

# Main power supply system of an overhead crane and its impact on safety in the leaching area at the cajamarquilla zinc refinery

Javier Garcia<sup>1</sup>; Ena Cacho<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Lima, Perú, N00084850@upn.pe , javiergarcia0103@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú, [ena.cacho@upn.edu.pe](mailto:ena.cacho@upn.edu.pe), [ena\\_20lm@hotmail.com](mailto:ena_20lm@hotmail.com)

*Abstract– The purpose of this project is to commission the electrical system for the main power source of the overhead crane, located in the leaching area of the Cajamarquilla refinery, in order to improve the availability and safety of its operation. Data collection began on the current status of the overhead crane. It was detected that the most common failure occurred in the electrical supply system. To identify areas for improvement, an analysis of the current status of the equipment was performed. The goal was to plan and determine what type of system could replace the current one, given that the system presents deficiencies that render the equipment inoperative, causing delays in scheduled crane work. The current condition of the equipment does not ensure safe working conditions, putting the employees who use it at risk. Two different electrical systems for overhead cranes were identified that could replace the existing one: The C-Track System and the Extensible System. Finally, an economic evaluation of the two systems was completed, considering both cost and installation time.*

*Keywords-- Festoon system; cable trolleys; electrical system, Extendable System, C-Track System.*

# Sistema eléctrico de alimentación principal de un puente grúa y su impacto en la seguridad en el área de lixiviación en la refinería de zinc Cajamarquilla

Javier Garcia, Ing. 1; Ena Cacho, Ing. 2.

<sup>1</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Lima, Perú. [javiergarcia0103@gmail.com](mailto:javiergarcia0103@gmail.com), [ena.cacho@upn.edu.pe](mailto:ena.cacho@upn.edu.pe)

**Resumen**– *El propósito de este proyecto es poner en marcha el sistema eléctrico de la fuente de energía principal del puente grúa, ubicado en el área de lixiviación de la refinería de Cajamarquilla, con el fin de mejorar la disponibilidad y la seguridad en la operación del puente grúa. Se comenzó con la recolección de datos sobre el estado actual del puente grúa. Se detectó que la falla habitual ocurría en el sistema eléctrico de suministro. Para identificar las áreas que pueden mejorarse, se realizó un análisis del estado actual de los equipos, con el fin de planificar y determinar qué tipo de sistema podría sustituir al actual, dado que el sistema presenta deficiencias que provocan que el equipo se vuelva inoperativo, ocasionando retrasos en los trabajos programados con la grúa. La situación actual del equipo no asegura las condiciones de trabajo seguras, poniendo en riesgo a los colaboradores que lo utilizan. Se identifican 2 sistemas eléctricos distintos para puentes grúa que podrían sustituir al existente: Sistema C-Track y Sistema Extensible. Finalmente se consiguió realizar una evaluación económica de los 2 sistemas, considerando tanto el costo como el tiempo de instalación.*

**Palabras clave**– *Sistema festón; carros porta cables; sistema eléctrico, Sistema Extensible, Sistema C-Track.*

## I. INTRODUCCIÓN

Los trabajos con grúas tienen como objetivo principal elevar cargas y bajar materiales. Con ese fin, cada operador debe tener en cuenta ciertos conceptos y normas para llevar a cabo su trabajo diario respetando las medidas de seguridad. [1] A nivel Internacional, desde 1997, lamentablemente, se han contabilizado 818 decesos de empleados en todo el mundo relacionados con percances que involucran grúas, lo que significa un promedio anual de 42 caídas. En Estados Unidos, Texas lidera la lista en cuanto a fatalidades asociadas a estos equipos. Otra estadística revela que el 90% de los sucesos con grúas están directamente ligados a errores cometidos por personas. La causa más común de los fallos mecánicos es, de hecho, el error humano, que representa cerca del 80% de estos incidentes. La negligencia podría ser un factor importante en ambos porcentajes. Si el operador no presta la debida atención a sus labores, podría tomar decisiones inesperadas que generen responsabilidad para la compañía constructora a cargo del proyecto. Debido a estas elevadas cifras, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) ha puesto en marcha una serie de normas estrictas para reducir los accidentes con grúas. Las regulaciones de OSHA buscan fortalecer la capacitación sobre el manejo seguro de grúas en las obras de construcción. Estas normas obligarán a todas las partes a

cumplir con los criterios definidos antes de iniciar cualquier trabajo. [2]

A nivel Nacional, El Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo de Perú publicó datos estadísticos en 2020 que mostraban que se habían registrado 1508 accidentes laborales relacionados con la electricidad, es decir, el 4,6% de todos los accidentes laborales registrados en el país. De estos sucesos, 14 fueron fatales y 1221 resultaron lesionados.

Además, Osinergmin, organismo técnico especializado encargado de la regulación y supervisión de la electricidad en Perú, tiene una función clave en la seguridad eléctrica en el sitio de trabajo. [3]

Osinergmin evaluó un caso de accidente de puente grúa ocurrido en 2013 en la empresa minera Chinalco Perú como consecuencia de una manipulación inadecuada de materiales. La evaluación incluyó información sobre las condiciones previas y posteriores al accidente, las causas primarias e inmediatas y las acciones preventivas y correctivas necesarias para reducir los índices registrados hasta el momento. [4]

Ubicada en el distrito de Lurigancho-Chosica, se encuentra la Refinería de Zinc de Cajamarquilla. Dentro de las instalaciones de la refinería, los puentes grúa son parte del equipo esencial. Estos intervienen, ya sea directa o indirectamente, en el proceso de producción del zinc.

