctrica	19,1
Rueda motriz lado norte	19,3
Rueda motriz lado sur	20,6
Motor reductor lado sur	24,5
Motor reductor lado norte.	24,7
Motor reductor Norte-Sur	28,6
Motor de elevación y descenso	35,7

Fuente: Grupo de investigadores



**Figura 32.-** Resultado del análisis termográfico del puente grúa

Fuente: Grupo de investigadores

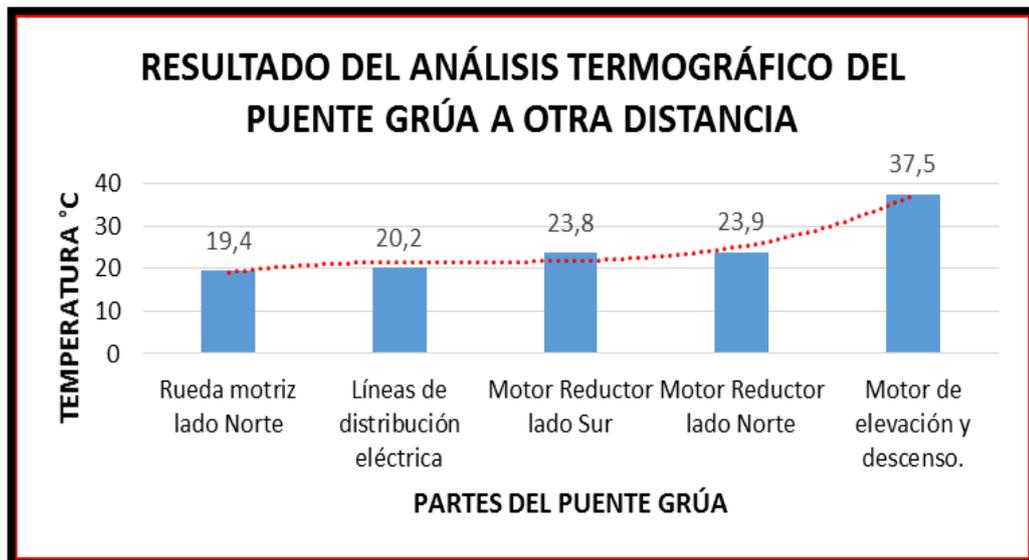
### Interpretación:

Se determinó en la figura número 32 que el punto más crítico del puente grúa es el motor de elevación y descenso con una temperatura de 35.7 °C ubicándose en la tabla comparativa de criterios en una severidad alta entendiéndose como tal que el mismo necesita de un mantenimiento más frecuente comparándose a los demás motores del puente grúa.

**Tabla 14.-** Resultados del análisis termográfico del puente grúa a otra distancia

RESULTADOS DEL ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DEL PUENTE GRÚA A OTRA DISTANCIA	
PARTES DEL PUENTE GRÚA	TEMPERATURA
Rueda motriz lado Norte	19,4
Líneas de distribución eléctrica	20,2
Motor Reductor lado Sur	23,8
Motor Reductor lado Norte	23,9
Motor de elevación y descenso.	37,5

Fuente: Grupo de investigadores



**Figura 33.-**Resultado del análisis termográfico del puente grúa a otra distancia

Fuente: Grupo de investigadores

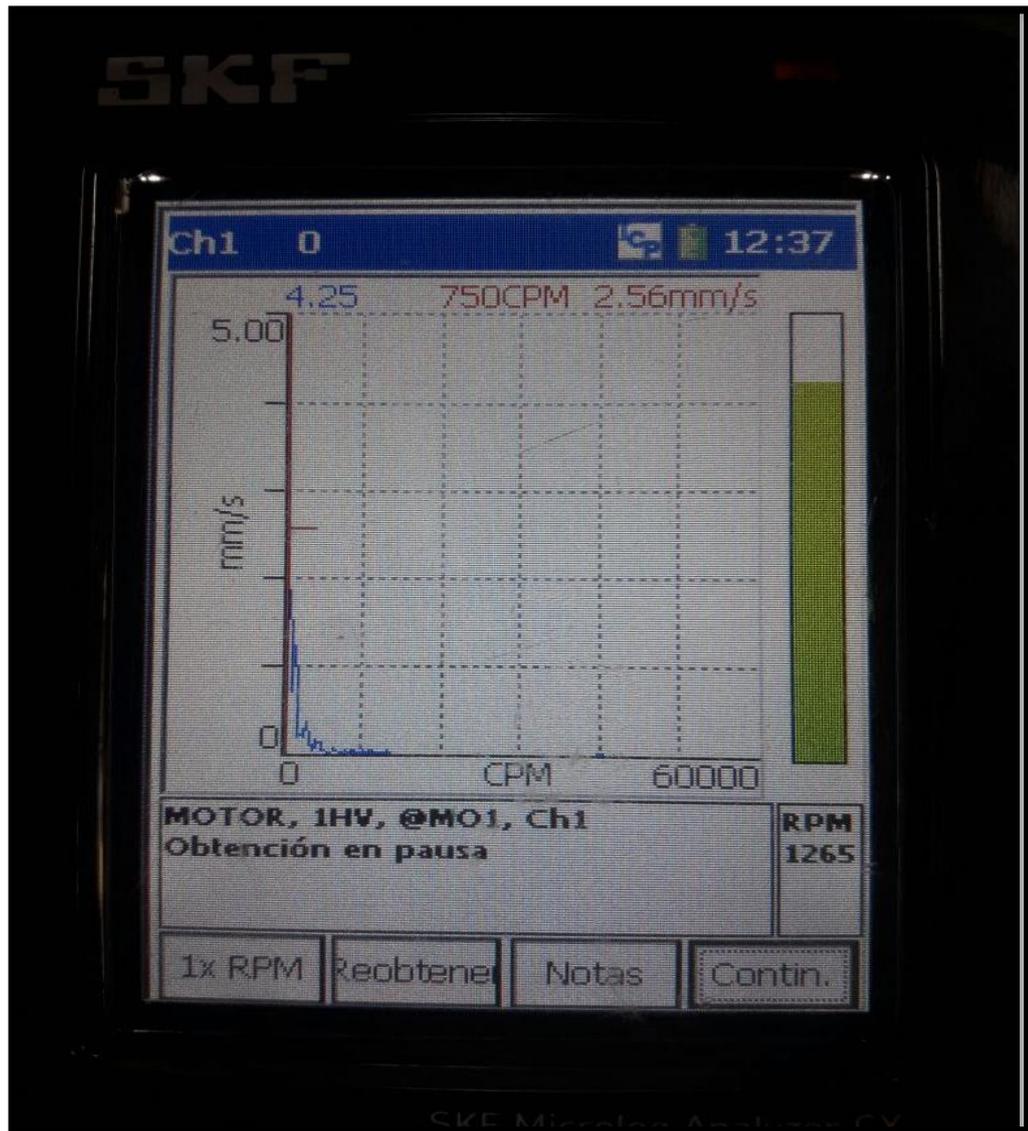
### Interpretación:

En la figura número 33 se puede observar los datos del análisis termográfico los cuales fueron tomados a una distancia de 20 metros, el cual se programó en la cámara termográfica utilizada

comprobándose que los resultados son los mismos, recalcando que el punto crítico es el motor de elevación y descenso.

