



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE HUATUSCO

“MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN LINEA DE PRODUCCIÓN.”

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

PRESENTA:
C. JOSÉ ANGEL JACA FERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TRABAJO RECEPCIONAL
M.E.R. MOISÉS MOLINA GARCÍA

HUATUSCO, VER.

MAYO 2022.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a las personas que han hecho posible la realización de este proyecto y a toda la gente la cual me ha apoyado y acompañado hasta estas instancias de mi vida.

En especial al Maestro Moisés Molina García, tutor interno de este proyecto, por su apoyo durante la realización de este y sus enseñanzas durante la carrera.

También agradecer al Ingeniero Job Eli Flores, tutor externo del proyecto, así mismo a Ing. Luis Ceja por su apoyo durante realización de este proyecto las residencias profesionales en la empresa “Ladrillera Mecanizada” ya que me brindo apoyo y aconsejo en la elaboración de este proyecto.

A mis compañeros de trabajo en Ladrillera Mecanizada: Hugo Cortinas, Rafael Uribe, Leónides Orozco, Iván Hernández por el apoyo brindado, dudas despejadas durante el proyecto Mantenimiento Eléctrico en línea de producción y/o confianza dada para el manejo del equipo que se encuentra dentro de la empresa.

RESUMEN

El mantenimiento eléctrico y general en las empresas es muy importante pues permite mejorar el rendimiento de los equipos, ahorrar dinero, además de que también puede llegar a salvar vidas, debido a que la falta de supervisión en el ámbito eléctrico y general, puede causar accidentes que puedan causar la muerte, algún daño irreversible o incendios.

Este proyecto hablara del mantenimiento eléctrico que se le da a las 3 diferentes líneas de producción que se encuentran dentro de la empresa, esta información será brindada ya que en la actualidad no se tiene información sobre el mantenimiento eléctrico que se realiza dentro de la empresa.

Se dará a la empresa el conocimiento de los cambios e instalaciones que se realizan, para que al momento que surge algún fallo o desperfecto poder ahorrar tiempo

Contenido

CAPITULO 1 GENERALIDADES	10
1.1 INTRODUCCIÓN	10
1.2 INFORMACION DE LA EMPRESA	10
1.2.1 Misión	11
1.2.2 Visión	11
1.2.3 Valores.....	11
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	12
1.4 PROBLEMAS A RESOLVER.....	12
1.5 HIPOTESIS	12
1.6 OBJETIVO GENERAL	12
1.7 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	13
CAPITULO 2 MARCO TEORICO	14
2.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	14
2.2 ENFOQUES RECIENTES DE MANTENIMIENTO Y DE PRODUCCIÓN.....	15
2.2.1 Enfoque hacia las acciones de manteamiento, etapas I y II	15
2.2.2 Enfoque hacia la organización táctica de mantenimiento, etapa III	17
2.2.3 Enfoque integral logístico de creación de una estrategia de mantenimiento, etapa IV	18
2.2.4 Enfoque hacia las habilidades y competencias de mantenimiento, etapa V	19
2.2.5 Enfoque hacia la gestión de activos, etapa VI	19
2.2.6 Función y objetivos de mantenimiento.....	20
2.3 SISTEMA KANTIANO DE MANTENIMIENTO	21
2.3.1 Unidad de mantenimiento	23
2.3.2 Categorización del mantenimiento.....	24
2.4 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	24
2.4.1 Diferentes tipos de correctivos: programado y no programado	25
2.4.2 El correctivo como base de mantenimiento	26
2.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	28
2.5.1 Clasificación del mantenimiento preventivo	29

2.5.2 Ventajas del mantenimiento preventivo	30
2.5.3 Programas de mantenimiento preventivo	31
2.5.4 Implantación de un sistema preventivo	32
2.6 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	34
2.6.1 Beneficios del mantenimiento predictivo	35
2.6.2 Implementación del mantenimiento predictivo	36
2.7 INSTALACIONES ELÉCTRICAS	40
2.7.1 Partes de un circuito eléctrico	40
2.7.2 Principio de alumbrado	41
2.8 MOTORES SÍNCRONOS	42
2.8.1 Construcción	42
2.8.2 Arranque de un motor síncrono	43
2.9 MOTORES MONOFÁSICOS	44
2.9.1 Construcción de un motor de inducción monofásico.....	44
2.9.2 Principio de operación	44
2.10 PREPARACIÓN DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.....	45
2.11 PROGRAMACION DE INSPECCIONES GENERALES DE PLANTAS	46
CAPITULO 3 DESARROLLO	51
3.1 CONOCIMIENTO DE LAS LINEAS DE PRODUCCIÓN	51
3.1.1 Línea de producción 1	51
3.1.2 Línea de producción 2	52
3.1.3 Línea de producción 3	52
3.2 SERVICIO DE MANTENIMIENTO EN LINEA DE PRODUCCIÓN 1.....	53
3.2.1 Mantenimiento a contacto 220 V trifásico y 110 V en molienda 1.....	53
3.2.2 Instalación de disyuntor trifásico	54
3.2.3 Mantenimiento a transformador seco de 75 KVA	56
3.2.3 Instalación de detectores magnéticos MN505S en secadero 3	57
3.2.4 Cambio de sensor óptico en salida de secadero 3	58
3.2.5 Instalación de interruptor termomagnético de 150 A para 220 V trifásico y cambio de líneas.....	60
3.2.6 Reubicación de tablero para polipastos y retiro de disyuntores sin función	62
3.2.7 Reubicación de centro de carga 220 V trifásico.....	63
3.2.8 Cambio electroválvula y pirómetros en quemador 1	64

