PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS PRINCIPALES DEL HORNO DE CLINKER EN INVECEM S.A. PLANTA CUMAREBO.

AUTORES:
BRIÑEZ MEDINA JOSBEV JESÚS
MÁRQUEZ MARÍA

RESUMEN

El Mantenimiento es la dinámica implementada sobre el conjunto de componentes y elementos que ayudan a garantizar la disponibilidad de su funcionamiento en las líneas de producción. En la Industria Venezolana de Cemento (INVECEM S.A.) Planta Cumarebo, cuenta con una amplia variedad de equipos mecánicos y eléctricos, los cuales componen el sistema de producción de Clinker en el área del horno. En la actualidad estos equipos presentan un número elevado de fallas imprevistas, lo cual, ocasionando una disminución de la producción de Clinker, esta deficiencia en el desempeño de los equipos es por falta de mantenimiento preventivo. Por lo que se plantea como objetivo la propuesta del diseño de un plan de mantenimiento preventivos para los equipos críticos. Para lo cual se diagnosticó el estado actual de los equipos, se analizaron las posibles fallas y consecuencias de las mismas, con lo que se permitió determinara el equipo en estado crítico. La modalidad de la investigación es de tipo proyecto factibles, el paradigma es positivista, siendo una investigación documental y no experimental. Se aplicó la técnica de diagrama de Jack Knife, y el método del Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) para estimar el impacto y consecuencia de las posibles fallas, evidenciando que el sistema de enfriamiento de Clinker presentaba un numero de veintisiete (27) fallas y quinientas treinta y siente (537) horas acumuladas, el componente del sistema de enfriamiento que se

encuentra en estado crítico es la unidad hidráulica (CU.471-UH1) por lo que se diseñó un plan de mantenimiento preventivo y un modelo de registro de solicitud de repuestos, que permitiese mejorar la disponibilidad del equipo, disminuir el número de paros, y aumentar la eficiencia del sistema, para aumentar la capacidad de producción de Clinker.

Palabras Clave: *Análisis de falla, Plan de mantenimiento, Gestión de mantenimiento.*

ABSTRACT

Maintenance is the dynamic implemented on the set of components and elements that help guarantee the availability of their operation in the production lines. In the Venezuelan Cement Industry (INVECEM S.A.) Cumarebo Plant, it has a wide variety of mechanical and electrical equipment, which makes up the Clinker production system in the kiln area. Currently, these equipment present a high number of unforeseen failures, which, causing a decrease in Clinker production, this deficiency in the performance of the equipment is due to lack of preventive maintenance. Therefore, the objective of this project is to propose the design of a preventive maintenance plan for critical equipment. For which the current state of the equipment was diagnosed, the possible failures and consequences thereof were analyzed, allowing the equipment to be determined to be in critical condition. The research modality is feasible project type, the paradigm is positivist, being a documentary and non-experimental research. The Jack Knife diagram technique and the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) method were applied to estimate the impact and consequence of possible failures, showing that the Clinker

cooling system had a number of twenty-seven (27) failures and five hundred thirty-seven (537) accumulated hours, the component of the cooling system that is in critical condition is the hydraulic unit (CU.471-UH1) for which a plan was designed preventive maintenance and a spare parts request registration model, which would improve the availability of the equipment, reduce the number of stoppages, and increase the efficiency of the system, to increase Clinker's production capacity.

Keywords: Failure analysis, Maintenance plan, Maintenance management.

Introducción

A lo largo de la historia se han desarrollado una serie de estrategias de mantenimiento que permiten aumentar la efectividad de sus acciones, implementando planes, optimizando procesos de gestión y fomentando estudios estadísticos, de manera que los tiempos de operación sin paros por fallas en los activos que integran las líneas de producción en la fabricas, sean continuos y en periodos de tiempo más amplios, por la que la ingeniería en mantenimiento a sume un papel fundamental, la COVENIN 3049-93 la define como la función responsable de la definición de procedimientos, métodos, análisis de técnicas a utilizar, contratos, estudios de costo los medios para hacer el mantenimiento.

De acuerdo a lo anteriormente planteado desarrollamos el presente proyecto de investigación, el cual tiene como objetivos el diseño de formatos de gestión de activos, e histórico de operaciones, además de un estudio estadísticos de activos de la línea de producción, y un plan de mantenimiento preventivo, en INVECEM Planta Cumarebo, este proyecto cuenta con 4 capítulos, en donde se toman como referencia análisis de Causa y efecto, diagrama de Pareto, diagrama de Dispersión, y un análisis de modos y efectos de falla.

En el mismo orden de ideas, se diseñó un plan de mantenimiento preventivo con análisis de costo unitario, este plan se basa en la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad, además de tomar de referencia la Norma COVENIN 3049-93 y para el diseño de los formatos se tomó los criterios de la Norma ISO 45001:2018 ya que la empresa Cementera tiene una trabaja bajo los aspectos de la norma antes mencionada.

Capitulo (I) se plantea el problema que atraviesa actualmente los equipos del área

del horno de Clinker ubicado en INVECEM Planta Cumarebo, se da la formulación de las preguntas que nos conducirán mediante los objetivos a dar respuestas a dicha problemática, presentando las justificaciones y alcance del presente proyecto.

Capitulo (II) se hace mención a los antecedentes de la presente investigación y a los proyectos que se relación con el desarrollo de planes de mantenimiento preventivo, se menciona todos los términos como base teórica y se presenta la relación con el marco jurídico.

Capitulo (III) en esta parte del proyecto se hace referencia a todo lo concerniente al campo dela metodología de la investigación, los paradigmas, el enfoque y las variables a estudiar.

Capitulo (IV) esta es la parte del desarrollo, en donde se establece donde se analizan el histórico de falla de los equipos, se analizan las fallas, se diseña el plan de mantenimiento.

Capitulo (IV) para culminar en esta parte final del proyecto, se establecen los costos asociados al desarrollo y aplicación del plan de mantenimiento los equipos con mayor criticidad del área del horno de Clinker ubicado en INVECEM Planta Cumarebo.

Descripción del Problema

En el mundo el mayor productor de cemento es China con (2.100 millones de toneladas métricas) Según FETRACEMENTO en el año 2022 anuncio que se produjeron (1) millo de toneladas de cemento, para la fecha de hoy no se tiene datos oficiales por parte del estado venezolano de la producción de cemento del año 2023, En Venezuela tenemos cinco (5) Filiales que se encargan de fabricar cemento, estas son; Cemento Andino, Industria Venezolana de Cemento (INVECEM), Cerro Azul, Vencemos, y la Fábrica Nacional de Cemento (ver Anexo 1).