La investigación que se llevará a cabo se centra en el Sistema Eléctrico de alimentación de un Puente Grúa y cómo esto puede influir en la seguridad de los activos de la Refinería

Si no se cuenta con un adecuado sistema eléctrico, puede generar, incidentes o accidentes con el equipo: exposición a cargas suspendidas, deslizamiento de carga, accidentes eléctricos, poniendo en riesgo a los colaboradores de la unidad. Actualmente existe diversos tipos de sistema eléctricos para puentes grúas, va a depender de las características del área donde se encuentran ubicados los equipos de izaje.

## Antecedentes Internacionales

[5] en su tesis titulada “Optimización del plan de mantenimiento e inventario de repuestos del área eléctrica de la central hidroeléctrica Alazán, basado en el análisis de criticidad y mantenimiento centrado en confiabilidad” por la Universidad del Uzuay, Cuenca-Ecuador, para optar el grado de maestro en Gestión de Mantenimiento, tuvo como objetivo, aplicar la metodología de mantenimiento RCM; y mejorar la gestión de repuestos de equipos críticos con la aplicación de la

metodología de Repuestos Centrados en Confiabilidad RCS. La metodología de estudio que utilizó se enfoca en el levantamiento de información en el lugar de trabajo, registros de operación y mantenimiento de los años 2016 al 2019, y parámetros técnicos de los equipos instalados. De los resultados que obtuvo en el Análisis de criticidad se destaca que existen 7 sistemas eléctricos categorizados como “CRÍTICOS”, a los cuales se aplicó RCM. Para los sistemas que se encuentran dentro de la categoría de “IMPORTANTE” y “NORMAL” se aplicarán las técnicas de mantenimiento tradicionales.

Esta investigación es interesante, porque la metodología que utilizó se enfocó, en la recopilación de información en el lugar de trabajo, historiales de operaciones y mantenimiento. por tal motivo, será de mucha ayuda en el proceso de mi investigación.

[6] en su tesis titulada “Restauración de las condiciones de funcionamiento óptimo del puente grúa del taller de fundición de la Facultad de Mecánica de la Epoch mediante técnicas de mantenimiento mejorativo” por la Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador, para optar el grado de Ingeniero de Mantenimiento, tuvo como objetivo restaurar las condiciones de funcionamiento óptimo del puente grúa del Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica mediante técnicas de mantenimiento mejorativo. La metodología que empleo, tiene una perspectiva lineal secuencial, la cual inicio con una inspección técnica para la identificación de fallas y modos de fallas, siguió con la intervención técnica propia en el puente grúa, destinado a la restauración total de los parámetros de funcionamiento del mismo, cabe destacar que en la intervención se ejecutó el rediseño e implementación de nuevos circuitos eléctricos para los motores, en el sistema mecánico se ejecutó el mecanizado de algunos elementos mecánicos, que la estructura del puente grúa necesita para mantenerse operativo; se verificó la operatividad óptimo del puente grúa mediante pruebas de los movimientos longitudinal, transversal y vertical del activo, con la ayuda de los sentidos propios del ser humano y de equipos de diagnóstico técnico que indicaron que los parámetros de funcionamiento del puente grúa son los establecidos en su diseño. Concluyó que las técnicas de mantenimiento mejorativo desarrolladas en el puente grúa fueron las adecuadas para la restauración de los parámetros de funcionamiento del mismo. Se recomendó realizar la práctica total del plan de mantenimiento autónomo diseñado, con el fin de garantizar la conservación de los parámetros de funcionamiento del puente grúa como también la seguridad operacional del mismo.

Esta investigación es sumamente interesante, porque basa su objetivo es restablecer las condiciones de funcionamiento del puente grúa, por tal motivo, será de mucha ayuda en el proceso de mi investigación.

[7] en su tesis titulada “Propuesta para la implementación de un plan de seguridad industrial para mejorar el proceso operativo en las grúas aéreas Danieli 103 y

107 del área de fundición en la empresa Andec s.a” por la Universidad del Guayaquil , Guayaquil-Ecuador, para optar el grado de Ingeniero Industrial, tuvo como objetivo mejorar el proceso operacional para reducir los riesgos en las grúas aéreas del área de Fundición de la empresa ANDEC S.A, utilizando las herramientas adecuadas de Seguridad Industrial. Puso en práctica la metodología matemática de William Fine para detectar los factores de riesgos asociados a la actividad laboral y crear medidas de control para reducir el impacto o daño, obtuvo como actividad peligrosa el levantamiento y traslado de cucharas con acero, la misma que presenta factores de exposición de tipo físico, mecánico y químico. Concluye analizando los factores de riesgos dentro del área de fundición de la empresa ANDEC S.A. utilizando la herramienta conocida como matriz de riesgos, y la aplicación del método de William Fine. Se realizó la propuesta de capacitaciones a todos los 48 trabajadores del área de fundición Bajo el nombre de Riesgos Mecánicos y Químicos y sus diferentes factores.

Esta investigación es interesante, porque tiene como objetivo mejorar y reducir los riesgos en las grúas que es una de las variables que he considerado para mi proceso de mi investigación.

#### Antecedentes Nacionales

[8] en su tesis titulada “Mejora del plan de seguridad para reducir los accidentes laborales en la empresa Grúas VP-2023” por la Universidad Cesar Vallejo, Trujillo - Perú, para optar el grado de Ingeniero Industrial, tuvo como objetivo llevar a cabo la mejora del plan de seguridad para reducir los accidentes laborales en la empresa Grúas VP- 2023. Su diseño de investigación es pre experimental de nivel explicativo con tipo aplicada de enfoque cuantitativo. Concluyó con la aplicación de la mejora del plan de seguridad, con una mejora de 80.00% en la reducción de accidentes

Esta investigación es sumamente interesante, ya que logró reducir los accidentes, y es lo que pretendo en mi investigación, por tal motivo, será de mucha ayuda en el proceso de mi investigación.