## Análisis de Vibraciones

### Medición Vertical



**Figura 34.-** Medición Vertical  
Fuente: Grupo de investigadores

## Criterios de Severidad Medición Vertical

Tabla 15.- Criterios de severidad y resultado de medición vertical

ISO 10816-3 SEVERIDAD VELOCIDAD DE LA VIBRACIÓN		MÁQUINAS GRUPO 2 Y 4		MÁQUINAS GRUPO 1 Y 3	
Pico	RMS	15 Kw < P ≤ 300KW		Grupo1: 300 KW < P < 50 MW	
In/s	mm/s			Grupo 3: P > 15KW	
0.61	11.0		<b>INACEPTABLE (PELIGRO)</b>		
0.39	7.1		<b>INSATISFACTORIO (ALERTA)</b>		
0.25	4.5				
0.19	3.5		<b>ACEPTABLE</b>		
0.16	2.8				
0.13	2.3				2.56 mm/s
0.08	1.4		<b>EXCELENTE</b>		
0.04	0.7				
0.00	0.0				
<b>Base:</b>		<b>Rígida</b>	<b>Flexible</b>	<b>Rígida</b>	<b>Flexible</b>
<b>Grupo 1:</b>	Máquinas Grandes P > 300 kW; Máquinas eléctricas con ejes de altura H ≥ 315 mm				
<b>Grupo 2:</b>	Máquinas Medianas 15 kW < P ≤ 300 kW; Máquinas eléctricas con ejes de altura 160 mm ≤ H < 315 mm				
<b>Grupo 3:</b>	Bombas con transmisiones (drive) <u>separadas</u> (con flujo radial, semi-radial y axial) y P > 15 Kw				
<b>Grupo 4:</b>	Bombas con transmisiones (drive) <u>integrales</u> (con flujo radial, semi-radial y axial) y P > 15 Kw				

Fuente: Norma ISO 10816-3 Evaluación de la Vibración de una Máquina mediante medidas en parte no rotativas

## Medición Horizontal

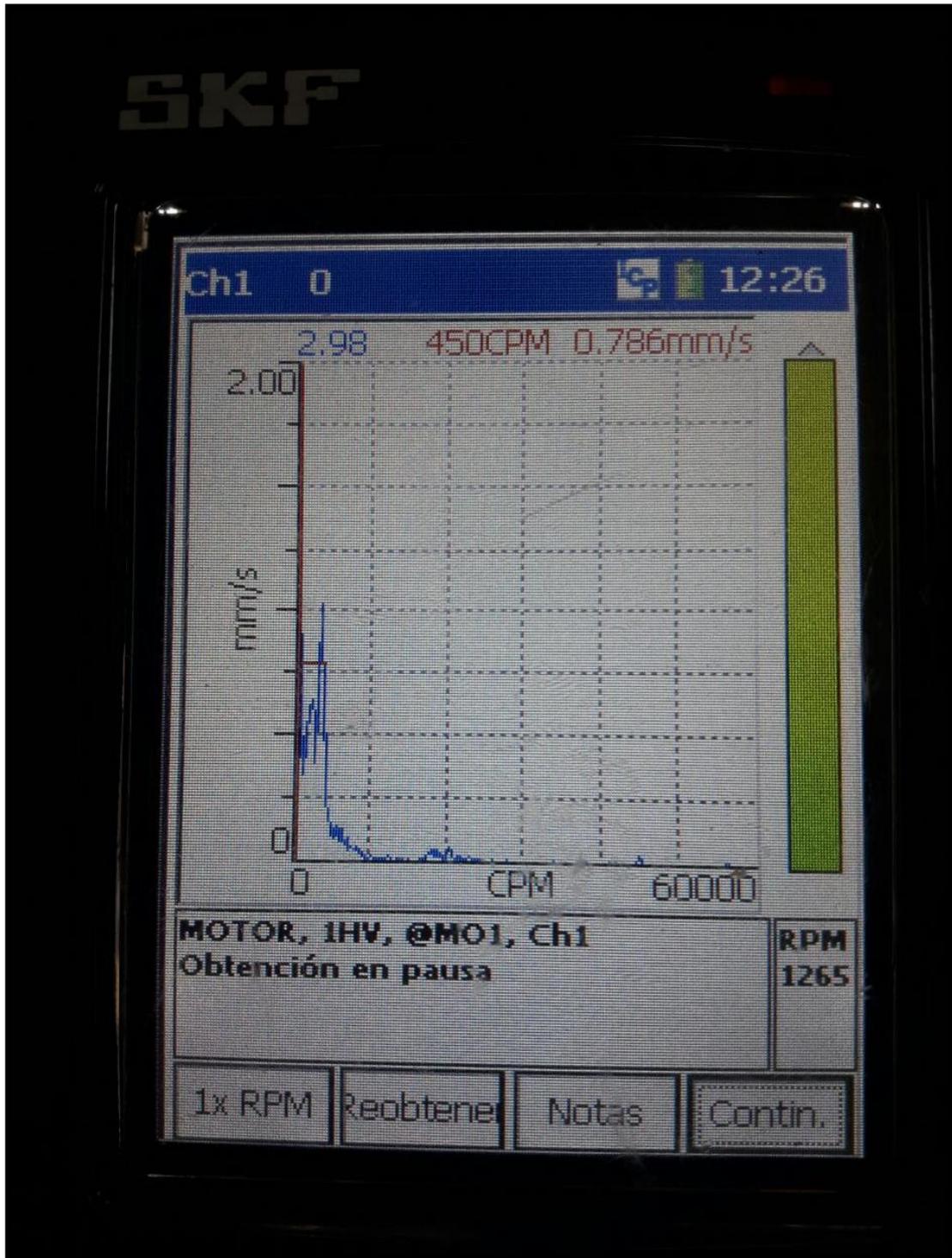


Figura 35.- Medición Horizontal  
Fuente: Grupo de investigadores

## Criterios de Severidad Medición Horizontal

Tabla 16.- Criterios de severidad y resultado de medición horizontal

ISO 10816-3 SEVERIDAD VELOCIDAD DE LA VIBRACIÓN		MÁQUINAS GRUPO 2 Y 4		MÁQUINAS GRUPO 1 Y 3	
Pico	RMS	15 Kw < P ≤ 300KW		Grupo1: 300 KW < P < 50 MW	
In/s	mm/s			Grupo 3: P > 15KW	
0.61	11.0		<b>INACEPTABLE (PELIGRO)</b>		
0.39	7.1		<b>INSATISFACTORIO (ALERTA)</b>		
0.25	4.5				
0.19	3.5		<b>ACEPTABLE</b>		
0.16	2.8				
0.13	2.3				
0.08	1.4		<b>EXCELENTE</b>		
0.04	0.7				0.786
0.00	0.0				
Base:		Rígida	Flexible	Rígida	Flexible
Grupo 1:	Máquinas Grandes P > 300 kW; Máquinas eléctricas con ejes de altura H ≥ 315 mm				
Grupo 2:	Máquinas Medianas 15 kW < P ≤ 300 kW; Máquinas eléctricas con ejes de altura 160 mm ≤ H < 315 mm				
Grupo 3:	Bombas con transmisiones (drive) <u>separadas</u> (con flujo radial, semi-radial y axial) y P > 15 kW				
Grupo 4:	Bombas con transmisiones (drive) <u>integrales</u> (con flujo radial, semi-radial y axial) y P > 15 kW				