Estas contribuyen a la producción del cemento para el Estado

venezolano, 93.2 % la producción nación, (fuente revista Cemento al día 2015), por lo que, el ejecutivo nacional es garante de administrar este recurso a través de la Corporación Socialista de Cemento (CSC), siendo la Industria Venezolana de Cemento (INVECEM), una de sus filiales con mayor capacidad productiva instalada. Cabe destacar que el parque productor de cemento en Venezuela es administrado únicamente por el estado venezolano, luego de una nacionalización en el año 2009 donde las trasnacionales Holcim, Cemex, y El consorcio Lafarge cedieron sus activos al estado venezolano.

Específicamente en el estado Falcón, en el sector Tucupido de Puerto Cumarebo, en el municipio Zamora (ver Anexo 2), se encuentra ubicada una de las Plantas de la Industria Venezolana de Cemento, la cual es la principal encargada de la producción de Clinker y Cemento Porlat, para el abastecimiento del mercado local y nacional. Con una capacidad instalada de 3500 toneladas por día pasando del millón de toneladas por año. Estas fábricas utilizan un número considerable de equipos y maquinarias que a lo largo de la línea de producción transforman la materia prima; arcilla y caliza en Clinker y Cemento.

Para el año 2023 la capacidad de producción de Clinker oscilo entre 270.000 y 307.000 ton/año para cumplir con la demanda nacional, y la meta anual establecida es de 321.430 toneladas para el año 2024, esta debe ser mayor al 95%, la cual es fijada por la Corporación Socialista de Cemento, la producción anual está por debajo de la capacidad instalada de la planta, por lo que la producción por debajo de las metas y la capacidad de la planta, La falta de una política de mantenimiento preventivo y estudios de mantenimiento centrada en

confiabilidad que impulse las prácticas y estudios estadístico para analizar las frecuencias de averías, efectos de las fallas, además de las condiciones de los equipos, que han ocasionado una serie paros no planificados en todo el sistema de producción Clinker.

Estos equipos se encuentran expuestos a distintos factores, mecánicos, químicos, térmicos, operacionales y ambientales, que van degradando su vida útil. Ya que para producir Cemento la materia prima como lo es la arcilla y la caliza, son extraídas desde una cantera, recolectadas y trituradas, para ser trasladadas por medio de bandas transportadoras a los almacenes principales de las fábricas y ahí comenzar el procesos de dosificación, trituración, homogeneización, precalentado y finalizar en el horno, para así obtener el Clinker, este es el derivado principal con el cual se constituye en cemento, a lo largo de este procesos se encuentran diversos equipo.

Estos equipos industriales están expuestos a impactos físicos, mecánicos, térmicos y químicos, provocando así desgaste a lo largo del tiempo de operación de los mismos, por lo que, se deberían ejecutar planes de mantenimiento preventivos, una continua actualización de los procedimientos de mantenimiento, además de establecer sistemas de gestión de mantenimiento y políticas de mantenimiento centradas en confiabilidad, que permitan garantizar la eficiencia de los equipos en el proceso productivo de la planta.

Además la empresa no cuenta con un indicador de gestión de logística de mantenimiento que le permita hacer el seguimiento de la adquisición de repuestos y servicios de contratación de mantenimiento, ya que solo implementando el Software de "desarrollo de programas para

sistemas de análisis" (SAP) en tareas puntuales; como la creación de órdenes de Trabajo, teniendo como consecuencia que la gerencia de mantenimiento se le dificulte hacer seguimiento de la gestiones para la solicitud de repuestos y materiales, realizadas por los coordinadores de mantenimiento de los distintos departamentos de dicha gerencia.

Adicional a esta situación los planes de mantenimiento preventivo no han sido actualizados o fueron borrados del Software de "desarrollo de programas para sistemas de análisis" (SAP) al momento de la nacionalización de la empresa en el año 2009. En el mismo orden de ideas se tiene que en INVECEM S.A. Planta Cumarebo no se hacen análisis de los históricos de fallas de todo y cada uno de los sistemas que integran los equipos principales, solo se ejecuta un informe trimestral, del tiempo medio entre fallas y se analizan con diagrama causa-raíz del porque se detuvo las operaciones del equipo principal, sin tomar en cuenta la rata de fallas de todos los componentes del sistema, sin analizar todas las posibles modos de fallas y las posibles consecuencias que se puedan generar en el sistema de producción.

Cabe mencionar que para el año 2024 solo se cumplió con 25% del tiempo medio entre fallo para lo que fue del periodo del primer semestre, por lo que se ve afectada la disponibilidad porcentual, ya que la meta es de 400 horas al mes para los equipos del área de horno de Clinker en INVECEM S.A. Planta Cumarebo, este porcentaje nos indica que las estrategias de mantenimiento correctivas no están siendo efectivas, y aunado a las situaciones planteadas en párrafos anteriores como lo son la deficiencias en los planes y procedimientos de mantenimiento, son indicativo que

se deben considerar mejoras en la gestión de mantenimiento de la empresa, en la logística de mantenimiento y en los planes de mantenimiento preventivos.

El desarrollo de esta investigación genera gran interés, tanto en la gerencia de mantenimiento, y también en la dirección de INVECEM S.A. Planta Cumarebo, ya que el proponer un plan de gestión de mantenimiento para los sistemas y subsistemas del área del horno de Clinker aumenta las expectativas por dar posibles soluciones a la situación que están atravesando en la planta de cemento, ya que aportaría beneficios en las mejoras a la logística de mantenimiento, en los planes de mantenimiento, en el análisis de los equipos, los procedimientos de las rutinas de mantenimiento que inciden directamente en el disponibilidad de los equipos y en su desempeño en el proceso de la capacidad de producción.

Formulación del problema

¿Cuál Estrategia le permitirá mejorar las condiciones de los equipos en el proceso productivo, así como disminuir el número de paros imprevistos de forma eficiente en los equipos del área del horno de Clinker de INVECEM S.A. Planta Cumarebo?

¿Cómo se puede identificar el sistema más crítico de los equipos que integra el área del horno de Clinker de INVECEM S.A. Planta Cumarebo?

¿Qué método permitirá evaluar las fallas y sus impactos en el proceso productivo del horno de Clinker en INVECEM S.A. Planta Cumarebo?

¿Cuáles acciones permitirán mejorar el desempeño y la eficiencia de los equipos más críticos del área del horno de Clinker en el proceso productivo en INVECEM S.A. Planta Cumarebo?