[9] en su tesis titulada “Reformulación del sistema eléctrico en campamento base Wandary Quincemil, Quispicanchi Cusco” por la Universidad Nacional San Antonio de Abad, Cusco-Perú, para optar el grado de Ingeniero Electricista, tuvo como objetivo solucionar un determinado problema o planteamiento específico, centrándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico. La metodología que utilizo es la TEORÍA DE CAMBIO. Que viene a ser el ejercicio de aprendizaje colaborativo y multiactor que permite entender las realidades complejas de un sistema, en el ejercicio continuo de reflexión y análisis sobre el cambio y la percepción de la realidad, Identificando las mejores estrategias para lograr los resultados esperados. Concluyó en presentar una propuesta de reformulación e implementación del sistema eléctrico, logrando reducir considerablemente los gastos de generación de energía eléctrica y cumpliendo con entregar, seguridad,

estabilidad y continuidad en el sistema eléctrico del campamento base Wandary.

Esta investigación es interesante, ya que en propuesta plantea la reformulación e implementación del sistema eléctrico, el cual es una de mis variables, por tal motivo, será de mucha ayuda en el proceso de mi investigación.

[10] publico en su revista científica “Seguridad eléctrica en el lugar de trabajo” por la revista Industrial Data de la Universidad San Marcos, Lima - Perú, tuvo como objetivo vincular las condiciones de trabajo con los riesgos eléctricos; además, se busca ampliar el conocimiento en cuanto a la exposición de riesgos con energía eléctrica, para prevenir accidentes. La metodología que empleo es la cuantitativa, debido que se realizaron mediciones numéricas y reportes de lo sucedido. Las principales técnicas que utilizo es la entrevista, la observación y el análisis de datos o investigación documental. Concluyó luego de realizar su análisis sobre riesgos eléctricos, que el arco eléctrico es la liberación sin control de energía en dos etapas (relámpago y ráfaga). Y el choque eléctrico es el paso de corriente a través del cuerpo; ambos son consecuencias bajo una condición subestándar y generan consecuencias mortales. Esta investigación es interesante, ya que relaciona las condiciones de trabajo con los riesgos eléctricos, el cual va ser de gran aporte para mi investigación.

La justificación teórica se utiliza cuando un estudio pretende contrastar una teoría, validar hallazgos, generar reflexión y debate académico sobre el estado del conocimiento, o desarrollar una epistemología del estado del conocimiento. [11]

La justificación de la investigación es teórica, y el propósito del estudio consiste en establecer un sistema eléctrico innovador para un puente grúa. Dado que en la actualidad el sistema eléctrico presenta deficiencias, la grúa está funcionando con un cable temporal, lo que supone un riesgo para los activos de la empresa. Es necesario asegurar la protección de los empleados que utilizan el equipo para las diversas tareas.

## II. METODOLOGIA

Comenzamos explorando cómo se entiende la realidad dentro de este campo, para así captar la importancia de la investigación aplicada en la labor de asesoramiento. Seguidamente, expondremos varias justificaciones clave sobre la motivación y la finalidad de indagar. Para centrar el artículo correctamente en la noción de investigación aplicada, también se alude a la dificultad inherente a la investigación en su conjunto. Se ofrece un análisis conciso acerca de algunas clases de investigación que se reconocen y organizan bajo el nombre de práctica, aplicada o empírica. [12]

Esta investigación se clasifica como aplicada, porque fusiona la teoría con métodos de ingeniería. El objetivo es desarrollar e implementar un innovador sistema eléctrico para la grúa puente.

La investigación experimental destaca por modificar deliberadamente la variable independiente para luego examinar cómo influye en la variable dependiente. Dentro de esta categoría, encontramos diversos tipos de estudios: (a) el pre experimental, que se distingue por aplicar una intervención en un único grupo; (b) el cuasi experimental, que involucra uno o varios grupos sometidos a experimentación, un grupo de control, pero donde los participantes no se asignan al azar a los grupos; y (c) el tipo experimental, que cuenta con varios grupos de intervención, un grupo de control y una distribución aleatoria de los participantes a cada grupo. [13]

El trabajo actual presenta un enfoque de investigación experimental, de tipo pre experimental, puesto que nuestro estudio se enfocará únicamente en los sistemas eléctricos de los puentes grúas, empleando diversas teorías necesarias para la recopilación, análisis y presentación de datos, los cuales utilizaremos para nuestro sistema y así poder validar nuestra hipótesis.

El enfoque cuantitativo deriva su nombre del hecho de que examina fenómenos que pueden cuantificarse, o a los que se puede dar un número, como el número de hijos, la edad, el peso, la altura, la aceleración, la masa, el nivel de hemoglobina y el coeficiente intelectual, entre otras cosas. Para ello utiliza técnicas estadísticas para analizar los datos recogidos, y su objetivo primordial es describir, explicar, predecir y controlar objetivamente sus causas, así como predecir su ocurrencia a partir del descubrimiento de dichas causas. Basa sus conclusiones en la aplicación rigurosa de la métrica o cuantificación, tanto en el proceso de recogida de datos como en el tratamiento, análisis e interpretación de los resultados mediante el método hipotético-deductivo. [14]

La investigación que se presenta se basó en un enfoque cuantitativo, aplicando la observación directa en el entorno real. La recopilación de información se realizó directamente en los lugares donde los sucesos de interés tienen lugar.