Fuente: Norma ISO 10816-3 Evaluación de la Vibración de una Máquina mediante medidas en parte no rotativas

## Medición Axial

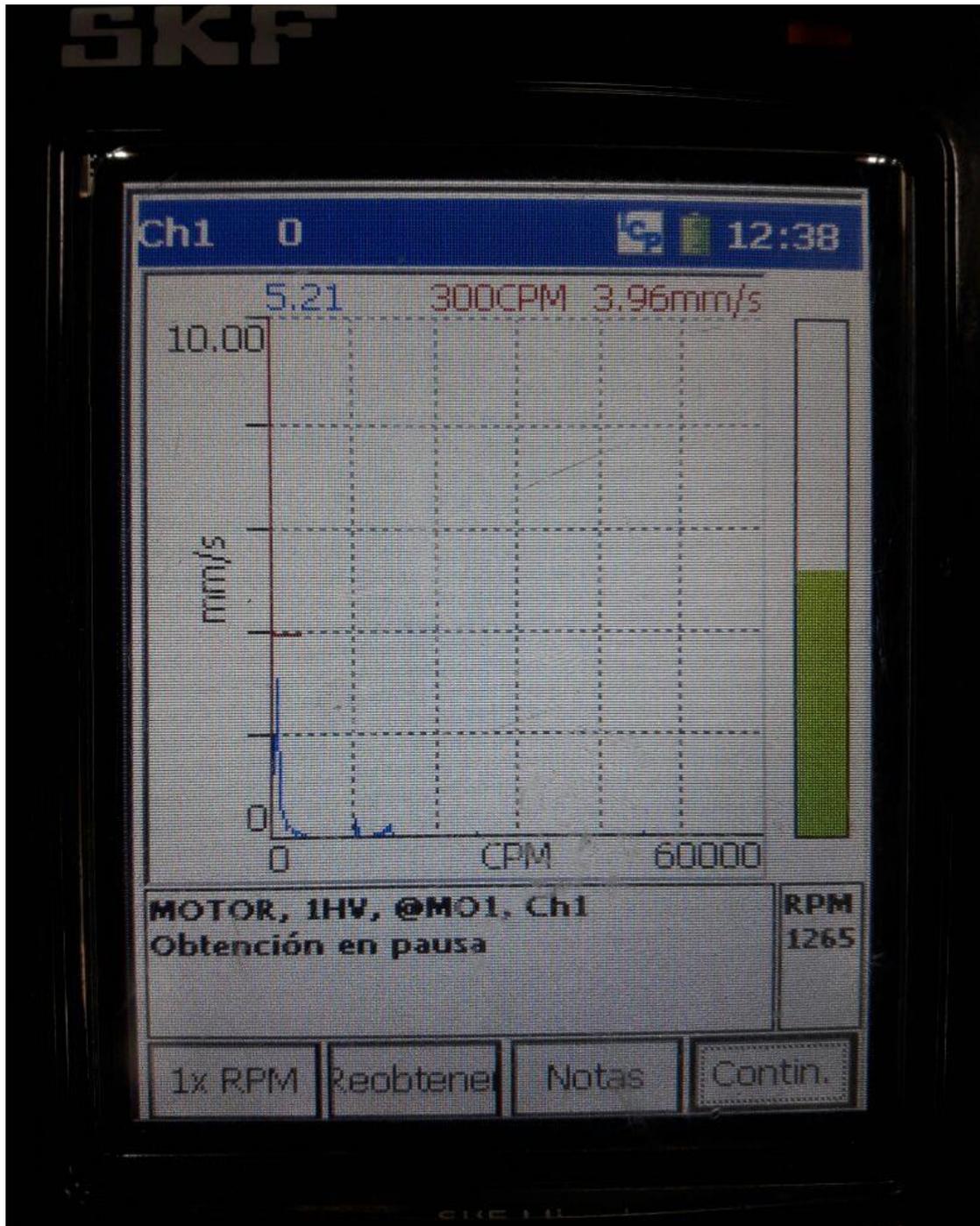


Figura 36.- Medición Axial  
Fuente: Grupo de investigadores

## Criterios de Severidad Medición Axial

Tabla 17.- Criterios de severidad y resultado de medición axial

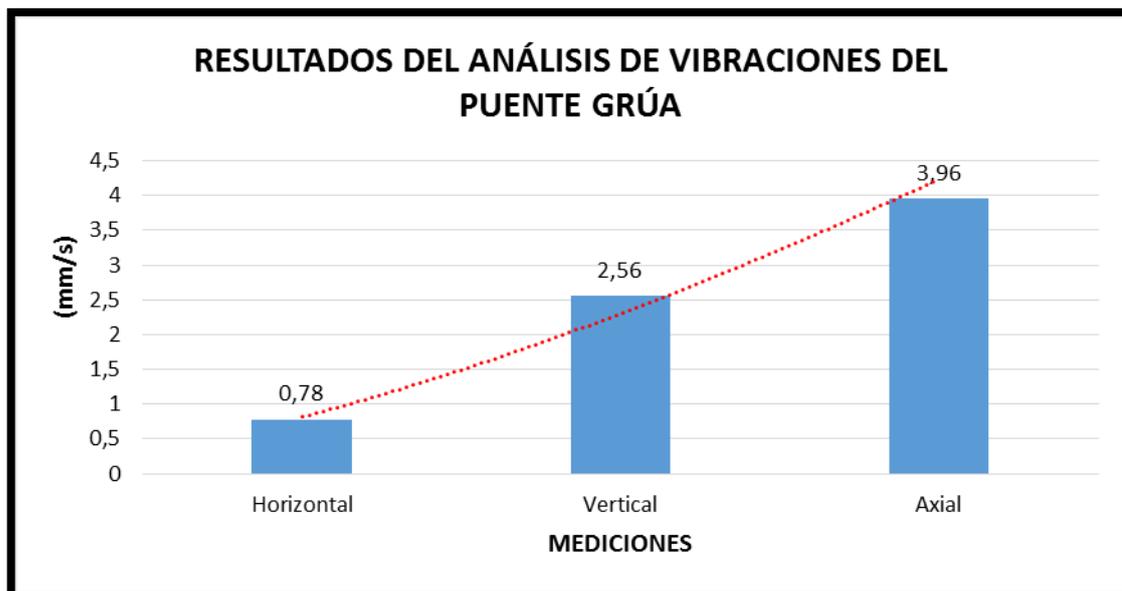
ISO 10816-3 SEVERIDAD VELOCIDAD DE LA VIBRACIÓN		MÁQUINAS GRUPO 2 Y 4		MÁQUINAS GRUPO 1 Y 3	
Pico	RMS	15 Kw < P ≤ 300KW		Grupo1: 300 KW < P < 50 MW	
In/s	mm/s			Grupo 3: P > 15KW	
0.61	11.0				
0.39	7.1			INACEPTABLE (PELIGRO)	
0.25	4.5			INSATISFACTORIO (ALERTA)	
0.19	3.5			ACEPTABLE	3.96 mm/s
0.16	2.8				
0.13	2.3				
0.08	1.4				
0.04	0.7			EXCELENTE	
0.00	0.0				
Base:		Rígida	Flexible	Rígida	Flexible
Grupo 1:	Máquinas Grandes P > 300 kW; Máquinas eléctricas con ejes de altura H ≥ 315 mm				
Grupo 2:	Máquinas Medianas 15 kW < P ≤ 300 kW; Máquinas eléctricas con ejes de altura 160 mm ≤ H > 315 mm				
Grupo 3:	Bombas con transmisiones (drive) <u>separadas</u> (con flujo radial, semi-radial y axial) y P > 15 kW				
Grupo 4:	Bombas con transmisiones (drive) <u>integrales</u> (con flujo radial, semi-radial y axial) y P > 15 kW				

Fuente: Norma ISO 10816-3 Evaluación de la Vibración de una Máquina mediante medidas en parte no rotativas

Tabla 18.- Resultados del análisis de vibraciones del puente grúa

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VIBRACIONES DEL PUENTE GRÚA	
MEDICIONES	(mm/s)
Horizontal	0,78
Vertical	2,56
Axial	3,96

Fuente: Grupo de investigadores



**Figura 37.-** Resultados del análisis de vibraciones del puente grúa  
Fuente: Grupo de investigadores

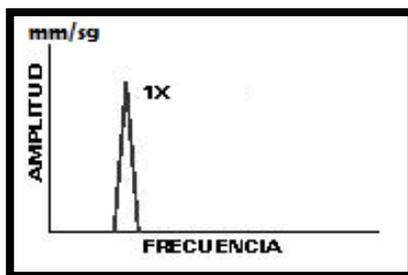