¿De qué manera se le puede dar seguimiento a la trazabilidad de las solicitudes de materiales y repuestos por párate de la

gerencia de mantenimiento de INVECEM S.A. Planta Cumarebo?

¿Cómo se determina el costo de la implementación de las acciones preventivas a los equipos más críticos del área del horno de Clinker de INVECEM S.A. Planta Cumarebo?

Objetivos de la investigación

Para dar respuestas a las preguntas generadas en la formulación del problema, se presentan a continuación los objetivos de la investigación:

Objetivo general:

Proponer un plan de gestión de mantenimiento preventivo a los equipos principales con mayor frecuencia de fallas en el área de horno de Clinker, dirigido a la Gerencia de mantenimiento de INVECEM S.A. Planta Cumarebo.

Objetivos Específicos:

1. Diagnosticar el estado actual de los equipos críticos del área de horno de Clinker, mediante una de las técnicas del mantenimiento centrado en confiabilidad en INVECEM S.A. Planta Cumarebo.
2. Analizar las fallas de los equipos críticos y su impacto el proceso productivo del área del horno de Clinker mediante la técnica del AMEF en INVECEM S.A. Planta Cumarebo.
3. Elaborar un plan de mantenimiento preventivo a los equipos críticos de área del horno de Clinker en INVECEM S.A. Planta Cumarebo.
4. Diseñar un modelo de registros para dar seguimiento a las solicitudes de repuestos y materiales de la gerencia de mantenimiento en INVECEM S.A. Planta Cumarebo
5. Estimar los costos asociados a la implementación del plan de mantenimiento preventivo a los equipos críticos del área de horno de Clinker en INVECEM S.A. Planta Cumarebo.

Justificación de la investigación

Es importante mencionar que la producción de cemento en Venezuela es de carácter

estratégico para el desarrollo de la nación, como aparece publicado en el Decreto Nº 6.091 de fecha 27 de mayo de 2008, por lo que el no cumplir con la demanda del Clinker para el desarrollo del país sería un incumplimiento de este decreto vigente además que en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Nº 5.886 Extraordinario del 18 de junio de 2008, nombra al cemento y sus agregados como un producto estratégico, por lo que el mantener los índices de producción son de carácter legal, y el fomentar este tipo de proyectos para mejorar el mantenimiento de los equipos, así como garantizar la producción.

En el mismo orden de ideas también se considera la Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía publicada en Gaceta Oficial Nº 39.823 del 19 de diciembre de 2011 la cual tiene como principios como la "soberanía tecnológica y la participación social en lo referente al "uso racional y eficiente de la energía en los procesos de producción" estas políticas de estado promueven este tipo de proyecto y más en una empresa nacional productora de cemento como lo es INVECEM S.A. Planta Cumarebo, ya que el presente proyecto tiene como objeto establecer un plan de mantenimiento que mejore las condición de los equipos críticos, aumentando la eficiencia del proceso de producción.

La propuesta del presente proyecto surge, ya que las tareas de mantenimiento correctivo que se llevan a cabo no son efectivas para mantener la eficacia de proceso productivo de Clinker en INVECEM S.A. Planta Cumarebo, ya que existe un aumento de la frecuencia de fallas imprevistas de los equipos. Según Duffuaa (2004: p.33) define al mantenimiento como "la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se

mantienen o se restablece a un estado que puede realizar las funciones designadas", por lo que ejecutar un adecuado plan de mantenimiento, con actividades preventivas, les permitirá a los equipos del área del horno cumplir con sus funcione en el proceso productivo.

Cabe mencionar que los paros ocasionados por fallas en estos equipos generan pérdidas cuantiosas para INVECEM S.A. Planta Cumarebo, al detener la producción continua de cemento, dicha situación es indicativo de que se tiene que generar propuestas que solucionen esta situación a mediano plazo, los cuales permitirán aumentar el desempeño de los equipos. Desde el punto de vista metodológico, este proyecto de investigación se sustenta en el conocimiento que se generará a través de la aplicación del Paradigma Positivista al realizar una investigación de enfoque cuantitativo desde la modalidad de la investigación de campo, descriptiva y documental, ya que la información será recolectada directamente del objeto a estudiar, con el objetivo de generar una mejora al sistema de producción de los equipos del área del Horno de Clinker de INVECEM S.A. Planta Cumarebo.

La presente investigación está conectada a la línea de investigación: Gestión de Mantenimiento en los sistemas de producción y servicios. Siendo esta la mención de estudio del Programa Nacional de Formación Avanzada en Energía Eléctrica, de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón, Alonso Gamero, el objetivo es aplicar planes de gestión de mantenimiento preventivo que mejore las condiciones actuales de los equipos del área del Horno de INVECEM S.A. Planta Cumarebo.

Antecedentes de la investigación

En un primer proyecto Briñez J. (2023), que tiene como título; Análisis de los equipos principales del área del horno de Clinker mediante la Metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad en INVECEM Planta Cumarebo. Este proyecto manejo como objetivo principal el estudio de confiabilidad de los equipos que integran el área del horno de INVECEM Planta Cumarebo. Mediante un método estadístico y aplicando un análisis de modos y efectos de fallas.

Bajo un diseño de la investigación "No Experimental" con un carácter descritico de campo, y una modalidad de tipo documental. recolectada directamente de los equipos de la planta y la información documental, se tomará de los registros, que están en las bitácoras de los operadores de sala de control. En el desarrollo de ese trabajo se utilizó la observación directa, la observación estructurada, revisión de tablas comparativas, consultas de fichas técnicas, y clasificación de documentos.

Este trabajo se relaciona con la investigación planteada ya que, no da un aporte importante en la identificación de equipos con mayor número de fallos y establece aspectos fundamentales en el análisis de las fallas y las consecuencias en los equipos que integra la línea de producción en INVECEM Planta Cumarebo.

Glosario Técnico

Cemento. La palabra cemento define un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas. Esta definición no sólo abarca los cementos propiamente dichos, sino una gran variedad de materiales aglomerantes como la cal, los asfaltos y los alquitranes. Molina (2006).

Horno Cementero: Según Duda (1977) el horno rotatorio fue introdujo en el mundo del cemento en 1885 en Inglaterra por Frederick Ramson, quien diseño un horno cilíndrico y rotatorio, con cierto grados de inclinación, el cual era calentado por gas, este horno media más de 25 metros de longitud y más de 2,50 metros de diámetro, por dentro fue recubierto con ladrillos los cuales creaban fricción con la materia que era procesada y la convertía en polvo que estaban expuesta a los gases caliente que fundían las partículas de polvo

Efecto de Falla. Mejor conocido como las consecuencias que trae una falla. En este paso se busca identificar cómo y cuánto importa cada falla, en los distintos ámbitos del contexto operacional, principalmente evaluando las consecuencias en la seguridad y medio ambiente y las consecuencias operacionales. La importancia de detectar el efecto de falla permite decidir la importancia que tiene cada falla y por ende el nivel de mantenimiento que debe aplicarse. Suárez, (2007).