3.2.9 Cambio de electroválvula principal en quemador 2	66
3.2.10 Instalación de sensores ópticos en baños de silicón	67
3.3 SERVICIO DE MANTENIMIENTO EN LINEA DE PRODUCCIÓN 2.....	69
3.3.1 Instalación y reparación de alumbrado en daga, área de Molienda 1	69
3.3.2 Creación de soportes para reflectores	70
3.3.3 Cambio y creación de protección para canaleta	71
3.3.4 Empalme de cables 2/0 para alimentación de tablero	72
3.3.5 Instalación de aire acondicionado en tablero	73
3.3.6 Cambio de fusibles por interruptor termomagnético	74
3.3.7 Reubicación de tablero	75
3.3.8 Instalación de transformador 440 V a 220V para alumbrado de emergencia	76
3.4 SERVICIO DE MANTENIMIENTO EN LINEA DE PRODUCCIÓN 3.....	77
3.4.1 Mantenimiento a tablero de maquina cortadora.....	77
3.4.2 Instalación de contacto para motor trifásico.....	78
3.4.3 Cableado y conexión de clavija para motor trifásico	79
3.4.4 Creación de base para tablero.....	81
3.4.5 Rehabilitación e instalación de tablero.....	82
3.4.6 Instalación de bobina de electro freno para un motor trifásico.....	83
3.4.7 Mantenimiento a transformador seco de 45 KVA	84
3.5 MANTENIMIENTO A OTRAS AREAS	85
3.5.1 Cambio de motobomba en pozo de la planta	85
3.5.2 Cambio de bomba sumergible en casa habitación para aspersores	86
3.5.3 Cambio de capacitor en área de tableros	87
3.6 DESCONEXIÓN Y CONEXIÓN DE MOTOR EN DELTA-ESTRELLA	88
CAPITULO 4 RESULTADOS	89
4.1 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE TRANSFORMADOR 440/220 V	89
4.2 DIAGRAMA CONEXIÓN DELTA-ESTRELLA	90
4.3 DIAGRAMA DE ELECTRO FRENO DE MOTOR.....	92
CAPITULO 5 CONCLUSIÓN	94
CAPITULO 6 RECOMENDACIONES DEL PROYECTO	95
CAPITULO 7 BIBLIOGRAFIA	96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Acciones posibles de realizar antes o después de la falla.....	17
Figura 2.	Elementos de un sistema kantiano	22
Figura 3.	Unidad elemental de mantenimiento	23
Figura 4.	Diagrama circuito eléctrico	41
Figura 5.	Contactos en mal estado	53
Figura 6.	Contactos en función	54
Figura 7.	Tablero sin disyuntor	55
Figura 8.	Disyuntor instalado	55
Figura 9.	Transformador seco en malas condiciones	56
Figura 10.	Transformador seco restaurado.....	57
Figura 11.	Placas para instalación de detectores magnéticos	57
Figura 12.	Detectores magnéticos instalados	58
Figura 13.	Sensor a cambiar	59
Figura 14.	Cambio de sensor.....	59
Figura 15.	Tablero e interruptor a instalar	60
Figura 16.	Cableado de interruptor	61
Figura 17.	Conexión de líneas al interruptor	61
Figura 18.	Tablero en mal estado	62
Figura 19.	Reubicación de tablero	63
Figura 20.	Centro de cargar mal ubicado	63
Figura 21.	Centro de carga reubicado	64
Figura 22.	Electroválvula dañada	65
Figura 23.	Cambio de electroválvula y pirómetro.....	65
Figura 24.	Electroválvula a cambiar.....	66
Figura 25.	Quemador en funcionamiento con electroválvula nueva	67
Figura 26.	Instalación de sensores	67
Figura 27.	Sensores opticos instalados	68
Figura 28.	Reparación de lámparas.....	69
Figura 29.	Instalacion de alumbrado.....	69
Figura 30.	Creación de soportes.....	70
Figura 31.	Reflectores instalados en soportes.....	70

Figura 32.	Canaleta destruida.....	71
Figura 33.	Canaleta nueva y protección contra golpes	71
Figura 34.	Cables sin empalme	72
Figura 35.	Cables empalmados	72
Figura 36.	Aire acondicionado en empaque	73
Figura 37.	Aire acondicionado instsalado	73
Figura 38.	Fusibles en tablero	74
Figura 39.	Interruptor termomagnético en tablero.....	74
Figura 40.	Desmantelado de tablero.....	75
Figura 41.	Tablero reubicado.....	75
Figura 42.	Transformador con protección instalado.....	76
Figura 43.	Reflectores de emergencia instaladas.....	76
Figura 44.	Tablero en mal estado	77
Figura 45.	Tablero restaurado	78
Figura 46.	Motor sin contacto	78
Figura 47.	Motor con contacto	79
Figura 48.	Motor sin cable y clavija.....	79
Figura 49.	Motor con cable y clavija	80
Figura 50.	Armado de base	81
Figura 51.	Base terminada e instalada	81
Figura 52.	Tablero en mal estado	82
Figura 53.	Tablero rehabilitado e instalado.....	82
Figura 54.	Motor sin bobina de electro freno	83
Figura 55.	Motor con bobina de electro freno	83
Figura 56.	Transformador seco en mal estado	84
Figura 57.	Transformador seco restaurado.....	84
Figura 58.	Retiro de motobomba y tubos en mal estado	85
Figura 59.	Motobomba y tubería nueva	85
Figura 60.	Bomba sumergible dañada.....	86
Figura 61.	Bomba sumergible nueva instalada.....	86
Figura 62.	Capacitores dañados.....	87
Figura 63.	Capacitor de cilindro instalado.....	87

Figura 64.	Conexión delta- estrella	88
Figura 65.	Motor trifásico en funcionamiento	88
Figura 66.	Diagrama de transformador 440/220 V	89
Figura 67.	Diagrama de transformador 440/220 V en funcionamiento	90
Figura 68.	Diagrama unifilar de fuerza y control para una conexión delta-estrella .	91
Figura 69.	Diagrama en función, arranque en estrella	91
Figura 70.	Diagrama en función, accionamiento en delta	92
Figura 71.	Diagrama unifilar de fuerza y control para la instalación de una bobina de electro freno	92
Figura 72.	Diagrama de electro freno en marcha	93
Figura 73.	Diagrama de electro freno en paro	93

CAPITULO 1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El efectuar el proyecto en Ladrillera Mecanizada S.A. de C.V. Permitirá ejecutar las soluciones de mantenimiento que se establecen dentro de la empresa y nos da la experiencia necesaria sobre el tema

La realización de mantenimiento eléctrico en dicha empresa es de suma importancia pues cada máquina tiene que estar al 100 % para no tener paros innecesarios en la línea de producción

El mantenimiento preventivo nos ayudara a detectar fallas en algunos equipos, capacitores, electroválvulas, pistones, tableros de distribución y no afectar en la producción.

En caso de tener alguna falla se recurre al mantenimiento correctivo en el cual se tiene que trabajar de manera rápida para no tener pérdidas económicas en el paro por dicho problema.

Con el mantenimiento eléctrico se beneficiará a la empresa Ladrillera Mecanizada S.A. de C.V. así como también se podrá beneficiar consumidores de los diferentes productos que se elaboran en la empresa, ya que serán de calidad y confiabilidad al momento de usar.

La empresa “Ladrillera Mecanizada S.A. de C.V.” se caracteriza por estar siempre al margen de su política de calidad es por ello que los departamentos de mantenimiento se mantienen actualizados en los aspectos del mantenimiento industrial moderno.

1.2 INFORMACION DE LA EMPRESA

Ladrillera Mecanizada es la más grande productora y exportadora de productos 100% de barro natural en México, reconocida internacionalmente como empresa dedicada a la manufactura y comercialización de teja, piso, ladrillo, línea estructural y decorativa. La durabilidad, su fácil mantenimiento, el gusto que producen ante la vista y la variedad

de colores clásicos, envejecidos y contemporáneos, son sólo algunos de los beneficios que poseen.

1.2.1 Misión

Nuestro objetivo es transformar el concepto de construcción en nuestro país, con productos de barro que ayuden a optimizar las obras.

1.2.2 Visión

Generar productos que mejoren la calidad de vida de nuestros clientes y contribuir a la sustentabilidad del medio ambiente.