### **Interpretación:**

En el gráfico número 37 se puede observar que las mediciones horizontales, verticales y axiales presentan un posible problema de desbalance, siendo la axial la que presenta más alta vibración con un valor obtenido de 3,96 mm/s a diferencia de las otras dos vibraciones radiales.

### **Patrones de vibraciones**

#### **Desbalance**

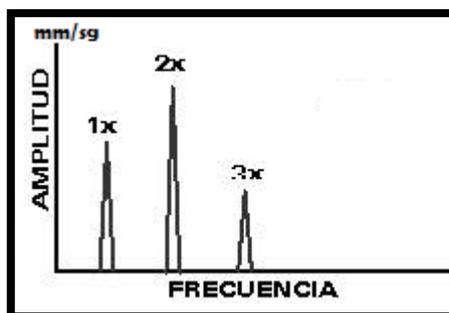
Esta es una de las fallas más comunes en equipos rotatorios y aparece con mayor frecuencia en dispositivos que funcionan a altas frecuencias de rotación. Esta se debe a que el movimiento rotatorio genera una fuerza centrífuga radial hacia afuera la cual es transmitida a los descansos de la máquina. Ocasionada por una masa con cierta excentricidad en el rotor, la vibración en dirección radial tiene una forma sinodal la cual tendrá con frecuencia de excitación igual a la frecuencia de rotación del equipo (Ocampo, 2016)



**Figura 38.-** Desbalance  
Fuente: grupo de investigadores.

### Desalineación

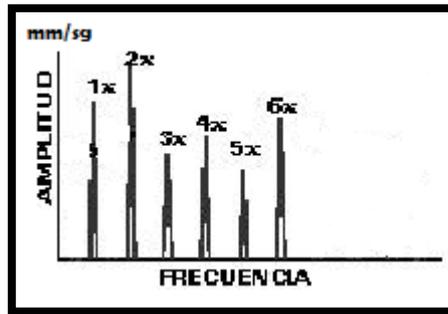
Según (Solar, 2009) esta falla se ocasiona por la dificultad que presenta la alineación de dos rotores con sus respectivos apoyos. La desalineación puede tener su origen en causas muy diversas como: excesiva confianza en la utilización de acoplamientos elásticos y rodamientos autoalineables, distorsiones en las maquinas durante su operación que producen desplazamiento del sistema conductor (p. 87).



**Figura 39.-** Desalineación  
Fuente: grupo de investigadores

### Soltura mecánica

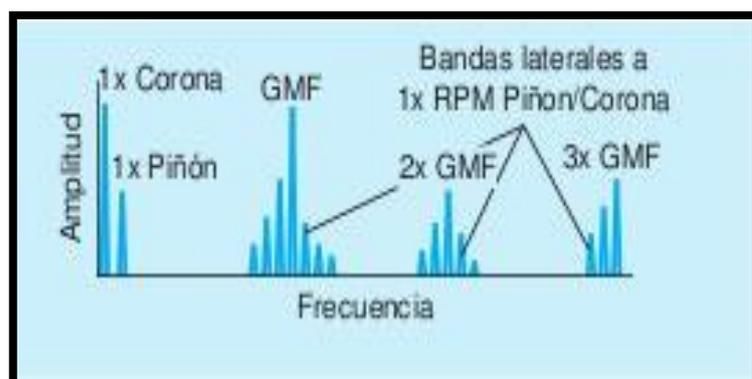
Según (Marín, 2012) el aflojamiento mecánico y la acción de golpe (machacado) resultante, producen vibraciones a una frecuencia que a menudo es 2x, también múltiplos más elevados del rpm. Esto puede pasar por pernos de montaje sueltos, holgura excesiva en los rodamientos, o fisuras en la estructura o en el pedestal de soporte (p.54).