Frecuencia de Falla. Indica el número de veces que se repite un evento considerado como falta dentro de un período de tiempo determinado. Suárez, (2007).

Índices para la Evaluación de la Función Mantenimiento. En base al sistema de información, se pueden registrar datos que son sometidos a análisis por medio de índices de mantenimiento. Estos a su vez se pueden adaptar para que con sus resultados se hagan correctivos para el mejoramiento de las actividades de la organización de mantenimiento.

Historial de Fallas. Es la recopilación de la información referida a las averías sucedidas a cada objeto de mantenimiento y obtenida de los registros de las diferentes órdenes de trabajo. COVENIN 3049-93 (1993).

Registro semanal de fallas. Luego de que sucede o se detecta una falla, éste debe reportarse y registrarse para tomar los correctivos o las acciones necesarias para su solución. COVENIN 3049-93 (1993).

Chequeo de Mantenimiento Rutinario. Su objetivo es chequear el funcionamiento de los objetos, inspeccionando el estado de los diferentes componentes de manera rápida y prestando atención a las acciones de mantenimiento que debe realizar el operario para lograr la operatividad en los sistemas. COVENIN 3049-93 (1993).

Instrucciones Técnicas de Mantenimiento. Constituye la lista de acciones de mantenimiento a ejecutar sobre cada objeto de mantenimiento. Cada instrucción dada aquí debe señalar el tipo de actividades de mantenimiento a ejecutar, su codificación secuencial para cada instrucción y cada tipo de actividad. COVENIN 3049-93 (1993).

Vida Útil. Es el período durante el cual un SP cumple un objetivo determinado, bajo un costo aceptable para la organización. COVENIN 3049-93 (1993).

Diagnóstico de Mantenimiento. Es una herramienta para evaluar la efectividad y el desempeño del proceso de mantenimiento de activos de una instalación industrial y de esta forma identificar áreas de oportunidad de mejora. COVENIN 2500-93 (1993).

Plan de Mantenimiento. Para Duffuaa (2002, p.193) se refiere a un plan de mantenimiento como "el proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar un trabajo". Analizando la definición antes expuesta, se puede entender que un plan de mantenimiento no es más que el seguimiento de una serie de

actividades y tareas requeridas para lograr un objetivo o fin predeterminado.

Equipos Críticos Para la norma COVENIN 3049-93 (1993) son considerados equipos críticos aquellos equipos que intervienen de forma directa con el proceso de producción y no pueden ser sustituidos por otro, por lo cual, inciden en la producción de la planta.

METODO

Este proyecto se sustenta en los conocimientos que se generan mediante la aplicación del paradigma positivista, al realizar un plan de gestión de mantenimiento preventivo, analizando el comportamiento de los equipos de forma estadística, y así como aplicación de la técnica del análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) a los equipos del área del horno, permitiendo que se adapte a los parámetros de las variables de estudio en el desempeño de los equipos en INVECEM S.A. Planta Cumarebo, dando un enfoque positivista al proyecto.

Según González (2006) el positivismo mantiene que todo conocimiento científico se basa sobre la experiencia de los sentidos solo puede avanzar mediante la observación y el experimento asociado al método científico. Los estudios de la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad se basan en los análisis estadísticos recolectando la información por medio de la observación directa de los registros de desempeño de los equipos.

Enfoque de investigación.

Este proyecto se adapta en un modelo cuantitativo el cual permitirá conocer el comportamiento de los equipos de área del horno de INVECEM Planta Cumarebo al momento de encuentren operando, durante un periodo de tiempo definido, donde por medio de observación estructurada se recaudarán datos, e información, de las

posibles fallas de los equipos y en la gestión de planificar el mantenimiento, además de examinar el estado físico de los equipos.

Sánchez (2019). "Bajo el enfoque cuantitativo se denomina así porque trata con fenómenos que se pueden medir (esto es, que se les puede asignar un número, como por ejemplo: número de hijos, edad, peso, estatura, aceleración, masa, nivel de hemoglobina, cociente intelectual, entre otros) a través de la utilización de técnicas estadísticas para el análisis de los datos recogidos, su propósito más importante radica en la descripción, explicación, predicción y control objetivo de sus causas y la predicción de su ocurrencia".

Línea de investigación

Para Barrios (1990). Es el eje ordenador de la actividad de investigación que posee una base racional y que permite la integración y continuidad de los esfuerzos de una o más personas, equipos o instituciones comprometidas en el desarrollo del conocimiento en un ámbito específico.

El presente proyecto se relaciona directamente con la línea de investigación de Gestión de Mantenimiento en los sistemas de producción y servicios. Siendo esta una de las menciones de estudio del Programa nacional de formación avanzada en energía eléctrica del de la Universidad politécnica territorial Alonso Gamero (PNFA-EE).

Ya que se aborda la propuesta de un plan de mantenimiento de los equipos que operan en una planta de producción continua de cemento, con el objetivo de diseñar un plan de mantenimiento preventivo y centrado en confiabilidad, que les permita mejorar el estado con el que están disponibles los equipos.

Población y Muestra.

La población de estudio estará conformada por catorce (14)

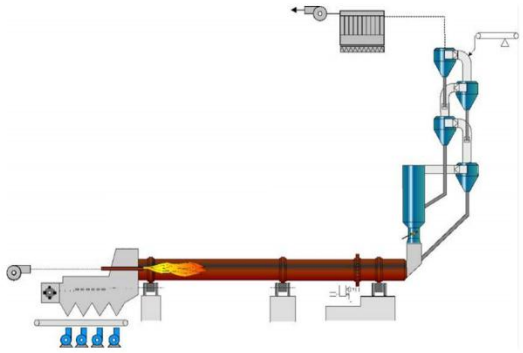
sistemas principales con un total estos subsistemas sesenta y cinco (65) subsistemas de toda INVECEM S.A. Planta Cumarebo

Desarrollo de la Investigación

Proceso de producción de Clinker.