1.2.3 Valores

- Calidad: Perfeccionar nuestros procesos para mantener la calidad en nuestros productos y servicios.
- Honestidad: Ser honestos y congruentes en nuestros procesos de trabajo, basados en una clara orientación moral.
- Lealtad: Incrementar la lealtad con nuestros clientes y colaboradores.
- Compromiso: Trabajar para cumplir con las promesas realizadas y expectativas creadas en el cliente.
- Liderazgo: Ir un paso adelante en la innovación de productos para la construcción.
- Solidaridad: Generar compañerismo y un clima de respeto, ofrecer a los demás un trato amable encaminado al logro de nuestra visión.
- Responsabilidad: Impulsar el desarrollo sustentable maximizando los beneficios de los materiales reciclados.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se hace con el fin de proporcionarle a la empresa “Ladrillera Mecanizada S.A. de C.V.” la información y algunos datos sobre el mantenimiento eléctrico y general que se realiza dentro de la empresa ya que hasta el día de hoy no se tiene alguna información o datos sobre lo realizado dentro de la empresa. Este permite mantener en buenas condiciones los motores, tableros e instalaciones que se encuentran en las líneas de producción ya que es esencial no tener ningún tipo de falla para no detener la producción y no tener pérdida económica.

1.4 PROBLEMAS A RESOLVER

- Realizar un manual de mantenimiento eléctrico y general.
- La empresa no cuenta con un manual de mantenimiento en las áreas eléctricas, por lo que se realizar dicho manual, además se realizara mantenimiento preventivo y correctivo a los motores de la línea de producción y demás equipos.
- Detectar fallas comunes en el mantenimiento eléctrico

1.5 HIPOTESIS

Los beneficios ofrecidos por el presente proyecto pueden ser: laborales, productivos como financieros. Aplica en ámbito laboral debido a que el mantenimiento y la seguridad industrial van estrechamente ligados, ya que si se trabaja con una de las maquinas en mal estado, es muy probable que se tenga accidentes.

Es por ello que se deben de sustentar parámetros para poder tener una variable para alargar la vida útil de los equipos.

1.6 OBJETIVO GENERAL

Realizar mantenimiento eléctrico en línea de producción de la empresa Ladrillera Mecanizada S.A. de C.V.

1.7 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar mantenimiento eléctrico dentro de las líneas de producción
- Realizar mantenimiento preventivo a las maquinas eléctricas de la empresa
- Implementar medidas de seguridad durante el trabajo de mantenimiento
- Detectar y corregir fallas en climas de tableros eléctricos
- Corregir fallas generales dentro de la empresa
- Realizar un manual de mantenimiento eléctrico y general.
- La empresa no cuenta con un manual de mantenimiento.
- Realizar mantenimiento preventivo y correctivo a los motores de la línea de producción y demás equipos.
- Detectar fallas comunes en el mantenimiento eléctrico

CAPITULO 2 MARCO TEORICO

2.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

La principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo. Bajo esta premisa se puede entender la evolución del área de mantenimiento al atravesar las distintas épocas, acorde con las necesidades de sus clientes, que son todas aquellas dependencias o empresas de procesos o servicios, que generan bienes reales o intangibles mediante la utilización de estos activos para producirlos. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

La historia del mantenimiento, como parte estructural de las empresas, data desde el momento mismo de la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios, inclusive desde cuando el hombre forma parte de la energía de dichos equipos. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

Se reconoce la aparición de los primeros sistemas organizacionales de mantenimiento para sostener las máquinas desde principios del siglo XX, en los Estados Unidos, donde todas las soluciones a fallas y paradas imprevistas de equipos se solucionan vía mantenimiento correctivo (Newbrough y otros, 1982). El autor Junior Reed reconoce la similitud de conceptos, pero se remonta al siglo XVIII con las teorías de producción de David Ricardo, como el origen claro de los sistemas de mantenimiento (Reed, 1971; Ricardo, 1817). (Gutiérrez, L. A. (2009).)

El progreso del mantenimiento como área de estudio permite distinguir varias generaciones evolutivas, en relación con los diferentes objetivos que se observan en las áreas productivas o de manufactura (y en mantenimiento) a través del tiempo. El análisis se lleva a cabo en cada una de estas etapas, que muestran las empresas en función de sus metas de producción para ese momento. La clasificación generacional relaciona las áreas de mantenimiento y producción en términos de evolución. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

2.2 ENFOQUES RECIENTES DE MANTENIMIENTO Y DE PRODUCCIÓN

El mantenimiento y la producción se ubican en una época contemporánea más reciente. Y si se desglosan sus procesos de evolución y crecimiento de una forma mancomunada en las últimas décadas, se puede ensayar la siguiente clasificación, para comprender de una forma más clara sus roles, sus relaciones y sus funciones, como se explican en los siguientes apartes. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

2.2.1 Enfoque hacia las acciones de mantenimiento, etapas I y II

Durante la etapa I aparecen los instrumentos de mantenimiento. En ese momento se contrata o se entrena el personal de mecánica, electricidad, mecatrónica, neumática, electrónica, etc., con el fin de capacitarlo para llevar a cabo las primeras acciones de mantenimiento, que son de índole correctiva y que procuran corregir la falla o parada imprevista en forma prioritaria. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

En esta fase aparecen los elementos iniciales requeridos para sostener los equipos: órdenes de trabajo, herramientas, utensilios, almacenes de repuestos e insumos de mantenimiento (Rey, 1996). Surgen las primeras informaciones que luego se constituyen en las bases de datos y luego en el sistema de información. Se desarrollan las técnicas y las tecnologías propias de la empresa en particular, etc. En general, se dan las bases para que el mantenimiento funcione; en la etapa I la prioridad del área de producción es elaborar productos o generar servicios. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

Las fallas imprevistas se convierten en el mayor problema de la división de fabricación, pues impiden el desarrollo normal de su actividad. Como consecuencia de esto sucede la aparición de la etapa II de mantenimiento, en la cual el objetivo principal es solucionar las paradas repentinas de los equipos. Por esto el mantenimiento empieza a desarrollar acciones de prevención o predicción de fallas. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

En esta fase empiezan a utilizarse técnicas y metodologías propias de las acciones planeadas de mantenimiento, y la empresa adquiere el conocimiento y la destreza para diferenciar las acciones propias de mantenimiento, antes y después de la falla. Se inicia la utilización de técnicas y tecnologías propias de la prevención y predicción, tales como rutinas de inspecciones, planes preventivos, mediciones técnicas,

valoración de condición de estado de los equipos. Ensayos no destructivos, registro de datos técnicos, monitoreo de equipos, reposición de elementos antes de que entren en estado de falla. Control de la vida útil de los elementos, medición de la funcionalidad de los dispositivos, análisis de vibraciones, tribología, ajustes de función antes de la falla, etc. Y nace el control operativo de equipos y de sus elementos. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

La etapa II permite distinguir entre las acciones correctivas, modificativas (Latino, 1999a), preventivas (Idhammar, 1997a, 1999; Latino, 1999 b y Patton, 1995), y predictivas (Latino 1999a; Mora, 2007a, 1990 y Navarro y otros, 1997). Las dos primeras son posteriores a la falla y las últimas son previas al estado de no funcionalidad del equipo (Mora, 2007b). (Gutiérrez, L. A. (2009).)

En esta etapa sólo se practica el mantenimiento correctivo o reparativo. Las piezas y equipos se llevan al límite de su vida útil, hasta la falla y la recuperación de la función inicial, que consiste en reemplazar la pieza que no funciona sin aplicar un mayor análisis sobre la causa raíz del problema (Benítez, 2007). (Gutiérrez, L. A. (2009).)