**Figura 40.-** Soldadura mecánica  
Fuente: grupo de investigadores

### Piñones rotos (GMF)

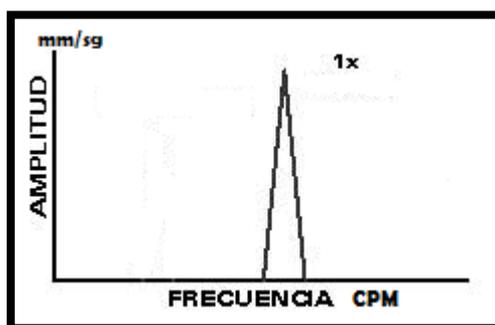
El desgaste de los engranajes provoca picos importantes en la GMF y sus armónicos. Además, el rozamiento excita la frecuencia natural del engranaje, lo cual provoca la aparición de nuevas frecuencias en el espectro que podrían corresponderse con la frecuencia de resonancia del piñón o la corona. Los indicadores principales son la aparición de las frecuencias de resonancia del engranaje con bandas laterales y el tamaño y número de bandas laterales en 1x, 2x y/o 3x GMF. No basta sólo con estudiar las amplitudes de la GMF y sus armónicos ya que estos reflejan más problemas de carga y alineación (Alfaro Solís, 2016).



**Figura 41.-** Piñones rotos (GMF: Frecuencia de engranaje)  
Fuente: grupo de investigadores

### Problemas eléctricos (barras rotas)

Las fallas en los rotores “jaula de ardilla “suelen estar relacionadas con altas temperaturas alcanzadas durante la operación, y con las elevadas fuerzas centrífugas que soportan tanto barras como anillos de corto circuito, especialmente durante regímenes de funcionamiento transitorio.



**Figura 42.-** Problemas Eléctricas (barras rotas)  
Fuente: grupo de investigadores

- **Objetivo 4.** Capacitar a los operarios de los puentes acerca del izaje y medición de cargas.

### Resultado:

La capacitación a los operarios acerca de izaje y medición de cargas del área de despacho de producto terminado se realizó mediante la elaboración y entrega de un tríptico a todo el personal involucrado en la operación de los puentes grúa.

No se pudo realizar una conferencia con todo el personal involucrado ya que no se logró obtener el permiso correspondiente de sus jefes inmediatos porque para ello, debían abandonar la rutinaria diaria en cada uno de sus puestos de trabajo, lo que provocaba un paro significativo en el proceso, contrario a lo que se quiere lograr realizando esta investigación.

Se optó por establecer una manera más clara concisa y practica de capacitar a los trabajadores.

Obteniendo como resultado el siguiente el documento:

## Guía técnica

### MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Este mantenimiento consiste en reemplazar o reparar componentes y elementos de un equipo o máquina antes que empiecen a fallar o dañarse analizando las condiciones de la misma mientras esta se encuentre en operación.

#### Ventajas del mantenimiento predictivo.

- Disminuye costo de mantenimiento.
- Aprovecha la vida útil de la máquina completa.
- No aplica actividades preventivas innecesarias.
- Se fundamenta en el monitoreo de condiciones.

#### Factores a tomar en cuenta para realizar un mantenimiento predictivo de puentes grúa.

**Puente Grúa.** - Equipo de elevación y transporte de materiales y cargas generalmente en procesos de almacenamiento y de fabricación que no se pueden izarse de forma manual debido a su peso.

#### Partes del puente:

- Elemento de elevación.** – Polipasto eléctrico a cable cadena.
- Carro.** – Permite desplazar el elemento de elevación
- Puente.** – Sostiene y facilita el desplazamiento del carro y del elemento de elevación, se compone de vigas y testeros.

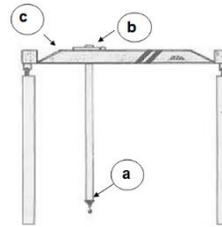


Fig.1.- partes del puente

#### IZAJE DE CARGAS

##### Izaje de Cargas de forma CORRECTA

- ✓ La carga debe apoyar a la zona más ancha del gancho, nunca por su extremo.

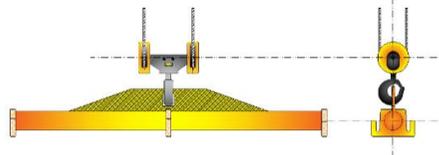


Fig.2.- Forma correcta del izaje de carga

- ✓ Las cadenas deben mantenerse libre de nudos, torceduras y enrollarse en tambores, ejes o poleas provistas de ranuras que permitan su enrollado.
- ✓ Se debe respetar la carga máxima correspondiente a 10 toneladas, marcada en las vigas del puente.
- ✓ Inspeccionar diariamente las cadenas y el gancho: grietas, eslabones doblados, cortes o estrías transversales, picaduras de corrosión o alargamientos.
- ✓ El izaje de cargas no debe ser inferior a 45° como se muestra en la figura 3, pues disminuye rápidamente la carga de trabajo.

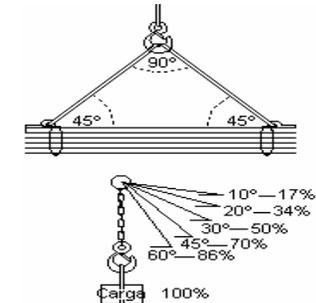


Fig.3.- Izaje de carga

#### Movimientos del puente:

Los movimientos del puente son: traslación del puente, traslación del carro y movimientos de orientación del carro elevación y descenso. Todos estos movimientos se realizan a través de un radio de mando capaz de controlar todos los movimientos del puente grúa y las funciones de cada botón se muestra en la figura 4 siguiente:

Fig.4.- Radio de mando



El tríptico se entregó a veinte y cinco trabajadores involucrados en la operación de los dos puentes grúa de la nave número dos de las bodegas de almacenamiento de producto terminado, los mismos que hicieron la lectura correspondiente del folleto y posteriormente se realizó un test de evaluación de conocimientos a los mismos trabajadores que recibieron los trípticos para comprobar su nivel de erudiciones con respecto al tema.

En tal virtud se planteó las preguntas ubicadas en el anexo:

Las preguntas fueron realizadas a 13 operarios involucrados en el manejo del puente grúa obteniéndose los siguientes resultados:

Tomando en cuenta que son cinco preguntas por cada Test y son 13 personas evaluadas daría un total de 65 preguntas, de las cuales 56 fueron contestadas correctamente y solo 9 incorrectas, en tal virtud se determinó que el 86.15% de preguntas fueron contestadas correctamente estableciendo aquel porcentaje como satisfactorio

**Tabla 19.-** Resultados de los Test de evaluación de conocimientos de la capacitación

<b>RESULTADOS DE LA PRUEBA</b>		
<b>PREGUNTAS</b>	<b>CORRECTAS</b>	<b>INCORRECTAS</b>
1. Escribir con sus palabras una definición de Mantenimiento Predictivo	11	2
2. ¿Cuáles son las partes del puente grúa?	10	3
3. Escribir todos los movimientos del puente grúa	12	1
4. Determinar cuál es la carga máxima que soporta el puente	13	0
5. Coloque cada una de las funciones del radio control para movimientos del puente.	12	1
<b>Sumatoria</b>	<b>58</b>	<b>7</b>
<b>Respuestas Correctas</b>	<b>58/65</b>	
<b>Respuestas Correctas en porcentaje</b>	<b>89,23%</b>	

**Fuente:** Resultado de evaluaciones de operadores de puente grúa, interpretación de datos

## **12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):**

### **Impactos Técnicos**

Toda empresa u organización siempre busca la mejora continua en todos sus procesos en tal virtud son bien recibidos los proyectos que ayuden a mejorarlos.