El Clinker se produce luego de Calcinación y el secado, de la arcilla y caliza, que previamente fueron molidas, esto se obtiene a través de un proceso que involucra una seria de sistemas, equipos y componentes tanto eléctricos, como mecánicos y de instrumentación, que en conjunto van procesando la materia prima, dichos componentes están sometido a una serie de factores Químicos, Térmicos, Físicos, Atmosféricos y Mecánicos, que a los largo del tiempo de operación, van degradando la vida útil de los elementos.

Figura 1. Boceto del Honor de INVECEM S.A. Planta Cumarebo.



Nota. Fuente; Manual INVECEM S.A. Planta Cumarebo.

Codificación y Tabulación de los resultados

Esta etapa del proceso de producción cuenta con un total de 14 sistemas principales los cuales se tomarán en cuenta para los análisis de frecuencia de falla ya que son los que se encuentran integrados y tiene principal incidencia en la producción de Clinker. A continuación, se muestra la tabla con todos los sistemas que integran el área del horno de Clinker con su código según el tipo de función en el proceso que va desde la alimentación de la materia prima hasta la distribución del sistema eléctrico.

Tabla 1

Tabla con denominación por sistema y su codificación

Código Hac.	Nombre del Sistema
CU.411	Trasporte de Crudo
CU.421	Desempolvado Filtro Principal
CU.422	Transporte al Desempolvado
CU.423	Desempolvado By Pass
CU.431	Alimentación Horno
CU.441	Precalentador Horno
CU.451	Inyección Combustible Precalentador
CU.461	Fabricación Clinker
CU.471	Enfriamiento de Clinker
CU.481	Inyección Combustible Horno
CU.491	Transporte Almacenamiento de Clinker
CU.4L1	Alumbrado Fabricación Clinker
CU.4C1	Instrumentación y Control
CU.4P1	Distribución Sistema Eléctrico

Nota. Fuente Autoría Propia.

Cada de uno de los sistemas está integrado por subsistemas conectados de forma paralela y en serie, integrando un número de equipos y componentes, que mantienen operativo el proceso de producción continua por lo que los fallos imprevistos de uno ellos hacen que disminuya la capacidad de producción de la planta.

Todos los sistemas del área del horno de INVECEM S.A. Planta Cumarebo se tomaron en cuenta para siguiente estudio, cuales se examinará su rata de fallas y el comportamiento de ellos en el periodo de enero a junio del presente Año 2024.

Diagnóstico de los equipos

Análisis de Frecuencia de Fallas

Para el análisis de falla se debe recopilar el número de paros imprevistos, el periodo de tiempo en horas, esta información fue obtenida del número de operación. Para Mora L. (2009). Dice "Se deben ir incorporando más tareas planeadas derivadas del análisis de fallas del RCM recomendado, con el fin de que con el tiempo disminuya relativamente el MTTR" y "La recomendación estratégica, entonces, es la misma: implementar lo más pronto posible el análisis de fallas e involucrar las acciones derivadas de el en el plan normal de mantenimiento anticipado".

Con este estudio de fallas se puede mejorar los planes de mantenimientos preventivos ya que el objetivo es focalizar el

equipo que mayor número de paros.

Tabla 2.

Tabla Porcentajes de disponibilidad de los sistemas del área del Horno

Código	Numero de fallas	Horas de paro	Tiempo de falla total (%)	Porcentaje de falla acumulado
CU.471	27	537.4	77%	77%
CU.451	7	81.96	12%	89%
CU.431	4	9.08	1%	90%
CU.461	3	4.07	1%	91%
CU.481	3	61.75	9%	99%
CU.421	1	6	0%	99%
CU.411	0	0	0%	99%
CU.422	0	0	0%	99%
CU.423	0	0	0%	99%
CU.441	0	0	0%	99%
CU.491	0	0	0%	99%
CU.4P1	0	0	0%	99%
CU.4C1	0	0	0%	99%
CU.4L1	0	0	0%	99%
Total	45	700.26	99%	100%

Nota. Fuente Autoría Propia.

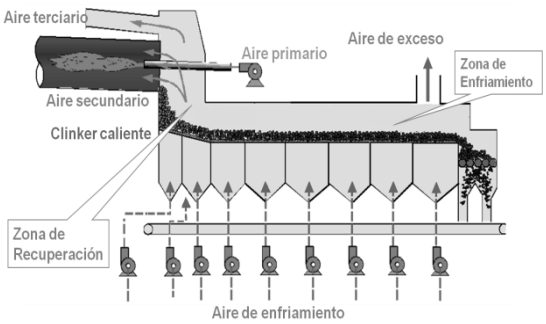
En la tabla anterior se puede observar como el CU.471 Enfriador de Clinker es el sistema que mayor número de fallas tiene y que acumula un número elevado de horas de paro y reparaciones correctivas, siendo esto un indicio de que los planes de mantenimiento correctivos aplicados a este sistema, están generando poca eficiencia al desempeño teniendo gran incidencia en el proceso de producción de la planta.

El enfriador de Clinker representa un componente fundamental en el sistema del horno y juega un papel decisivo sobre la eficiencia de la planta cementera. Hay tres indicadores clave que caracterizan un buen enfriador, Máxima recuperación del calor, Mínimo caudal de aire de enfriamiento, Disponibilidad ilimitada.

El enfriador de Clinker realizar las siguientes funciones: Tratar la recuperación del calor interno mediante transferencia de calor desde el Clinker hacia el aire de combustión, Reducir la temperatura del Clinker para facilitar la manipulación y almacenamiento de dicho Clinker, Conseguir una máxima velocidad de enfriamiento para evitar fases y tamaño indeseables del cristal en la microestructura del Clinker.

Figura 3

Boceto del proceso de enfriamiento de Clinker en INVECEM S.A. Planta Cumarebo.



Nota. Fuente; Manual INVECEM S.A. Planta Cumarebo.

Los elementos y componentes principales del sistema son Carcasa con extractor del horno y conexiones de aire a distintos niveles de temperatura, Parrilla de movimiento alternativo con sistema de impulsión, Sistema de aireación con ventiladores, compartimentos debajo de la parrilla y conductos de aire directos, Sistema de trituración (caída directa) con tolvas, puertas y transporte.

Tabla 3

Tabla con denominación por subsistema y su codificación.