En esta etapa II se identifican los equipos, se determinan las tareas para las intervenciones planeadas o programadas (instrucción de mantenimiento). Se definen las recomendaciones de seguridad, se establecen los planes de mantenimiento (programa maestro). Se delimitan y se generan las OT2 programadas (planeadas) y no programadas (no planeadas). Se decide y se implementan los mecanismos de manejo y recolección de datos de una forma sencilla, completa y eficiente, que posteriormente se convierten en el sistema de información. Se relacionan los equipos con los respectivos repuestos específicos y genéricos, a la vez que se concretan los parámetros de subcontratación y administración de proveedores. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

En la fase II también se evalúa la conveniencia de implementar las técnicas de predicción por análisis de síntomas y por evaluación estadística, de acuerdo con la importancia y las características de cada equipo en el proceso. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

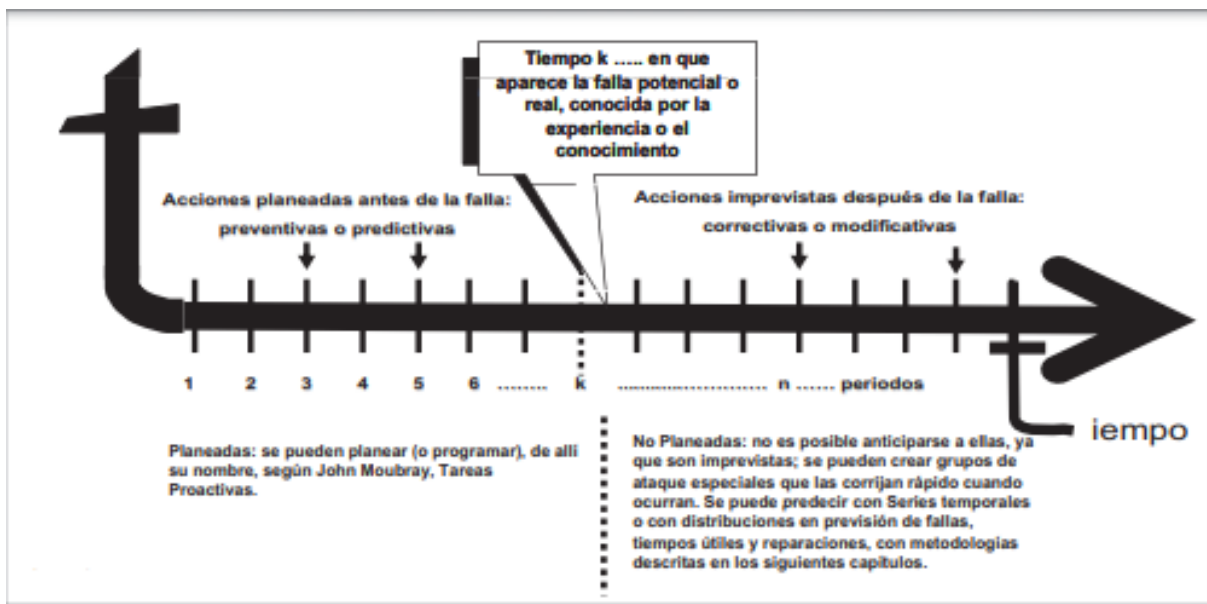


Figura 1. Acciones posibles de realizar antes o después de la falla

2.2.2 Enfoque hacia la organización táctica de mantenimiento, etapa III

Una vez las empresas alcanzan la madurez para el manejo real y conceptual de las acciones posibles de mantenimiento, empiezan a adoptar una estructura para el desarrollo secuencial, lógico y organizado del conjunto de acciones de mantenimiento que aplican. Con el fin de gestar y operar el mantenimiento bajo un sistema organizado en esta fase III adoptan una táctica. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

Es importante aclarar que no todas las empresas evolucionan históricamente al pasar por cada una de las tácticas (Táctica, 2008) en forma secuencial. Y que simplemente adoptan una propia que reúne las mejores prácticas de varias de ellas o toman una de ellas sin evolucionar en todas. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

En esta fase III, lo importante para producción es maximizar la explotación y la combinación de sus factores productivos. En tanto que el mantenimiento se constituye como una unidad independiente de producción, de apoyo logístico a operación y manufactura, dado que es normal que en las anteriores fases I y II, aún depende del área operativa en cuanto a nivel jerárquico. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

2.2.3 Enfoque integral logístico de creación de una estrategia de mantenimiento, etapa IV

La etapa IV se alcanza cuando las empresas desarrollan con suficiencia los niveles anteriores. En esta fase se interesan por medir resultados y pretenden saber qué tan bien hacen su trabajo. Por eso empiezan a establecer sistemas de costeo propios de mantenimiento, como el LCC6, Implementan el registro histórico de fallas y reparaciones. Se establecen sistemas de medición bajo parámetros propios o internacionales. Empiezan a interpretar y a utilizar la curva de Davies (o de la bañera) (Kelly y otros, 1998 y Forcadas, 1983), al involucrar sus deducciones en las labores propias de mantenimiento (Ávila, 1992). Y se comparan con otras empresas similares o diferentes para establecer el nivel de éxito logrado tanto en operación como en mantenimiento y, en general, procuran controlar todas las acciones realizadas. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

En este nivel, el área de producción pretende mejorar su competitividad y su mantenimiento. Por eso establece las estrategias con las cuales puede llegar a controlar en forma integral y específica todas las actividades, los elementos, las acciones, la táctica y todos los quehaceres de mantenimiento, con lo cual se consolida la función de mantener. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

En esta etapa IV, el resultado de aplicar el conjunto de gestiones y acciones de las etapas anteriores de una forma logística (Ballon, 2004 y Árbones, 1999) conduce a la terotecnología, también conocida como mantenimiento integral logístico. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

En el nivel IV, se involucran los directivos y todas las demás áreas corporativas de la empresa en un solo objetivo para obtener la mayor eficiencia productiva y la máxima reducción de costos. En este sistema se establecen metas alcanzables a todas las áreas involucradas, además de detectar las necesidades reales de desarrollo de personal y capacitación, con el fin de que los miembros del área de mantenimiento alcancen niveles adecuados de calificación, para aplicar nuevas tecnologías en procesos de gestión. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

Históricamente se demuestra que las empresas, después de alcanzar el nivel IV, regresan a las fases anteriores para profundizar en algún tema especial de cualquiera de los primeros tres niveles. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

2.2.4 Enfoque hacia las habilidades y competencias de mantenimiento, etapa V

La etapa V se caracteriza por procurar el desarrollo de habilidades y competencias en todo su personal, y también profundizan en alguna de las etapas anteriores. En este nivel se consolidan las realizaciones de FMECA, RCFA y RPN. Y, en general, la empresa se fortalece en el desarrollo de habilidades y competencias en todos o en algunos de los temas iniciados en las etapas anteriores. En la fase V se logra la consolidación del sistema de información de mantenimiento y producción. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

También es probable que se realice una estrategia de mantenimiento integral basada en procesos, donde se analizan las actividades, los procesos y el macro proceso de mantenimiento, mediante la implementación de índices e indicadores sobre la calidad, el tiempo y los costos de cada acción de mantenimiento, al identificar el cliente y el demandante de cada tarea, a la vez que se deben medir todos los parámetros de proceso, ya sea por el método de Vital Signs-Performance (signos vitales del Quantum Performance) (Hronec, 1995) donde se establece un control total, detallado e interrelacionado del sistema de mantenimiento en tiempo real, con participación de todos los empleados y trabajadores de la empresa (Mora, 2007a). Últimamente se trabaja también con Balanced ScoreCard¹⁰ (cuadros y tableros de control) (Kaplan y otros, 1997), aplicado a mantenimiento (RCMScorecard@, 2005) bajo direccionamiento estratégico (Steiner, 1995). (Gutiérrez, L. A. (2009).)