- La ejecución del Mantenimiento Predictivo del puente grúa aumenta el ciclo de vida del puente al evitar fallas y daños al mismo.
- La utilización del equipo para realizar el análisis termográfico en el puente grúa permite a los operarios evitar accidentes de trabajo con respecto a riesgos de caídas a distinto nivel, ya que este análisis se puede ejecutar a una distancia prudente del puente grúa sin necesidad de que los trabajadores deban subirse al puente para tomar las imágenes termométricas necesarias.
- El análisis de vibraciones
- Los puentes grúa cumplirán con su jornada laboral diaria sin paros imprevistos que afecten al proceso de almacenamiento y despacho en la nave número dos de producto terminado.

### **Impactos Económicos**

- Con la aplicación del Mantenimiento Predictivo no habrá retrasos en el proceso de entrega a clientes cumpliendo con las fechas de entrega a distribuidores y clientes.
- No se costeará en reparaciones costosas del equipo, sino que se cambiará repuestos, piezas o partes del equipo antes que el mismo comience a fallar.
- Los costos totales de mantenimiento disminuyen al aplicar el Mantenimiento Predictivo.

### 13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

**Tabla 20.-** Presupuesto total para la elaboración del proyecto

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO SEMESTRAL</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b><u>Costos Fijos</u></b>		
<b>Servicios básicos (Luz, Teléfono, e Internet)</b>	240	480
<b><u>Costos variables</u></b>		
<b>Gastos impresiones avances</b>	12.50	32.50
<b>Materiales de Oficina</b>	11.75	23.50
<b>Transporte</b>	11.45	22.90
<b>Alimentación</b>	23.75	47.50
<b>Total</b>		<b>606.40</b>

**Fuente:** Grupo de investigadores

**Tabla 21.-** Aporte económico del grupo de trabajo

<b>Investigadores</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Valor \$</b>
<b>Stefy Cruz</b>	50%	303,2
<b>Mauricio Toapanta</b>	50%	303,2
<b>Total, Aporte</b>	100%	606,4

**Fuente:** Grupo de investigadores

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Se realizó un check list de las partes del puente grúa para verificar su estado y en qué condiciones se encuentra cada una de ellas, con el fin de realizar revisiones periódicas y si se necesita cambiar repuestos, piezas o partes del equipo precedentemente al daño completo de la máquina.
- Se elaboró un cronograma de mantenimiento del año 2018 de forma mensual, en el que se estableció las fechas que se va a realizar el mantenimiento predictivo del puente grúa, tanto del análisis de vibraciones como el termográfico y el check list de inspección visual del puente, se basó en antecedentes de fallos y averías y se estableció los puntos críticos los cuales necesitan de mantenimiento en fechas más frecuentes.
- Se determinó el análisis termográfico que ayudo a tener mayor seguridad para el operario por evitar la necesidad de contacto con la máquina y ayudo a detectar potenciales fallas que pueden ocurrir en los motores y las líneas eléctricas.
- Se ejecutó el análisis de vibraciones que ayudó a detectar los posibles desbalances mecánicos que se puede encontrar en los motores reductores del lado sur y norte y del carro del puente grúa, en tal virtud se obtuvo datos de mediciones verticales, horizontales y axiales en CPM (Ciclos Por Segundo).
- En el presente trabajo de investigación se pudo concluir que la capacitación a los operarios de la nave dos del área de almacenamiento de producto terminado acerca cómo de izaje de cargas, medición de cargas y la carga máxima que pueden levantar las grúas se realizó mediante un tríptico práctico con la información necesaria acerca de los temas, posteriormente se evaluó a los mismos colaboradores de la empresa mediante un test de evaluación de conocimientos de cinco preguntas, dando como resultado que de las trece personas evaluadas contestaron correctamente el 89,23% de las sesenta y cinco

preguntas totales, instituyendo ser un porcentaje satisfactorio de conocimientos, en tal virtud el puente no fallará por mala operación de los trabajadores.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a la empresa NOVACERO S.A que el proyecto de mantenimiento predictivo se lo implemente de manera progresiva, utilizando también otros análisis como el de Ultrasonido, mismo que no se pudo realizar por no poseer los equipos necesarios.
- Contratar personal técnico o capacitar a personal interno, para ir creando de una manera consistente un área que se encargue exclusivamente de ejecutar este tipo de mantenimiento en los puentes grúa que son indispensables para un tipo de empresa como una acería.
- Es recomendable realizar capacitaciones al nuevo personal que ingrese a trabajar en el área de despacho, sobre el mantenimiento, izaje de cargas y medición de cargas, ya que los operarios son los primeros en dar aviso a los encargados en caso que ocurra algún daño en el puente grúa.
- Mantener actualizado los indicadores de mantenimiento, ya que estos son indispensables para ejercer un mejor control sobre el mantenimiento predictivo en el puente grúa.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- A. Miravete, E. L. (1998). *Los transportes en la ingeniería industrial*. Barcelona, España.: Primera Edición.
- Aguilar. (2010). *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*. Santiago : Tecnología, Ciencia, Educación vol. 2.
- Alfaro Solís, R. (2016). *Implementación De Un Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (RCM)* . Lima.
- Aponte, G. H. (2011). *Implementación de un Modelo de un Transformador Eléctrico para el Análisis de su Respuesta en Frecuencia*. Bogotá: Información tecnológica, 22(4), 5-72.
- Balageas, D. L. (2007). Termografía infrarroja: una técnica multifacética para la Evaluación No Destructiva (END). *In IV Conferencia Panamericana de END*. Buenos Aires.
- Chusin, E. O. (2008). *Mantenimiento Industrial.*". Macas-Ecuador .
- Contreras, L. M. (2008). *Monitoreo de vibraciones para la detección de fallas mecánicas* . Universidad de Guanajuato: Doctoral dissertation, Master's thesis, .
- Díez, O. (2015). *Projecte d'implantació d'una grua torre de grans dimensions Av/Ronda Gran nº 170*. Bachelor's thesis.
- Felix., G. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial*. España.: Primera Edición.
- FLIR, S. (2012). El poder de cámaras térmicas de FLIR. *FLIR Systems Cámaras térmicas de Seguridad*.