Código Hac.	Nombre del Subsistema de enfriamiento de Clinker CU.471
CU.471 – EB1	Enfriador parrillas alternativo
CU.471 – TR1	Triturador de Clinker
CU.471 – DP1	Alimentador de Placa
CU.471 - VE	Ventiladores de Enfriamiento
CU.471 - RD	Rascador de limpieza
CU.471 - UH1	Unidad Hidráulica
CU.471 - FT2	Filtro de desempolvado

Nota. Fuente manual de Cemprotec. (2014)

Después de identificar y tabulara la rata de fallas de los sistemas principales del área del horno de Clinker de INVECEM S.A. Planta Cumarebo. Y determinara cual era el sistema con mayor frecuencia de fallas, aplico un análisis de dispersión con el que se puede identificar es estado desempeños de disponibilidad y operaciones del CU.471, tomando en consideración el número de fallas y los porcentajes de disponibilidad para obtener el tiempo medio de reparación y así graficar cada subsistema y agruparlo según el cuadrante donde se ubiquen en la gráfica final.

Tabla 4

Tabla con rata de fallas del CU.471 Enfriador de Clinker.

Código	Numero de fallas	Tiempo de parada (horas)	Tiempo falla total (%)	Tiempo falla acumulado (%)	Tiempo medio de reparación
471-UH1	11	223.9	41%	41%	20.35
471-RDA	10	137.8	25%	66%	13.78
471-VE	5	95.8	18%	84%	19.16
471-EB1	3	71.56	13%	97%	23.85
471-TR1	3	9.7	2%	99%	3.23
471-DP1	1	5.47	1%	100%	5.47
Total	33	544.23	100%		

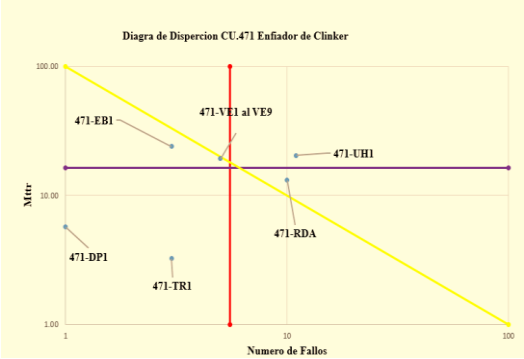
Nota. fuente Autoría Propia.

Técnica de Presentación de Datos

Para este diagrama se toma en cuenta los siguientes aspectos, la frecuencia de falla, la indisponibilidad y la mantenibilidad, todos estos datos fueron tomados de la tabla Nro. 04, al graficara cada componente se debe tener en consideración el cuadrante donde se ubica, ya que es el área delimitada para determinar el estado de cada componente, el cuadrante uno agrupa a los equipos críticos, el cuadrante dos que están en un estado agudo, el cuadrante tres en leves y el cuatro en un estado crónico.

Figura 5.

Diagrama de Dispersión de Jack Knife de sistema de Enfriamiento del Clinker.



Nota. Fuente autoría propia.

Se puede apreciar en la gráfica que existen cuatro cuadrantes para identificar el estado de los equipos desde critico en el cuadrante uno, agudas en el cuadrante dos, leves en el cuadrantes y crónicos en el cuadrante cuatro, siento el primer cuadrante para los equipos con mayor frecuencia de fallas, indisponibilidad, y denominándolos como críticos, se puede analizar y determinar que el subsistema más crítico es el CU.471-UH1, el cual tiene un número mayor de frecuencia de fallas, así como un periodo de

fallas y reparación de las mismas de mayor tiempo prolongado.

Diseño del Plan De Mantenimiento para el CU.471-UH1

Un plan de mantenimiento preventivo son todo aquel conjunto de acciones que permite garantizar el óptimo funcionamiento de los activos, sin paros imprevistos en los procesos productivos, tomando en cuenta las recomendaciones de los fabricantes de cada componente, y las condiciones de operación, estos dos son los factores principales al momento de realizar un plan de mantenimiento. Para el diseño del presente plan de mantenimiento de tomaron en cuenta las recomendaciones del fabricante de la unidad hidráulica, de la empresa CemProTec, la cual fabrico todos los componentes del enfriador de parrilla.

En el mismo orden de ideas es fundamental establecer los periodos de tiempo de la ejecución de la acción de manteamiento, los componentes que deben ser sustituidos por cumplir el número de horas de operación. Para la COVENIN 3049-93, dice que el programa de mantenimiento, dice cuándo se debe realizar las diferentes instrucciones técnicas cada componente, esta puede ser en periodo anuales, semestrales, trimestrales, semanales, dependiendo de la dinámica del proceso productivo. Por lo que para el plan de mantenimiento se tomara en cuenta las paradas planificadas en INVECEM S.A. Planta Cumarebo.

Para el diseño del presente plan de mantenimiento para la unidad hidráulica CU.471-UH1 de INVECEM S.A. Planta Cumarebo, se tomarán en cuenta, los siguientes aspectos, la unidad responsable por parte de la gerencia ejecutar las acciones de mantenimiento, el tipo de personal especializado para ejecutar las tareas de mantenimiento, las herramientas a

utilizar, el tiempo de duración de la actividad, y la frecuencia con la que se debe ejecutar las acciones de mantenimiento.

Se puede observara en los cuadros cuatro (4), cinco (5), seis (6), siete (7) y ocho (8) toda el conjunto de acciones que se deben llevara acabo por parte de los tecnico que ejecuten las tareas de mantenimiento

Todo el conjunto de acciones expuesta entes plan de mantenimiento preventivo tiene como objetivo poder garantizar las operaciones continuas del proceso de producción de Clinker sin ningún tipo de incidencias por fallos imprevistos, y aumentando la capacidad de producción, así como la eficiencia del sistema de enfriamiento del horno de Clinker de INVECEM S.A. Planta Cumarebo.

Análisis de Costos del Plan de Mantenimiento

En la siguiente parte del proyecto mostramos todos los análisis que se realizarlos para determinar un presupuesto total de los gastos para implementación del plan de mantenimiento preventivo a la unidad hidráulica del horno de INVECEM S.A. Planta Cumarebo, para lo que tomamos en cuenta varios rubros, como lo es la mano de obra, los equipos de protección personal para poder ejecutar las actividades, los materiales consumibles y los repuestos, estos cuatro rubros son fundamentales al momentos de hacer un análisis de precio unitario.

Descripcion	Costo total ($)	Costo total (Bs)
Mano de obra	1151.00	48342.00
Equipos de Proteccion personal	1180.00	49560.00
Repuestos	2790.00	117180.00
Materiales	1215.00	51030.00
total	6336.00	266112.00

Reflexiones Finales

Se identificó y diagnostico mediante la recopilación de la frecuencia de fallas y el tiempo de paradas por fallas del periodo de tiempo de 7 meses que comprende los meses de Enero hasta Julio, estos datos fueron tabulados, el porcentaje de

acumulación de fallas más elevado es del 77% (Ver tabla 2) que representa el sistema de enfriamiento de Clinker (CU.471) en el área del Horno de INVECEM S.A. Planta Cumarebo, estos resultados son similares a los obtenidos por Briñez J. (2023). En el análisis con metodología del mantenimiento centrada en confiabilidad de confiabilidad de los equipos del área del horno, el cual presenta un diagrama de Pareto en el que se apreciar que el sistema de enfriamiento (CU.471) como uno de los que presenta el mayor porcentaje de paros en el proceso de producción de Clinker.