2.2.5 Enfoque hacia la gestión de activos, etapa VI

Se puede afirmar que cuando la organización desarrolla y alcanza una metodología capaz de integrar todos y cada uno de los niveles anteriores se alcanza la etapa VI, definida como gestión de activos, la cual permite integrar todo el conocimiento y las mejores prácticas aprendidas, con el fin de manejar con flexibilidad y éxito sus activos (parque industrial, equipos, etc.). (Gutiérrez, L. A. (2009).)

2.2.5.1 Activos y pasivos

La diferencia entre activo y pasivo es que conceptualmente el primero de ellos se asocia a la producción de riqueza, mientras que el segundo se refiere a inversión o gasto (Kiyosaki y otros, 2000). Bajo esta premisa se influye el mantenimiento en cuanto a la forma de visualizar la utilización de los activos. El ingreso se entiende como el flujo nominal que recibe una empresa o familia, producto de una actividad o comercialización de un bien o servicio, mientras que el gasto es lo que una institución, familia u objeto requiere para ser mantenido. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

La transformación empresarial, para alcanzar el nivel de gestión de activos, requiere, entre otras, que todas las acciones del mantenimiento y producción generen aumento de la capacidad de producción, del valor agregado y de su demanda en la búsqueda de conquistar cada día más el mercado potencial. De lo contrario aún se está en una actitud pasiva, opuesta a la presentada en este numeral, que incurre nuevamente en gastos en el manejo de sus equipos. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

La evolución hacia la etapa VI de gestión de activos presenta diferentes y diversas formas de ser alcanzada, entre las cuales sobresalen: la inversión en I y D14 y, procurando disminuir los tiempos de reparación y los de mantenimientos planeados, los cuales se manifiestan con una reducción tangible de los tiempos (correctivos, modificativos, preventivos, predictivos, de espera o demora de recursos) (Gutiérrez, L. A. (2009).)

2.2.6 Función y objetivos de mantenimiento

Según Albert Ramond y Asociados (Estados Unidos de América), la función principal de mantenimiento es maximizar la disponibilidad que se requiere para la producción de bienes y servicios, al preservar el valor de las instalaciones. Para minimizar el deterioro de los equipos, lo cual se debe lograr con el menor costo posible y a largo plazo (Newbrough y otros, 1982). (Gutiérrez, L. A. (2009).)

El objetivo de mantenimiento es: "...conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo coste, con el máximo nivel de seguridad para el personal que lo utiliza y lo mantiene y con una mínima

degradación del medio ambiente. Al conseguir todos estos puntos se está ante una buena gestión integral de mantenimiento” (Navarro y otros, 1997). (Gutiérrez, L. A. (2009).)

Si bien es cierto que esta definición tiene un buen cubrimiento, deja por fuera aspectos tan importantes como la libertad del cliente, para optar por un mantenimiento propio o subcontratado. Además de que no contempla el enfoque de mantenimiento frente al estado de avance de la organización y es indiferente al nivel tecnológico de los equipos. A pesar de que enuncia la palabra integral no dimensiona la posibilidad de que el servicio de mantenimiento atienda a clientes externos e internos no tradicionales, como aprovisionamiento y distribución. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

En síntesis, la misión principal de mantenimiento es garantizar que el parque industrial esté con la máxima disponibilidad cuando lo requiera el cliente o usuario. Con la máxima confiabilidad y fiabilidad, durante el tiempo solicitado para operar. Con las velocidades requeridas, en las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas previamente por el demandante, para producir bienes o servicios que satisfagan sus necesidades, deseos o requerimientos. Con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno al menor costo posible. Y con los mayores índices de productividad y competitividad posibles para optimizar su rentabilidad. Es decir, para generar mayores ingresos. (Gutiérrez, L. A. (2009).)

2.3 SISTEMA KANTIANO DE MANTENIMIENTO

El enfoque sistémico kantiano plantea la posibilidad de estudiar y entender todo fenómeno, dado que define que un sistema está compuesto básicamente por tres elementos: personas, artefactos y entorno. (Gutiérrez, L. A. (2005).)

En todo sistema es fundamental la participación de las personas, ya que ellas son las que hacen que el sistema exista, y son las que le dan ese carácter real, en forma contextual, de forma mental. Indudablemente, el mantenimiento es un sistema mental que se construye de forma intelectual por el ser humano, y que los elementos de un sistema kantiano son los artefactos que, en el caso particular del mantenimiento, constituyen el conjunto de máquinas, componentes, sistemas de producción, herramientas, utensilios, líneas de fabricación, documentos como órdenes de trabajo

o historia de los equipos, aparatos, materias primas, insumos, repuestos, sistemas de información, etc., los cuales son elementos reales requeridos para hacer el mantenimiento. (Gutiérrez, L. A. (2005).)

El tercer componente de un sistema kantiano es el entorno, el cual es de carácter mental (o intelectual) y corresponde a todos aquellos sitios en donde se desenvuelve la naturaleza del sistema, y en donde se encuentran las máquinas que hacen posible la producción de bienes reales o de servicio (Chiavenato, 2005). (Gutiérrez, L. A. (2005).)

El enfoque kantiano permite visualizar y probar la existencia de relaciones entre diferentes elementos de un sistema real o mental, y para el caso del mantenimiento se reconoce la existencia de diferentes elementos que se entrelazan. Entre ellos se pueden nombrar las personas, que son directos usuarios o explotadores de los equipos de fabricación, los productores y los que preservan el activo o máquina denominados mantenedores. En cuanto a los artefactos, en este grupo se incluyen todos los equipos o elementos productivos directos o indirectos que se describen en el texto. Por último, el entorno es el que comprende los sitios de producción, como fábricas fijas o móviles, por un lado y, por el otro, también incluye los espacios donde se prestan los servicios de mantenimiento. (Gutiérrez, L. A. (2005).)

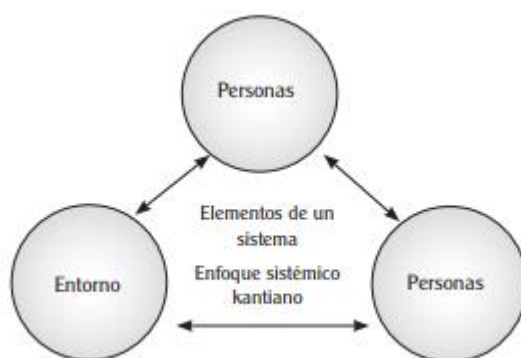


Figura 2. Elementos de un sistema kantiano

Con el fin de entender la aplicación de estos conceptos a un sistema de mantenimiento, se aplican de forma individual e independiente a los departamentos de operación y de sostenimiento de maquinaria, para posteriormente usarlos en un sistema integral

industrial, de tal forma que se pueda visualizar la interacción de ambas unidades y el sistema global unificado de mantenimiento empresarial. (Gutiérrez, L. A. (2005).)