La técnica analítica es una metodología de estudio que consiste en diseccionar un todo en sus piezas o elementos componentes para examinar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es el proceso de ver e investigar un hecho determinado. Para captar la esencia de un hecho o cosa objeto de estudio, hay que ser consciente de su naturaleza. Al conocer mejor el objeto de nuestra investigación, podemos comprender mejor su comportamiento, explicarlo, establecer comparaciones y elaborar nuevas hipótesis. [15]

Tras analizar la situación, hemos optado por usar el método analítico. Creemos que, dada la naturaleza particular de nuestro problema, la observación detallada es clave para entenderlo a fondo y, eventualmente, hallar una solución efectiva.

El conjunto de componentes, individuos y cosas que se utilizarán como unidades de muestreo y tienen cualidades comparables se denomina población. Otro nombre que recibe es Universo. [16]

Muestra: Una muestra es el subconjunto de la población que se elige para proporcionar datos para

mediciones u observaciones de las variables de la investigación. [16]

Para esta investigación, el punto central de análisis es el puente grúa, y la parte elegida para examinar a fondo será el sistema eléctrico de dicho puente. El estudio se desarrollará directamente en la refinería de Zinc - Cajamarquilla, específicamente en el área de lixiviación.

El tipo de muestreo que se utilizó, es el no probabilístico por conveniencia, que es una técnica donde la muestra de la población se seleccionó porque están convenientemente disponibles.

Las encuestas son el mejor método de recogida de datos, ya que permiten entrevistar a la muestra sobre la información que hay que recabar. El objetivo de este método es recopilar datos de forma organizada y metódica. El cuestionario utilizado en este estudio es la herramienta de recogida de datos. Incluye una serie de preguntas que se han elaborado teniendo en cuenta las dimensiones de cada variable.

En la primera parte está constituido por 5 pregunta que corresponde a la variable dependiente y en la segunda parte está constituida por 5 preguntas las cuáles forman parte de la variable independiente.

#### ❖ Técnicas

✓ Encuesta: A pesar de ser una de las técnicas más utilizadas para recopilar datos, el sesgo de los encuestados la hace cada vez menos creíble. El cuestionario, o serie de preguntas, que constituye la base de la encuesta se crea con la intención de recabar datos de los encuestados. [11]

#### ❖ Instrumentos:

✓ Cuestionario: Es una serie de indagaciones creadas para proporcionar la información necesaria para cumplir los objetivos del proyecto de estudio. Es una estrategia formal para recopilar datos de la unidad central de análisis del problema de investigación y del objeto de estudio. [11]

- SPSS
- Reportes de Confiabilidad – Top Ten Fallas
- Reporte de mantenimiento.
- Check list.
- Excel
- Técnicas e Instrumentos de análisis

El campo de la estadística descriptiva, se encarga de recopilar, organizar, almacenar, crear tablas y gráficos y calcular parámetros fundamentales sobre el conjunto de datos. [17]

Para presentar la información en tablas y gráficos, los cuales nos han permitido visualizar la información de forma precisa, concisa.

La estadística inferencial; es una herramienta poderosa en la toma de decisiones basadas en datos. Es un proceso que permite hacer generalizaciones precisas sobre una población a partir de una muestra. [18]

Ya que contamos con una muestra de la cual tomamos conclusiones, como instrumento se ha utilizado la hoja de cálculo de Excel, lo cual no ha permitido realizar las tablas de los cuestionarios. También se ha utilizado el IBM SPSS STATISTIC 27, para validar el instrumento. Tras la obtención de las encuestas, se depuraron los datos y se introdujeron en una hoja de cálculo Excel para extraer los cuadros y gráficos correspondientes. Para probar la validez del instrumento se utilizó la herramienta SPSS, probando con 15 personas del área de mantenimiento, obteniendo un alfa de Cronbach del 0.9%, se afirma que el instrumento es confiable.

Procedimiento de recolección de datos:

1. Se llevó a cabo un diagnóstico visual al sistema eléctrico del puente grúa para poder identificar alguna falla.
2. Se seleccionó la muestra, la cual estaba conformada por las personas que utilizan el puente grúa para sus labores de mantenimiento y cambio de filtros. La muestra está conformada por las personas que utilizan el equipo de izaje y pertenecen al área de mantenimiento planta.
3. Se elaboró el instrumento de recolección de datos, constituida por 10 preguntas: 5 preguntas corresponden a la variable independiente y 5 preguntas corresponde a la variable dependiente.
4. Se validó el instrumento con la herramienta SPSS, obteniendo un alfa de Cronbach de 0.9 el cual significa que el instrumento es aplicable.
5. Se usó el instrumento con la muestra de 25 personas que laboran en el área de mantenimiento.

Procedimiento de análisis de datos

1. Primeramente, se depuró la información obtenida para poder garantizar la validez de las respuestas.
2. La información se trasladó a una hoja de cálculo Excel para poder revisarla.
3. Los datos adquiridos en la hoja de cálculo Excel se presentaron en gráficos detallados.
4. Comparación de gráficos

Aspectos Éticos:

Los aspectos éticos de la investigación siguen los protocolos y normas de la UPN, el estudio guarda confidencialidad de los datos obtenidos, tal como lo ha expresado la empresa, solamente será de análisis para la elaboración de la investigación. El dato de la presente investigación es objetiva y veraz. El estudio en el desarrollo sigue las normas establecidas por el APA, para dar crédito a los autores nombrados en la presente investigación, a través citas directas e indirectas, acreditando la información a través de la bibliografía. La información es de conocimiento público según las normas establecidas para servir como antecedente de investigación y marco teórico

- Confidencialidad y privacidad: Los datos recopilados se categorizan. aparte del investigador, que posee acceso a la

información. Me aseguro de que nadie relacione los datos con el participante ni los utilice para identificarlo al utilizarlos.