- García, S. (2009). *Mantenimiento predictivo*. Madrid: Renovetec.
- Garrido. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento. Manual práctico para la implementación de sistemas de gestión avanzado de mantenimiento industrial*. Madrid, España.: Primera Edición.
- Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. México D.F : Ediciones Díaz de Santos.
- Gómez, J. L. (2008). *Enseñanza Teórico-Práctica de Vibraciones Mecánicas Aplicadas*. Tegucigalpa: Latin American & Caribbean Journal of Engineering Education, 2(2).
- González, J. (2008). *Teoría y prácticas del mantenimiento avanzado*. Madrid, España.: Segunda Edición.
- Lefcovich, M. (2009). *TPM mantenimiento productivo total: un paso más hacia la excelencia empresarial*. Buenos Aires: El Cid Editor.
- Marín, E. P. (2012). *Elementos de medición y análisis de vibraciones en máquinas rotatorias*. México D.F: Editorial Félix Varela.
- Marins, J. C.-C.-L.-Q. (2015). Aplicaciones de la termografía infrarroja en el deporte. Una revisión. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte/International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 15(60).
- Miravete, E. L. (2010). *Los transportes en la ingeniería industrial*. Barcelona, España.: Primera Edición.
- Moises, L. (2010). *Manejo de cargas de riesgo y medidas preventivas*. Madrid, España.: Primera Edición.

- Ocampo, J. M. (2016). *Determinación del Desbalance en Sistemas Rotor-cojinete a velocidad constante: Método de Identificación Algebraica*. Ingeniería mecánica. México D.F.
- Olarte, W. B. (2010). *Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria*. Medellín : Scientia et technica, 2(45), 223-226.
- Pérez, M., & Hernández, J. (2012). *La Termografía como herramienta para reducir los tiempos de reparación de las paredes de los generadores de vapor*. La Habana, Cuba: Primera Edición.
- Ríos, M. M. (2011). Termografía infrarroja y el estudio de riesgos de lesiones músculo esqueléticas. . *Revista Ingeniería Industrial*, 10(1).
- Salazar y López, E. (2012). *La termografía aplicada a la psicología básica. PhD Doctoral thesis, University of Granada*.
- Solar, G. L. (2009). *Análisis de vibraciones para el mantenimiento predictivo*. Técnica Industrial, 255, 25.
- Testo, A. G. (2008). *Termografía, guía de bolsillo. Teoría, Aplicación Práctica, Consejos y Trucos*. Buenos Aires.
- Torres, F. (2012). *Análisis de vibraciones e interpretación de datos* . Zaragoza, España: DIDYF.
- UTC. (2015). *Líneas de Investigación . Políticas de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico* .

ANEXO AI  
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES  
MENSUAL DEL ANÁLISIS DE  
TERMOGRÁFIA, VIBRACIONES Y  
CHECK LIST













ANEXO BI  
TEST DE EVALUACIÓN DE  
CONOCIMIENTOS

**Anexo B1. 1.** Test de Evaluación de Conocimiento

**1) Escriba con sus palabras una definición de Mantenimiento Predictivo**

**Respuesta Correcta:**

Este mantenimiento consiste en reemplazar o reparar componentes y elementos de un equipo o máquina antes que empiecen a fallar o dañarse.

**2) ¿Cuáles son las partes del puente grúa?**

**Respuesta correcta:**

**Elemento de elevación.** – Polipasto eléctrico a cable cadena.

**Carro.** – Permite desplazar el elemento de elevación

**Puente.** – Sostiene y facilita el desplazamiento del carro y del elemento de elevación, se compone de vigas y testeros

**3) Escriba todos los movimientos del puente grúa**

**Respuesta correcta:**

Los movimientos del puente son: traslación del puente, traslación del carro y movimientos de orientación del carro elevación y descenso.

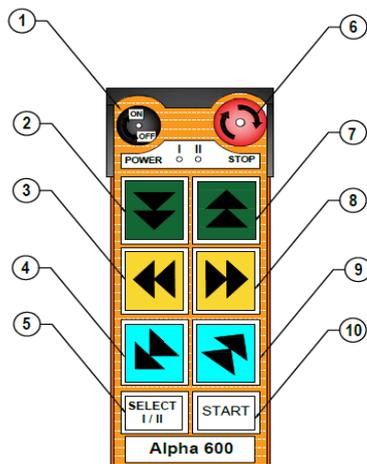
**4) Determine cuál es la carga máxima que soporta el puente**

**Respuesta correcta:**

La carga máxima correspondiente a 10 toneladas, marcada en las vigas del puente.

**5) Coloque cada una de las funciones del radio control para movimientos del puente.**

**Respuesta correcta:**



- ① START ON / OFF
- ② BAJAR
- ③ TRASLACIÓN SUR
- ④ TRASLACIÓN OESTE
- ⑤ SELECCIONAR VELOCIDAD I / II
- ⑥ PARO DE EMERGENCIA
- ⑦ SUBIR
- ⑧ TRASLACIÓN NORTE
- ⑨ TRASLACIÓN ESTE
- ⑩ COMENZAR

ANEXO CI  
IMÁGENES REFERENTES  
DE LA EMPRESA

Anexo C1. 1.- La industria Novacero S.A. Lasso.