2.3.1 Unidad de mantenimiento

El enfoque sistémico puro, cuando se utiliza en mantenimiento, parece admitir el reconocimiento de tres elementos fundamentales: mantenedores (personas), máquinas o equipos industriales o de operación (artefactos) y sitios físicos en donde se prestan los servicios de mantenimiento (entorno). (Gutiérrez, L. A. (2005).)

Para hallar la función básica de un sistema de mantenimiento es posible utilizar la definición de ingeniería que se describe en la clasificación internacional uniforme de ocupaciones (CIUO) de la OIT, donde se enuncia que algunas de las funciones de los arquitectos, ingenieros y afines son construcción, reparación y mantenimiento de edificios, obras públicas, etc., y en especial de aplicaciones industriales como máquinas y equipos, entre otras (OIT-CIUO-88, 1988). Con esta premisa se entiende que el mantenimiento es una ciencia que se aplica en elementos, máquinas o sistemas productivos que genera el ser humano, y cuyo fin es preservar los equipos industriales mediante su construcción, reparación o mantenimiento. (Gutiérrez, L. A. (2005).)

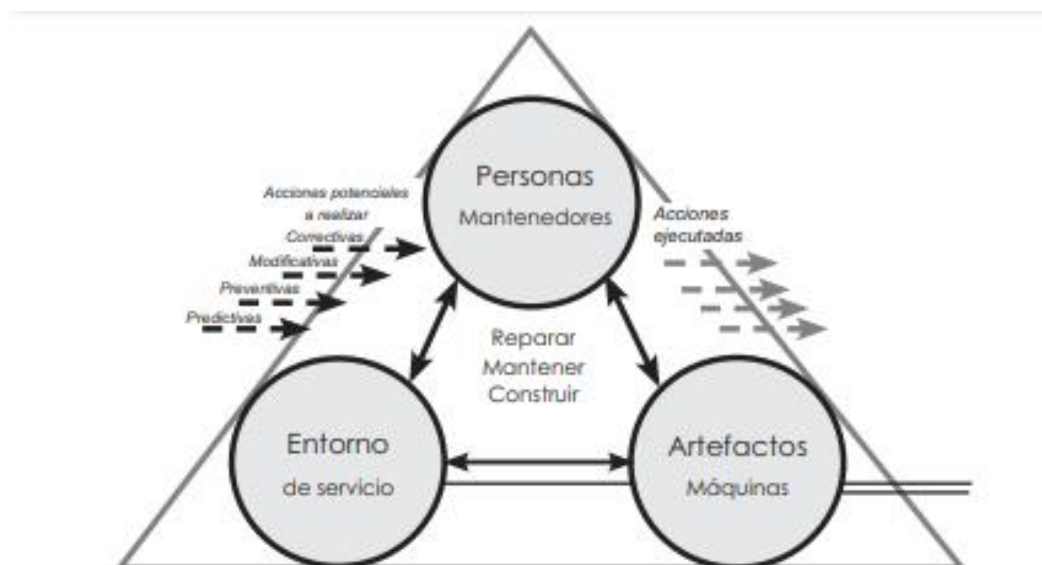


Figura 3. Unidad elemental de mantenimiento

El mantenimiento y la reparación son partes esenciales del objeto de estudio (mantenimiento) en ingeniería de fábricas, donde se entiende que la función de mantenimiento depende del ciclo de vida de las máquinas (en sus tres etapas: mantenimiento, reparación o sustitución) y de la situación de reparación, como una especie de mantenimiento especializado en un estado de uso (o abuso) más avanzado del equipo; es decir, con una mantenibilidad más reducida (Ávila, 1992). (Gutiérrez, L. A. (2005).)

2.3.2 Categorización del mantenimiento

El enfoque kantiano admite definir las categorías de la ingeniería de fábricas, como una metodología científica que establece los parámetros jerárquicos (Whorf, 1952) que definen las diferentes temáticas conceptuales; esta jerarquización permite unificar el lenguaje del tema con el fin de facilitar su estudio, tratamiento y aplicación empresarial. (Gutiérrez, L. A. (2005).)

Las categorías son divisiones jerárquicas que permiten simplificar el tratamiento profundo de los diferentes conceptos que facilitan su organización, que consiente en el análisis de sus diferencias y similitudes, para la estructuración total de los diferentes temas que los conforman. (Gutiérrez, L. A. (2005).)

Una primera aproximación a la categorización del mantenimiento, se encuentra instituida por la casa noruega ESReDa en su Manual Handbook (ESReDa, 2001) donde se establecen tres niveles: táctico, operativo y estratégico para presentar una adecuada clasificación para diversas tareas, acciones y temas del mantenimiento. La ESReDa establece que normalmente los departamentos no tienen muy definida su estructura organizacional y menos sus costos sistémicos. La función de mantenimiento tiene una alta influencia en la rentabilidad de las empresas y en la ingeniería integradora de plantas. (Gutiérrez, L. A. (2005).)

2.4 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo. (Garrido, S. G. (2009))

Históricamente, el mantenimiento nace como servicio a la producción. Lo que se denomina Primera Generación del Mantenimiento cubre el periodo que se extiende desde el inicio de la revolución industrial hasta la Primera Guerra Mundial. En estos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de paro de maquina no era de mayor importancia. (Garrido, S. G. (2009))

Esto significaba que la prevención de las fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. A su vez, la mayoría de los equipos eran simples, y una gran cantidad estaba sobredimensionada. Esto hacía que fueran fiables y fáciles de reparar. Como resultado no había necesidad de un mantenimiento sistematizado más allá de limpieza y lubricación, y por ello la base del mantenimiento era puramente correctiva. (Garrido, S. G. (2009))

Las posteriores generaciones del mantenimiento trajeron el preventivo sistemático, el predictivo, el proactivo, el mantenimiento basado en fiabilidad, etc. Y aun así, una buena parte de las empresas basan su mantenimiento exclusivamente en la reparación de averías que surgen, e incluso algunas importantes empresas sostienen que esta forma de actuar es la más rentable. En otras muchas, las tareas correctivas suponen un alto porcentaje de su actividad y son muy pocas las empresas que han planteado como objetivo reducir a cero este tipo de tareas (objetivo cero averías) y muchas menos las que lo han conseguido. (Garrido, S. G. (2009))

2.4.1 Diferentes tipos de correctivos: programado y no programado

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la

instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado. (Garrido, S. G. (2009))

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos. (Garrido, S. G. (2009))

2.4.2 El correctivo como base de mantenimiento

Muchas empresas optan por el mantenimiento correctivo, es decir, la reparación de averías cuando surgen, como base de su mantenimiento: más del 90% del tiempo y de los recursos empleados en mantenimiento se destinan a la reparación de fallos. (Garrido, S. G. (2009))

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas indudables:

- No genera gastos fijos
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad
- Sólo se gasta dinero cuanto está claro que se necesita hacerlo
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos (Garrido, S. G. (2009))

Esas son las razones que en muchas empresas inclinan la balanza hacia el correctivo. No obstante, estas empresas olvidan que el correctivo también tiene importantes inconvenientes:

- La producción se vuelve impredecible y poco fiable. Las paradas y fallos pueden producirse en cualquier momento. Desde luego, no es en absoluto recomendable basar el mantenimiento en las intervenciones correctivas en

plantas con un alto valor añadido del producto final, en plantas que requieren una alta fiabilidad (p. ej, empresas que utilizan el frío en su proceso), las que tienen unos compromisos de producción con clientes sufriendo importantes penalizaciones en caso de incumplimiento (p.ej la industria auxiliar del automóvil o el mercado eléctrico) o las que producen en campañas cortas (industria relacionada con la agricultura).