- Principios: El investigador lleva a cabo la investigación de forma responsable, prudente y veraz.
- Respeto: El investigador pretende llevar a cabo esta investigación con el máximo respeto hacia las personas, por lo que es el valor ético más significativo a tener en cuenta en el estudio.
- Autonomía: Se ejerció la libertad individual en la realización del presente estudio.
- Honestidad: La información proporcionada en este estudio es veraz, original e inmutable.

### III. RESULTADOS

En el afán de afrontar nuestro objetivo inicial, se empleó el uso de la hoja de check list de pre-uso del equipo y el cuestionario, instrumentos que ayudaron a recoger los datos. Se revisó la información documentaria tanto del equipo como de sus componentes, se contó con los registros históricos de fallas, registros de mantenimiento, registros de reparaciones de los equipos de izaje. A continuación, una tabla con la lista de equipos de izaje, ubicados en la refinería en el área de mantenimiento.

Se revisó la información sobre los diferentes sistemas eléctricos que existen para puentes grúas, de los 5 tipos identificados, el primero es el sistema que cuenta actualmente el cual presenta deficiencia. El segundo sistema no es viable debido que tiene las mismas características del sistema actual. El tercer sistema se identifica que si es viable debido a que el conductor eléctrico es de tipo festoon (cable plano). El cuarto sistema se identifica que también es viable, de tipo festoon y se diferencia del tercer sistema debido a su diseño. El quinto sistema no es viable debido a que solo se utiliza para grúas pórtico.

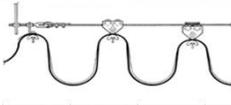
Tipos de Sistemas Eléctricos para Grúas Punte		
Imagen	Descripción	Observación
	Sistema Eléctrico de Barras	Sistema Actual
	Sistema de Barras Conductoras Encapsuladas	Sistema no viable
	Sistema Festoon C- track	Viable
	Sistema de Cable Extensible	Viable
	Carretes Industriales para Grúas	No Viable

Fig. 1 Diferentes tipos de sistemas eléctricos para Grúas Punte.

Para poder mejorar la seguridad en el uso de los equipos de izaje, se tuvo que relizar un levantamiento de informacion de las condiciones de los equipos de izaje. El instrumento que nos ayudo es el check list de pre uso del equipo. En el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería en su artículo 371 menciona que la persona titular de la actividad minera se encargue de realizar el mantenimiento necesario y las inspecciones periódicas, que deben ser realizadas por personal cualificado para mantener el equipo en condiciones de funcionamiento seguras. La documentación de estas inspecciones debe conservarse en un lugar destacado. [19]

Tras analizar la información obtenida de las listas de verificación y los formularios, pudimos identificar el fallo recurrente en el puente grúa de lixiviación. Se concluye que el problema más común reside en el sistema eléctrico central de la grúa y en cómo esto podría poner en riesgo la integridad del personal.



Fig. 2 Sistema de barras del puente grúa de lixiviación

Luego de revizar la información de los check list se identificó que la falla recurrente se presenta en el sistema eléctrico de la grúa.



Fig. 3 Sistema de barras electricas

Se identificó que las barras eléctricas de alimentación del puente grúa presentan escarcha miento y formación de sarro en los rieles eléctricos, la presencia de sarro de debe a las condiciones del área, debido que en el área de trabajo hay presencia de vapores, gases y presencia de particulas de polvo, todo esto genera el deterioro que los componentes que conforma el sistema eléctrico. El cual influye en la seguridad de los colaboradores ya que la grúa se queda inoperativa por el atascamiento de los colectores eléctricos, ocasionando que lo colectores se dañen y dejando el equipo inoperativo trayendo retrasos en los trabajos programados con el equipo.



Fig. 4 Soporte de riel deteriorado

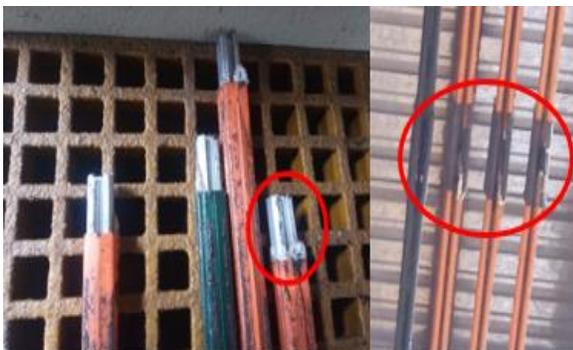


Fig. 5 Barras Eléctricas con presencia de sarro

Culminada con la evaluación, se inició con la planificación del nuevo sistema eléctrico, se contaba con 2 sistemas el cual podría reemplazar al sistema eléctrico existente, se elaboró un cronograma de actividades para realizar el cambio del sistema eléctrico, se realizaron las respectivas cotizaciones de los 2 sistemas eléctricos para luego evaluar cuál de los 2 sistemas es más viables para instalarlo.