Fuente: Grupo de investigadores

Anexo C1. 2.- Nave número dos de producto terminado



Fuente: Grupo de investigadores

**Anexo C1. 3.-** Cámara termográfica FLIR 450SC



**Fuente:** Grupo de investigadores

**Anexo C1. 4.-** SKP Microlog Analyzer



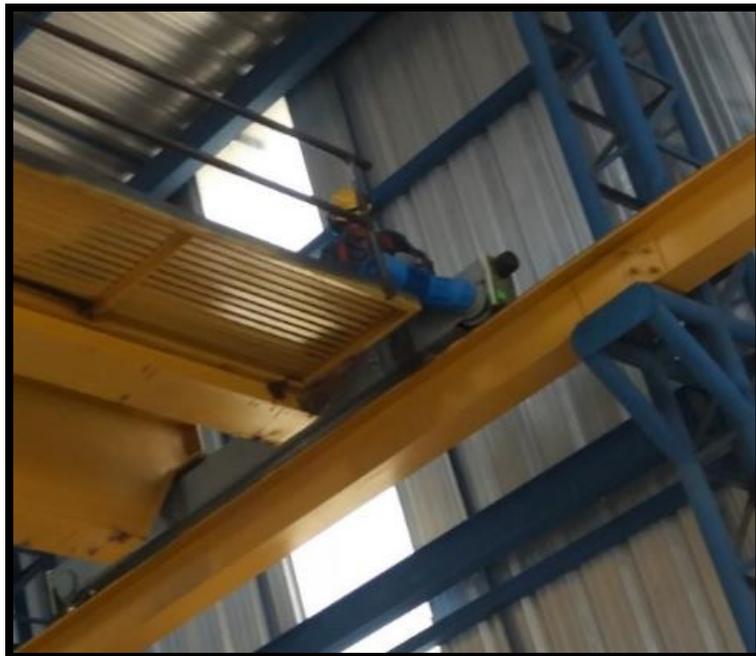
**Fuente:** Grupo de investigadores

**Anexo C1. 5.-** Izado de carga del puente grúa.



**Fuente:** Grupo de investigadores

**Anexo C1. 6.-** Toma de datos Análisis de Vibraciones



**Fuente:** Grupo de investigadores

### Anexo C1. 7.- Análisis Termográfico



Fuente: Grupo de investigadores

### Anexo C1. 8.- Producto Terminado



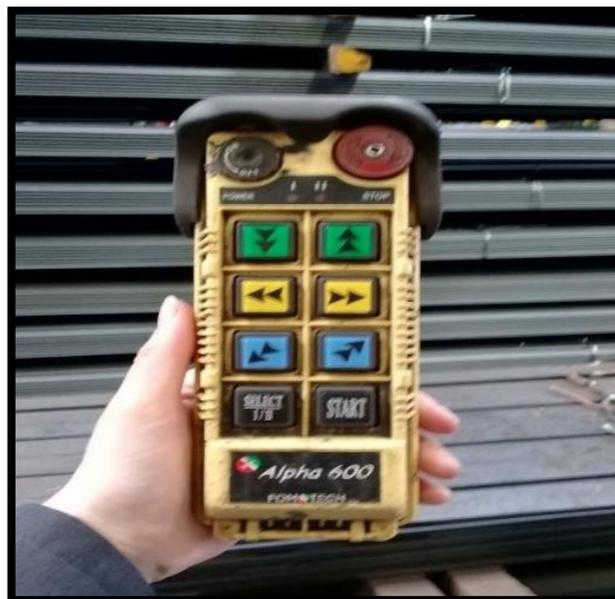
Fuente: Grupo de investigadores

**Anexo C1. 9.-** Peso maximo de Izaje del Punte Grúa 10Tn



Fuente: Grupo de investigadores

**Anexo C1. 10.-** Mando del puente grúa



Fuente: Grupo de investigadores

### Anexo C1. 11.- Termografía en el cuerpo humano



Fuente: Grupo de Investigadores

### Anexo C1.12.- Estudiantes investigadores



Fuente: Grupo de Investigadores

### Anexo C1. 19.- Hojas de vida de estudiantes investigadores

## HOJA DE VIDA



### DATOS PERSONALES:

- **Nombres:** Steffy Monserrat
- **Apellidos:** Cruz Cajas
- **Lugar de Nacimiento:** Latacunga, Cotopaxi, Ecuador
- **Fecha de Nacimiento:** noviembre 22 de 1994
- **Edad:** 22 años
- **Nacionalidad:** ecuatoriana
- **Cedula de Identidad:** 055000729-8
- **Estado Civil:** Soltera
- **Ciudad de Residencia:** Latacunga, Cotopaxi
- **Dirección Domiciliaria:** Cdla. Betlemitas
- **Teléfono Domicilio:** 032 818199
- **Teléfono Móvil:** 0987183522
- **e-mail Personal:** [stefymonse22@gmail.com](mailto:stefymonse22@gmail.com)

### NIVEL DE INSTRUCCIÓN ACADÉMICA:

- **Primaria:** Unidad Educativa “La Inmaculada”
- **Secundaria:** Unidad Educativa “Victoria Vásquez Cuvi”
  - Bachiller Técnico en Comercio y Administración
  - Especialidad Contabilidad.
- **Superior:** Universidad Técnica de Cotopaxi
  - Cursando el décimo semestre de Ingeniería Industrial

### CURSOS REALIZADOS:

- Jóvenes Emprendedores en Acción del Banco de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. (40 horas)
- Tributación SRI (80 horas)
- Curso Internacional de Seguridad y Salud Ocupacional Reporte, Investigación y Análisis de accidentes e incidentes de trabajo. (40 horas). Latacunga-Ecuador.
- Seminario Nacional de estudiantes e Ingenieros Industriales, con la temática: Producción, Calidad, Seguridad. (30 horas) Salinas-Ecuador.

- Seminario Nacional de estudiantes e Ingenieros Industriales, con la temática: La ingeniería pilar de la nueva matriz productiva (40 horas). Manta-Ecuador
- Congreso Hidrocarburos (16 horas) Puyo-Ecuador

**EXPERIENCIA LABORAL:**

- Colegio a distancia “Británico School” (Asistente Administrativa)
- ELEPCO S.A (Departamento Jurídico (Archivo))
- CONAGOPARE Secretaria/Asistente Proyectos
- NOVACERO S.A

## HOJA DE VIDA



### DATOS PERSONALES:

- **Nombres:** Edwin Mauricio
- **Apellidos:** Toapanta Muisin
- **Lugar de Nacimiento:** Latacunga, Cotopaxi, Ecuador
- **Fecha de Nacimiento:** noviembre 28 de 1994
- **Nacionalidad:** ecuatoriano
- **Cedula de Identidad:** 050418143-9
- **Estado Civil:** Soltero
- **Ciudad de Residencia:** Latacunga, Cotopaxi
- **Dirección Domiciliaria:** Barrio Ignacio Flores
- **Teléfono Móvil:** 0984099827
- **e-mail Personal:** [edwinmauriciotoapanta@yahoo.com](mailto:edwinmauriciotoapanta@yahoo.com)

### NIVEL DE INSTRUCCIÓN ACADÉMICA:

- **Primaria:** Unidad Educativa “Dr. José Maria Velasco Ibarra”
- **Secundaria:** Unidad Educativa “I.T.S.I Ramón Barba Naranjo”
  - Bachiller Técnico en construcción de estructuras
  - Metálicas.
  - Especialidad Industrial
- **Superior:** Universidad Técnica de Cotopaxi
  - Aprobado el décimo semestre de Ingeniería Industrial

### CURSOS REALIZADOS:

- Asistente a la capacitación “PERSPECTIVAS DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL”.
- Congreso Ecuatoriano de Estudiantes de Ingeniería Industrial y a fines con la temática: La ingeniería pilar de la nueva matriz productiva. (40 Horas).
- Congreso Ecuatoriano de Estudiantes de Ingeniería Industrial y a fines con la temática: Los nuevos desafíos e innovaciones del siglo XXI. (32 Horas).
- Seminario Internacional de Ingeniería Industrial. (24 H)
- Seminario Nacional de Estudiantes e Ingenieros Industriales, con la temática: Produccion, Calidad, Seguridad. (30 Horas).

**EXPERIENCIA LABORAL:**

- Induce del Ecuador “Vía Alaquez Joseguango junto a la Escuela Manuel J. Calle.”  
(área de soldadura, torno y pintura).
- Hospital Básico Rafael Ruiz Pujilí-Saquisilí.