- Supone asumir riesgos económicos que en ocasiones pueden ser importantes. La vida útil de los equipos se acorta
- Impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. Por ello, la avería puede repetirse una y otra vez.
- Hay tareas que siempre son rentables en cualquier tipo de equipo. Difícilmente puede justificarse su no realización en base a criterios económicos: los engrases, las limpiezas, las inspecciones visuales y los ajustes. Determinados equipos necesitan además de continuos ajustes, vigilancia, engrase, incluso para funcionar durante cortos periodos de tiempo
- Los seguros de maquinaria o de gran avería suelen excluir los riesgos derivados de la no realización del mantenimiento programado indicado por el fabricante del equipo
- Las averías y los comportamientos anormales no sólo ponen en riesgo la producción: también pueden suponer accidentes con riesgos para las personas o para el medio ambiente
- Basar el mantenimiento en la corrección de fallos supone contar con técnicos muy cualificados, con un stock de repuestos importante, con medios técnicos muy variados, etc. (Garrido, S. G. (2009))

En la mayor parte de las empresas difícilmente las ventajas del correctivo puro superarán a sus inconvenientes. La mayor parte de las empresas que basan su mantenimiento en las tareas de tipo correctivo no han analizado en profundidad si esta

es la manera más rentable y segura de abordar el mantenimiento, y actúan así por otras razones. (Garrido, S. G. (2009))

2.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El Mantenimiento Preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, y otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de fallas. (Palencia, O. G. (2006))

El Mantenimiento Preventivo es el conjunto de acciones necesarias para conservar un equipo en buen estado independientemente de la aparición de las fallas. (Palencia, O. G. (2006))

Este tipo de mantenimiento busca garantizar que las condiciones normales de operación de un equipo o sistema sean respetadas es decir que el equipo esté libre de polvo, sus lubricantes conserven sus características y sus elementos consumibles tales como filtros, mangueras, correas etc. Sean sustituidas dentro de su vida útil. El Mantenimiento Preventivo clásico prevé fallas a través de sus cuatro áreas básicas:

- Limpieza: las máquinas limpias son más fáciles de mantener operan mejor y reducen la contaminación. La limpieza constituye la actividad más sencilla y eficaz para reducir desgastes, deterioros y roturas.
- Inspección: se realizan para verificar el funcionamiento seguro, eficiente y económico de la maquinaria y equipo. EL personal de mantenimiento deberá reconocer la importancia de una inspección objetiva para determinar las condiciones del equipo. Con las informaciones obtenidas por medio de las inspecciones, se toman las decisiones a fin de llevar a cabo el mantenimiento adecuado y oportuno.
- Lubricación: un lubricante es toda sustancia que, al ser introducida entre dos partes móviles, reduce el frotamiento calentamiento y desgaste, debido a la formación de una capa resbalante entre ellas. La lubricación es la acción realizada por el lubricante. Aunque esta operación es normalmente realizada de acuerdo con las especificaciones del fabricante, la ubicación física y geográfica

del equipo y maquinaria; además de la experiencia, puede alterar las recomendaciones.

- Ajuste: Es una consecuencia directa de la inspección; ya que es a través de ellas que se detectan las condiciones inadecuadas de los equipos y maquinarias, evitándose así posibles fallas. (Palencia, O. G. (2006))

El mantenimiento preventivo se realiza normalmente a través de inspecciones y operaciones sistemáticas. Estas pueden realizarse con el equipo en marcha, inmovilizado, pero sin necesidad de desmontaje, inmovilizado con desmontaje. Puede asumir también la forma de sustituciones sistemáticas de componentes, órganos o equipos completos, que busquen prolongar la vida útil del sistema, disminuyendo la probabilidad de ocurrencia de fallas de estos elementos, normalmente en su etapa de desgaste. Cuando la falla se presenta de manera progresiva, pueden monitorearse ciertos parámetros físicos que permiten decidir la intervención del equipo antes de la ocurrencia de la falla. Este tipo de mantenimiento no contemplado en la clasificación general del mantenimiento por ser una subdivisión del Mantenimiento Preventivo) se conoce como Mantenimiento por Condición o Predictivo ya que busca efectuar la reparación del equipo en el umbral de ocurrencia de la falla, es decir, en el preciso momento de su aparición; bajo condiciones programadas, minimizando así los costos globales de mantenimiento. Este mantenimiento se lleva a cabo usando herramientas de predicción física (ultrasonidos, rayos X, termografía, vibrometría, análisis espectrográficos de lubricantes) o estadísticos uso de técnicas de confiabilidad). (Palencia, O. G. (2006))

2.5.1 Clasificación del mantenimiento preventivo

El Mantenimiento Preventivo desde el punto de vista del tiempo y forma de realización se puede clasificar en cuatro tipos claramente delimitados. (Palencia, O. G. (2006))

Mantenimiento Preventivo Provisional Se caracteriza por la realización de actividades preventivas ligeras, derivadas de las inspecciones, que permiten la operación del equipo durante un lapso de tiempo adecuado para descubrir las posibles fallas futuras y sus causas, y con base en ello, la planificación más conveniente del mantenimiento requerido. (Palencia, O. G. (2006))

Mantenimiento Preventivo Directo Consiste principalmente en inspecciones detalladas, con el equipo fuera de servicio y las acciones inmediatas encaminadas a reducir la probabilidad de falla. (Palencia, O. G. (2006))

Mantenimiento Preventivo de Desarrollo Se caracteriza por actividades preventivas que se adelantan mucho a la probabilidad de falla, con el objeto fundamental de mejorar el comportamiento general del equipo. (Palencia, O. G. (2006))

Mantenimiento Preventivo Planeado Se denomina así, solamente a las actividades preventivas que se realizan en los equipos como consecuencia de un convenio preestablecido entre proveedor-consumidor, para satisfacer las condiciones de la garantía y lograr la mayor economía en las reparaciones futuras, y costo de las piezas de recambio. (Palencia, O. G. (2006))

2.5.2 Ventajas del mantenimiento preventivo

Cualquier programa de mantenimiento Preventivo bien elaborado y apropiadamente aplicado, producirá beneficios que sobrepasan los costos. Entre las múltiples ventajas del mantenimiento Preventivo, las más importantes son las siguientes:

- Reducción de las paradas imprevistas de los equipos. Se disminuye el tiempo ocioso, en relación con todo lo que se refiere a economías y beneficios para la empresa.
- Menor necesidad de reparación en gran escala y menor número de reparaciones repetitivas, por lo tanto, menor acumulación de la fuerza de trabajo de mantenimiento y equipo.
- Menor necesidad del equipo en operación, reduciendo con ello la inversión de capital.
- Cambio del mantenimiento deficiente de - paros imprevistos - a mantenimiento programado que siempre es menos costoso, con el cual se logra mejor control del personal, materiales y equipos.
- Disminuye los pagos por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento originados por las reparaciones imprevistas.