TABLA I  
COTIZACIÓN SUMINISTRO C-TRACK

item	Long de Sistema	Nombre del Producto	Cantidad	Precio Total US\$	
1	35 metros	Perfil tipo C x 4 metros	35mts.	2,250.00 + IGV	
		Unión entre riel	8 Pzs.		
		Soporte de riel	25 Pzs.		
		Carro porta cable	22 Pzs.		
		Carro Fijo	1 Pzs.		
		Carro de arrastre	1 Pzs.		
		Tope Final	1 Pzs.		
		Cable Plano 4G 4MM2( Fuerza)	48 mts.		235.00 + IGV
		total			2,485.00 + IGV

En la tabla se observa los costos de los suministros del sistema eléctrico C-track.

TABLA 2  
COTIZACIÓN INSTALACIÓN C-TRACK

item	Long de Sistema	Nombre del Producto	Cantidad	Precio Total US\$
2	35 metros	Instalación del sistema C-track - 4 técnicos supervisor duración: 3 días	1	1,350.00 + IGV

En la tabla se muestra el costo que implicaría la instalación del sistema C-track y el tiempo de demandaría su instalación.



Fig. 6 Componentes del Sistema C-track

TABLA 3  
COTIZACIÓN DE SUMINISTRO DEL SISTEMA EXTENSIBLE

Long de Sistema	Nombre del Producto	Cantidad	Precio Total US\$
1 35 metros	Cable con forro de Nylon 6mm (1/4") Diam.	40mts.	1,350.00 + IGV
	Kit de Accesorio de Fijación	2 Pzs.	
	Barra de Arrastre	1 Pzs.	
	Carro de arrastre	1 Pzs.	
	Carro	22 Pzs.	235.00 + IGV
	Abrazadera de anclaje	1 Pzs.	
	Cable Plano 4G 4MM2( Fuerza)	48 mts.	
	total		1,585.00 + IGV

En la tabla se aprecia la cotización de los suministros para el sistema extensible

TABLA 4  
COTIZACIÓN DE INSTALACIÓN DE SISTEMA EXTENSIBLE

item	Long de Sistema	Nombre del Producto	Cantidad	Precio Total US\$
2	35 metros	Instalación del sistema C-track - 4 técnicos 1 supervisor duración: 2 días	1	950.00 + IGV

En la tabla se aprecia el costo de la instalación del sistema extensible

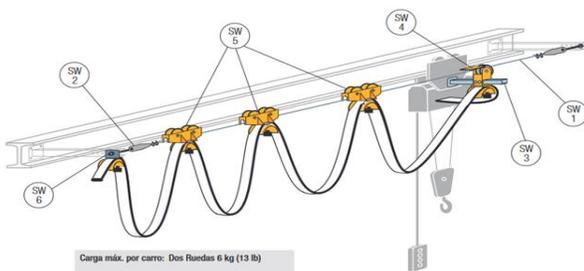


Fig. 7 Sistema Extensible

Terminando la planificación, se inició en diseñar el nuevo sistema eléctrico para el área de lixiviación, por las condiciones del área de trabajo se opta por el sistema eléctrico extensible, su diseño es práctico y versátil y el tiempo de instalación es menor, y económicamente el sistema extensible es más económico tanto en suministro, como en su instalación.

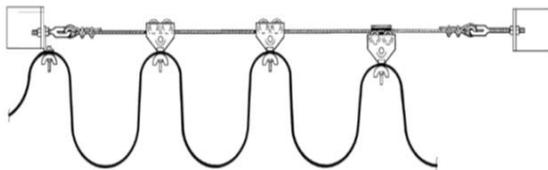
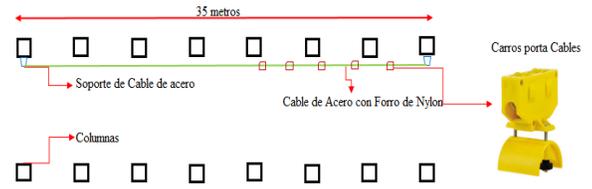


Fig. 8 Sistema de cable extensible

De fácil mantenimiento y se cuenta con repuestos en stock en caso se requiera cambiar. El Sistema de cable extensible consta de 2 soportes fijados en ambos extremos de las columnas o vigas. En el cual se instala el cable de acero

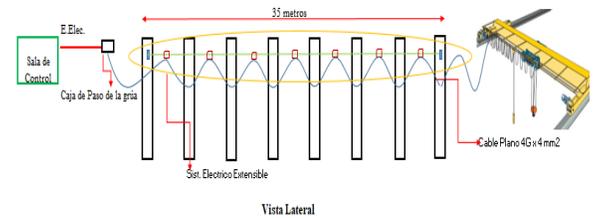
asegurando con grapas y tiene que quedar el cable acerado templado.



Vista de Planta

Fig. 9 Diseño del Sistema Eléctrico Extensible Vista Planta

Se procede a colocar los carros porta cable en el conductor eléctrico plano 4G x 4mm<sup>2</sup>, la distancia entre carro y carro es de 1.5 metros. Culinado de colocar todos los carros, se procede a instalar en el cable de acero ya templado. Un extremo del cable plano va conectado en la caja de paso del puente grúa, el otro extremo del cable plano va instalado en el tablero principal de la grúa.



Vista Lateral

Fig. 10 Diseño Sistema Eléctrico Extensible Vista Lateral

#### IV. CONCLUSIONES

Encontré ciertas dificultades vinculadas a la posibilidad de acceder al equipo para poder analizar cómo se encuentra. Respecto a la obtención de información, es importante indicar esto: el manual del equipo carece de detalles extensos sobre los variados sistemas eléctricos que tienen las grúas.