Se analizó mediante la técnica de Jack Knife el sistema de enfriamiento de Clinker (CU.471) obteniendo gráficamente (ver figura 5) que el componente que se ubica en el cuadrante de la zona crítica es la Unidad hidráulica (CU.471-UH1), el cual presenta un numero de porcentaje de fallas acumulado del 41% (ver tabla 4) siendo el más elevado en comparación al resto de subsistema de la unidad hidráulica.

Se aplicó el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) el Sub-sistema; CU.471-UH1 unidad hidráulica de enfriamiento de Clinker con esta técnica se pudo analizar todos los componentes que integran este sub-sistemas, así como las posibles fallas, que pueda generase en cada componente, y apreciar con mayor facilidad las consecuencias, siendo esta la base para el diseño de un plan de mantenimiento preventivo.

Luego se diseñó un plan de mantenimiento preventivo tomando en consideración las fallas de los componentes de los equipos del CU.471-UH1 unidad hidráulica de enfriamiento de Clinker, el tiempo de disponibilidad anual planifica, y criterios de operaciones del equipo para establecer tanto las actividades como la

programaciones y planeación de la mismas.

En el mismo orden de ideas, luego de haber diseñado el plan de mantenimiento, se cuantificaron los costos asociados para llevar acabo la implementación del plan de mantenimiento preventivo a la unidad hidráulica en INVECEM S.A. Planta Cumarebo. se tomaron en cuenta los siguientes aspectos, manos de obras y sus equipos de protección personal para llevar acabo, repuestos, y materiales, la estimación de este caculo de hizo en dólares costo total de 6,336.00 Dólares Norte Americanos y un monto en bolívares con tasa preferencial del Banco Central de Venezuela 266,112.00 Bolívares. (ver cuadro 13).

Es pertinente que la gerencia de mantenimiento de INVECEM Planta Cumarebo comience analizar los equipos con técnicas y estrategias del mantenimiento centrado en confiabilidad, para gestionar mejor los recursos y obtener una logística de mantenimiento mucho más óptima.

Es de suma importancia que los jefes y coordinadores de mantenimiento diseñen planes preventivos de manteamiento a todos los equipos del área del horno ya que el 75% de los planes han sido borrados de SAP y no se están llevan a cabo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Tamayo (2001) El proceso de la investigación científica. file:///d:/respaldo%20del%20pendrive/libros%20pdf/metodoligia%20de%20la%20investigacion/el_proceso_de_la_investigacion_cientific%20tamayo%20y%20tamayo.pdf

Arias. (2006). El proyecto de investigación introducción a la metodología científica. file:///d:/respaldo%20del%20pendrive/libros%20pdf/metodoligia%20de%20la%20investigacion/el_proyecto_de_investigacion%20fidias%20arias.pdf

Medes y Sandoval (2007). Investigación, fundamentos y metodología, file:///d:/respaldo%20del%20pendrive/libros%20pdf/metodoligia%20de%20la%20investigacion/investigacion_fundamentos_y_metodologia%20sid%20mendez%20y%20sandoval.pdf

Hernández, Fernández y Batista (2007). Metodología de la investigación, file:///d:/respaldo%20del%20pendrive/libros%20pdf/metodoligia%20de%20la%20investigacion/metodologia_de_la_investigaci6n_cuarta_e%20sampieri%20fernandez%20baptista.pdf

Méndez. (2004) Metodología diseño y desarrollo del proceso de investigación, tercera edición, Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Colombia.

Sampieri (1997) Metodología de la investigación. Escuela superior de Comercio y Administracion. Colombia.

Carneiro C. (2010), El concepto de estrategia como fundamento de la planeación estratégica. Recuperado de: www.redalyc.org/pdf/646/64629832007.pdf

Duffua, S. (2004). Sistema de mantenimiento. Recuperado de: virtual.urbe.edu/tesispub/0093358/cap02.pdf

Hagen (2009). Introducción a la ingeniería, file:///D:/RESPALDO%20DEL%20PENDRIVE/LIBROS%20PDF/MATERIAL%20PARA%20EL%20RCM/Introduccion_a_la_ingenieria_enfoque_de.pdf

Kolakowski (1998) El paradigma positivista y la concepción dialéctica del conocimiento. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/matematica/article/download/2296/2087/6783%23:~:text%3DPara%2520Kolakowski%2520(1988)%2520el%2520positivismo,ciencias%2520modernas%2520de%2520la%2520naturaleza.&ved=2ahUKEwiKuZy77vzwAhXPQTABHRe-AF0QFjABegQIBBAG&usg=AOvVaw3v7QySPenTwjueXDkEpuGv

Mantenimiento, Mora (2009). file:///D:/RESPALDO%20DEL%20PENDRIVE/LIBROS%20PDF/MATERIAL%20PARA%20EL%20RCM/Mantenimiento_Alberto_Mora_Gutierrez_FRE%20(1).pdf

Milano. (2005). Planificación y gestión del mantenimiento Industrial.https://www.academiaedu/24242027/Teddy_Milano_Mantenimiento

COVENIN 3049 (1993) Análisis de falla y la optimización del mantenimiento. https://sigbs.sencamer.gob.ve/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=0e1884ab92467ec32e7b7e6b466d977b

COVENIN 2500 (1993) método cuantitativo que evalúa los sistemas de mantenimiento en empresa. manufacturerashttps://sigbs.sencamer.gob.ve/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=a8d229c6e3820ebe3bfc89edc17efa0

Cuadro 5.

Cuadro del Plan de Mantenimiento unidad hidráulica de INVECEM S.A. Planta Cumarebo.