Se realizó un estudio exhaustivo de los diferentes sistemas eléctricos usados en grúas, recopilando información directamente de diversos fabricantes. En cuanto a los registros de la lista de verificación del equipo, se descubrió que, en los últimos meses, no se habían llenado correctamente después de cada uso; fue necesario juntar todos los documentos archivados durante un periodo de un año.

Para realizar la encuesta a los colaboradores, la restricción que se encontró, es que los colaboradores están distribuidos en diferentes turnos de trabajo, lo cual representaba un desafío, se superó esta limitación coordinando con los colaboradores para que pudieran completarlo antes de acabar su turno de trabajo

El sistema eléctrico extensible puede ser creado en diversos entornos industriales, ya que no presenta restricciones para su uso en los distintos sectores industriales.

En los resultados obtenidos para llevar a cabo una implementación, lo primero es la recopilación de datos de los equipos en el lugar, así como el registro e historial de fallas de los mismos. Para asegurar la accesibilidad del equipo y aumentar la seguridad en la operación del equipo de elevación

Al respecto[5], aplica la técnica de las piezas de repuesto centradas en la fiabilidad (RCS) para mejorar la gestión de las piezas de repuesto de los equipos esenciales. Las especificaciones técnicas de los equipos instalados, los historiales de funcionamiento y mantenimiento de 2016 a 2019 y la recopilación de datos in situ son las áreas clave en las que se centra el enfoque del estudio. Se identificaron siete sistemas eléctricos como "CRÍTICOS" en función de los resultados del Análisis de criticidad, y se aplicó RCM a estos sistemas. Los sistemas clasificados como "IMPORTANTE" y "NORMAL" se mantendrán utilizando métodos convencionales

Los resultados obtenidos en el diagnóstico del equipo revelaron la situación actual de la falla recurrente, que se identificó como una falla en el sistema eléctrico, específicamente en el sistema de alimentación eléctrica de la grúa.

Al respecto [6], en su estudio la aplicación de prácticas de mantenimiento mejoradas, el puente grúa del Taller de Fundición de la Escuela de Mecánica pudo volver a sus condiciones ideales de funcionamiento. La metodología del estudio siguió un enfoque lineal secuencial, empezando por una inspección técnica para identificar fallos y modos de fallo. A continuación, se llevó a cabo una intervención técnica en el puente grúa para renovar por completo sus parámetros de funcionamiento. Cabe señalar que, como parte de la intervención, se diseñaron e implementaron nuevos circuitos eléctricos para los motores, y el sistema mecánico se sometió a un mecanizado correcto de determinados elementos mecánicos que la estructura del puente grúa requiere para seguir siendo operativo. El objetivo final de la intervención era garantizar que el puente grúa funcionara con la mayor eficiencia posible. Llegó a la conclusión de que los parámetros de funcionamiento del puente grúa podían restablecerse utilizando los planteamientos de mantenimiento de mejora que se habían creado para él. Sugirió que se aplicara íntegramente el plan de mantenimiento autónomo para garantizar la seguridad operativa del puente grúa y la conservación de sus parámetros de funcionamiento.

El resultado obtenido en la planificación, es la realización de cronograma de trabajo y los costos que demandaría el cambio del nuevo sistema eléctrico en la refinería de Zinc. Para poder realizar la validación del mismo. Y con ello garantizar la seguridad de los colaboradores.

Al respecto [7], en su estudio mejora el proceso operacional para reducir los riesgos en las grúas aéreas en el área de Fundición de la empresa ANDEC S.A, utilizando las herramientas adecuadas de Seguridad Industrial. Utiliza la metodología matemática de William Fine para identificar los elementos de riesgos asociados a la actividad laboral y crear medidas de control para reducir el impacto o daño, obtuvo como actividad peligrosa el levantamiento y traslado de las cucharas con acero, la misma que presenta factores de riesgos de tipo físico, mecánico y químico. Concluye analizando que los factores de riesgos dentro del área de fundición de la empresa ANDEC S.A. a través de la herramienta conocida como matriz de riesgos la cual y la aplicación del método de William Fine. Se realizó la propuesta de capacitaciones a todos los 48 trabajadores del área de fundición Bajo el nombre de Riesgos Mecánicos y Químicos y sus diferentes factores.

Los resultados obtenidos en diseñar el nuevo sistema eléctrico para garantizar la disponibilidad y seguridad al usar el equipo de izaje. Se obtuvo como resultado el sistema eléctrico extensible ya que este sistema es versátil y práctico, de fácil mantenimiento y económicamente más rentable.

Al respecto [9], Para lograr el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico, abordo un problema concreto o utilizo una técnica específica en su estudio, centrándome en la búsqueda y el fortalecimiento del conocimiento para su aplicación.. La metodología que aplico, es la TEORÍA DE CAMBIO. Que viene a ser el ejercicio de aprendizaje colaborativo y multiactor que permite entender las realidades complejas de un sistema, en el ejercicio continuo de reflexión y análisis sobre el cambio y la percepción de la realidad, Identificando las mejores estrategias para lograr los resultados esperados. Concluyó en presentar una propuesta de reformulación e implementación del sistema eléctrico, logrando reducir considerablemente los gastos de generación de energía eléctrica y cumpliendo con entregar, seguridad, estabilidad y continuidad en el sistema eléctrico del campamento base Wandary.

❖ Se concluye:

➤ Tras analizar los datos de los equipos, las listas de revisión y el registro de averías, se pudo implementar el sistema eléctrico. Se constató que el problema más común en la grúa puente de lixiviación reside en su sistema eléctrico, en particular, en el suministro eléctrico principal de la grúa. Esto causa la detención del equipo, retrasando las actividades programadas y comprometiendo la seguridad, ya que existe el riesgo de que la grúa quede bloqueada con carga en suspensión, lo cual supone un peligro para los operarios.

➤ Se está llevando a cabo una revisión detallada del estado actual de los equipos. El objetivo es detectar cuál es el problema que más se repite en la zona de lixiviación. Con base en esto, propondremos una optimización que garantice la protección de los trabajadores y, a la vez, mantenga los equipos en funcionamiento, evitando futuras averías.

➤ Para poner en marcha el nuevo sistema eléctrico, es crucial gestionar los recursos. Esto significa identificar con precisión los materiales necesarios, programar las fechas de instalación y estimar los costos totales. Todo esto se hace para garantizar la protección de los empleados al operar la grúa puente.

➤ En el diseño del nuevo sistema eléctrico de alimentación, se tomaron las medidas necesarias para comprobar la longitud requerida para el sistema, se estableció el tipo de sistema a implementar, se identificó la ubicación de los soportes que sostendrán el cable de acero y se determinó la cantidad de carros porta cables necesarios para la instalación del nuevo sistema eléctrico, con el fin de garantizar la seguridad de los trabajadores que utilizan el puente grúa y prevenir que la grúa quede fuera de servicio con cargas en suspensión.

#### ❖ Implicancia:

- Implicancia Practica: En el presente análisis se llevó a cabo una comparación entre los 2 sistemas eléctricos: Sistema Eléctrico C-track y el sistema eléctrico de cable extensible, eligiendo el sistema eléctrico de cable extensible por ser la alternativa más adecuada en términos de diseño, costo y tiempo de instalación. Que contribuirá a solucionar el inconveniente del sistema eléctrico de la grúa
- Implicancia Teórica: Este estudio servirá de base para futuras investigaciones, ya que hoy en día no hay mucha información sobre los sistemas eléctricos usados en grúas. Debido a esto, fue necesario recopilar datos de diversas fuentes, incluyendo manuales.

#### V. AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Estoy profundamente agradecido con Dios por darme la oportunidad, con la universidad por permitirme desarrollar investigaciones, y con mi asesora por orientarme con su sabiduría. De igual manera, la finalización de esta investigación no hubiera sido posible sin el apoyo de mis padres, mi querida esposa y mis 2 hijos.

#### REFERENCIAS

[1] Minera, S. (2017). 3 causas principales de los accidentes en el izaje de carga. Revista Seguridad Minera. <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/3-causas-principales-de-los-accidentes-en-el-izaje-de-carga/>

[2] Boyd. (2017). Estadísticas De Accidentes Con Grúas En Los Estados Unidos. Dean Boyd. <http://deanboyd.com/estadisticas-de-accidentes-con-gruas-en-los-estados-unidos/>

[3] SGSCorp. (2023). Importancia de la seguridad eléctrica en la prevención de accidentes de trabajo. SGSCorp. <https://www.sgs.com/es-pe/noticias/2023/05/importancia-seguridad-electrica-prevencion-accidentes-trabajo>

[4] Minera, S. (2018). Revisión de un accidente por manipulación de materiales. Revista Seguridad Minera.

<https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/revision-de-un-accidente-por-manipulacion-de-materiales/>

[5] Díaz. (2020). Optimización del plan de mantenimiento e inventario de repuestos del área eléctrica de la central hidroeléctrica alazán, basado en el análisis de criticidad y mantenimiento centrado en confiabilidad [masterThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10534>

[6] Alvarez, & Barahona. (2020). Restauración de las condiciones de funcionamiento óptimo del puente grúa del taller de fundición de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH mediante técnicas de mantenimiento mejorativo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14567>

[7] Ulloa. (2019). Propuesta para la implementación de un plan de Seguridad Industrial para mejorar el proceso operativo en las grúas aéreas Danieli 103 y 107 del área de fundición de la Empresa Andec S.A. [Thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/43060>

[8] Gonzalez, C. G., & Serin, A. F. (2023). Mejora del plan de seguridad para reducir los accidentes laborales en la empresa Grúas VP- 2023. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/120853>

[9] Luna. (2023). Reformulación del sistema eléctrico en campamento base Wandary Quincemil, Quispicanchi Cusco. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7641>

[10] Neyra. (2020). Seguridad eléctrica en el lugar de trabajo. Industrial Data, 23(1), 127-142. <https://doi.org/10.15381/idata.v23i1.16961>

[11] Bernal. (2010). Metodología de la investigación.

[12] Vargas. (2009). La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista Educación, 33(1), 155. <https://doi.org/10.15517/revedu.v33i1.538>

[13] Ramos. (2021). Diseños de investigación experimental. CienciAmérica, 10(1), Article 1.

[14] Flores. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria, 13(1), 102-122. <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>

[15] León. (2016). MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN ~ PROYECTO EDUCATIVO. <http://leon-vera-proyectoedu.blogspot.com/2016/09/metodos-de-investigacion.html>

[16] Lalangui. (2017). Población y muestra para Tesis. Emprendimiento Contable Perú. <https://www.emprendimientocontperu.com/poblacion-y-muestra-de-tesis/>

[17] López. (2019). Estadística descriptiva. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/estadistica-descriptiva.html>

[18] Ortega. (2023). Estadística inferencial: Qué es, importancia y ejemplos. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/estadistica-inferencial/>

[19] OSINERGMIN. (2023). DS-024-2016-EM.pdf. [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/DS-024-2016-EM.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/DS-024-2016-EM.pdf)