Componente a intervenir	Actividad preventiva	Unidad responsable del mantenimient	Personal técnico ejecutante		Tarea de mantenimiento a ejecutar		Herramientas a utilizar	Tiempo de duración de la actividad	Frec a d acti
			Nro. de Personal	Tipo	Nro.	Descripción			
Intercambiadores de Calor	Limpieza e inspecion interna	Departamento Mantenimiento predictivo	1	Supervisor Técnico	1	Qutar tención eléctrica al sistema de la unidad hidraulica			
					2	Bloqueo del equipo			
					3	Cerrar las válvulas			
					4	Desmontaje de la tubería			
					5	Qutar tornillería			
					6	Qutar tapas			
			1	Supervisor de Seguridad	7	Limpieza interna de los tubos del intercambiador (haz Tubular)	Llave mixta 9/16 Juego de dados 16 mm Martillo Cincel Cepillo de alambre	24 horas	Cad (3)m
					8	Agregar desincrustante (Verter dentro del haz tubular)			
					9	Remover con agua y aire los soldos que estan dentro del haz tubular			
					10	Colocará silicón a las tapas del intercambiador de calor			
			2	Técnicos Mecánicos	11	Colocar empacadura			
					12	Ajustara tubería			
					13	Desbloquear equipo y hacer prueba			
Radiador de la unidad hidraulica	Limpieza e inspecion interna	Departamento Mantenimiento predictivo	1	Supervisor Técnico	1	Qutar tención eléctrica al sistema de la unidad hidraulica	Manguera 3/4 Llave allen de 3/8	12 horas	Cad (3) m
					2	Bloqueo del equipo			
					3	Cerrar las válvulas del sistema de enfriamiento de aceite aire			
					4	Soplar el radiador			
					5	Vertir desincrustante sobre el serpentin			
			1	Supervisor de Seguridad	6	Sopla con aire comprimido el radiador			
					7	Completar nivel de aceite en el radiador			
					8	Desbloquear el equipo			
			2	Técnicos Mecánicos	9	Reponer tension al sistema de la unidad hidraulica			
					10	hacer prueba del sistema			

Cuadro 6.

Cuadro del Plan de Mantenimiento unidad hidráulica de INVECEM S.A. Planta Cumarebo.

Componente a intervenir	Actividad preventiva	Unidad responsable del mantenimient	Personal técnico ejecutante		Tarea de mantenimiento a ejecutar		Herramientas a utilizar	Tiempo de duración de la actividad	Frecuenci a de la actividad
			Nro. de Personal	Tipo	Nro.	Descripción			
Carter de la unidad hidraulica	Cambio de filtro	Departamento Mantenimiento predictivo	1	Supervisor Técnico	1	Qutar tención eléctrica al sistema de la unidad hidraulica			
					2	Bloqueo del equipo			
			1	Supervisor de Seguridad	3	Cerrar las válvulas de apertura			
					4	Qutar tapa de los filtros retirar los filtros	Llave mixtas 19mm Juego de dados de 19 mm con rache	8 horas	Cada cuatro (4) meses
					5	Sustituirlos por unos nuevos			
			1	Técnicos Mecánicos	6	Montar tapa			
					7	Desbloquear el equipo			
			1	Ayudante Mecanico	8	Reponer tension al sistema de la unidad hidraulica			
					9	hacer prueba del sistema			
Carter de la unidad hidraulica	Cambio de aceite de la unidad hidraulica	Departamento Mantenimiento predictivo	1	Supervisor Técnico	1	Qutar tención eléctrica al sistema de la unidad hidraulica	Llaves de tubo 17 mm embudo mortaza/gas	10 horas	Cada doce (12) meses
					2	Bloqueo del equipo			
			1	Supervisor de Seguridad	3	drenar aceite tuberías de salida			
					4	qutar tapa del carter			
					5	remover impurezas			
					6	limpiar carter			
					7	colocar embudo			
					8	trasladar pipas de aceite			
					9	verter el aceite			
			2	Técnicos Mecánicos	10	sella patas			
					11	ajuste de tubería			
					12	Desbloquear el equipo			
			1	Ayudante Mecanico	13	Reponer tension al sistema de la unidad hidraulica			
					14	hacer pruebas			
					15				

Cuadro 7 y 8.

Cuadro del Plan de Mantenimiento unidad hidráulica de INVECEM S.A. Planta Cumarebo.

Componente a intervenir	Actividad preventiva	Unidad responsable del mantenimient	Personal técnico ejecutante		Tarea de mantenimiento a ejecutar		Herramientas
			Nro. de Personal	Tipo	Nro.	Descripción	
Bombas Principales de la unidad Hidraulica	Inspeccion y limpieza de bombas principales	Departamento Mantenimiento Mecanico	1	Supervisor Técnico	1	Quitar tención eléctrica al sistema de la unidad hidraulica	llaves Allen de mm llaves mixtas d llave de t
					2	Bloqueo del equipo	
					3	Cierre de valvulas	
					4	Desmontaje de la unidad	
					5	Desarmado y limpieza interna	
			1	Supervisor de Seguridad	6	Cambo de rodamientos y carrusel de presion	
					7	Armado de la unidad	
					8	Montaje	
					9	Ajuste de tornilleria	
			2	Técnicos Mecánicos	10	Desbloquear el equipo	
					11	Reponer tension al sistema de la unidad hidraulica	
					12	Hacer pruebas	

Componente a intervenir	Actividad preventiva	Unidad responsable del mantenimient	Personal técnico ejecutante		Tarea de mantenimiento a ejecutar		Herramientas
			Nro. de Personal	Tipo	Nro.	Descripción	
Panel de Control de Conexiones	limpieza y Ajustes de Conexiones	Departamento Mantenimiento electrico	1	Supervisor Técnico	1	Quitar tension y colocar mecanismo de bloqueo	Destornillador
					2	Destapar panel	Destornillador d
					3	Soplar con aire seco	Juego de pi
			1	Tecnico Electrico	4	Chequear cableado y componentes	Pela Cab
					5	Ajustar conexiones	Multime
			1	Tecnico Instrumentista	6	Tapar panel	Soplador m
					7	Quite mecanismo de bloqueo y coloque tension	
Motores Principales de La unida hidraulica	Mantenimiento motores Principales	Departamento Mantenimiento electrico	1	Supervisor Técnico	1	Quitar tension y colocar mecanismo de bloqueo	Destornillador
					2	Limpieza de la carcaza	Destornillador d
					3	Quitar tapa protectora del aspa de ventilacion	Juego de pi
					4	Limpiar aspa de ventilacion	Pela Cab
			2	Tecnico Electrico	5	Cambio de Rodamientos	Multime
					6	Colocar tapa protectora del aspa de ventilacion	Soplador m
					7	Destapar la bornera	Extractor de rod
					8	Chequear condiciones de cables y empalmes	Cepillo de al
			1	Tecnico Instrumentista	9	Tapar la bornera	Graser
					10	Sellado de la bornera	Destornillador
					11	Quite mecanismo de bloqueo y coloque tension	