- Disminuye los costos de reparaciones de los desperfectos sencillos, realizados antes de los paros imprevistos, debidos a la menor fuerza de trabajo, o a las pocas técnicas empleadas y a la menor cantidad de partes que se necesitan para los paros planeados.
- Reducción de los costos de mantenimiento, de mano de obra y materiales, para las partidas de activos que se encuentran en el programa.
- Mejor control de refacciones, lo cual conduce a tener un inventario menos costoso.
- Aplazamiento o eliminación de los desembolsos por reemplazo prematuro de planta o equipo, debido a la mejor conservación de los activos e incremento de su vida útil probable.
- Menor número de productos rechazados, menos desperdicios, mejor control de calidad, debido a la correcta adaptación del equipo.
- Menor costo unitario, al aumentar el tiempo útil de producción.
- Mayor seguridad para operarios y maquinaria.
- Facilita el control sistematizado de la programación. (Palencia, O. G. (2006))

2.5.3 Programas de mantenimiento preventivo

En cada industria dependiendo del tipo de actividades o proceso productivo, es posible establecer un programa diferente de Mantenimiento Preventivo. (Palencia, O. G. (2006))

El Mantenimiento Preventivo varía de acuerdo al tipo de fábrica, plantas dentro de una misma industria, proceso, equipos, sistemas de operación, localización, etc. Las variables que influyen en cada programa son múltiples e interconectadas. Un plan de Mantenimiento Preventivo será siempre activo y cambiante con las experiencias adquiridas. (Palencia, O. G. (2006))

Los principales tipos de programas de Mantenimiento Preventivo de aplicación industrial se pueden agrupar en tres:

- Mantenimiento Preventivo Periódico Permanente. Programa realizado de acuerdo a un orden lógico de actividades de mantenimiento según recomendaciones del fabricante 22.
- Mantenimiento Preventivo Periódico Productivo. Programa elaborado en un 100% de acuerdo con las necesidades productivas, se realiza después de elaborar los programas de producción.
- Mantenimiento Preventivo Periódico por Over-Haul. Programa aplicable en las paradas generales de fábricas o empresas que suspenden totalmente las actividades productivas durante una o dos veces al año. (Palencia, O. G. (2006))

Según las necesidades específicas se recomienda a las diferentes empresas adoptar algún programa de los anteriores. (Palencia, O. G. (2006))

En la fabricación de productos que requieren ser elaborados con continuidad durante las 24 horas del día, generalmente no es aplicable ninguno de los programas anteriores, sino que lo recomendable es:

La elaboración de un programa que considere las necesidades de producción, pero con la máxima tendencia a ser del tipo periódico permanente. (Palencia, O. G. (2006))

Es necesario concientizar a Producción y a Ingeniería de Mantenimiento de las necesidades de producción y de mantenimiento para que conjuntamente se elaboren los programas de Mantenimiento Preventivo para lograr el mayor provecho posible. (Palencia, O. G. (2006))

2.5.4 Implantación de un sistema preventivo

Para la implantación de un sistema de Mantenimiento Preventivo es tan importante el desarrollo del programa, como el vender la idea del plan, a cada uno de los integrantes de la planta, desde la Gerencia Superior hasta el personal de Mantenimiento y Producción, para lograr el convencimiento sobre la conveniencia del programa, de todos los interesados. Con base en lo anterior podemos decir que en la implantación de un sistema de Mantenimiento Preventivo se requieren cuatro condiciones:

Vender la Idea del Plan: En primer lugar, a la Gerencia cuyo apoyo posterior influirá en el éxito del programa. Siguiendo el orden jerárquico, a los Superintendentes y jefes de otros Departamentos, para continuar con el personal de Producción, de Mantenimiento y en general de todos los interesados. (Palencia, O. G. (2006))

Crear Conciencia Sobre los Beneficios del Sistema: Se requiere por tanto, el convencimiento de todo el personal relacionado, de la conveniencia para la empresa de la implantación del programa, y de esta forma, obtener una decidida colaboración. (Palencia, O. G. (2006))

Establecer Técnicamente los Programas de Inspección: Para que cualquier programa sea una realidad, es indispensable que haya sido técnicamente bien elaborado en cuanto a tipos de inspecciones y periodicidad se refiere; que sea encausado y dirigido en su ejecución por supervisores que conozcan satisfactoriamente los equipos y que sea ejecutado por operarios diestros, cuidadosos y responsables. (Palencia, O. G. (2006))

Diseñar Controles Efectivos para el Programa Una vez establecido el sistema, lo indispensable es su control para que haya continuidad de su desarrollo, revisiones oportunas y evaluaciones con la adecuada periodicidad. Un eficiente control del sistema debe incluir:

- Cumplimiento estricto de los programas sin interrupción.
- Ubicación adecuada de los puntos y medios de control.
- Responsabilidad en el manejo de los programas de Mantenimiento Preventivo.
- Procedimiento para control de los costos de mantenimiento. (Palencia, O. G. (2006))

Adicionalmente, a las condiciones enumeradas, se puede decir que para la implantación de un programa es indispensable el acuerdo con producción, que se debe basar en un informe del estado real de la maquinaria y el cumplimiento de los plazos estipulados para mantenimiento con base al análisis detallado que permita a producción decidir hasta donde pueden llegar los trabajos para cumplir satisfactoriamente los programas productivos. (Palencia, O. G. (2006))

Para lograr el acuerdo mencionado y diseñar un apropiado sistema preventivo, finalmente, debemos tener siempre en cuenta las siguientes premisas:

- Producción es el dueño de los equipos.
 - Todo equipo requiere mantenimiento y sin él no se puede producir.
 - Mantenimiento debe, en lo posible, intervenir en la planeación de producción.
 - La finalidad del mantenimiento es permitir la máxima producción, pero con la calidad requerida.
 - Son necesarios los buenos planeadores, pero son más indispensables los buenos ejecutores.
 - Mantenimiento siempre debe dar el visto bueno a todos los materiales requeridos para mantenimiento.
 - Debe existir completa comunicación entre producción y mantenimiento.
- (Palencia, O. G. (2006))

2.6 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

En los últimos años se ha venido aumentando notoriamente en la industria, la aplicación del Mantenimiento Predictivo como complemento fundamental del Mantenimiento Preventivo y Correctivo. Este incremento responde a diversidad de factores entre los que podemos enumerar, los nuevos desarrollos tecnológicos en equipos de diagnóstico, medición y control; la tecnificación de la producción en líneas de proceso continuo, las máquinas modernas altamente costosas e interdependientes, los altos costos de repuestos y reposición de equipos y especialmente el que se ha logrado un alto grado de concientización sobre los costos de los paros de producción. (Palencia, O. G. (2006))

El Mantenimiento Predictivo basado en la utilización de equipos de diagnóstico para el análisis de fallas es la respuesta conveniente para la conservación económica de los equipos y la minimización de las paradas. (Palencia, O. G. (2006))

El sistema Mantenimiento Predictivo se define como " el conjunto de actividades, programadas para detectar las fallas de los equipos por revelación antes que sucedan, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas"(Palencia, O. G. (2006))

En forma generalizada un programa de Mantenimiento Predictivo consiste en llevar un control periódico de los niveles de vibración para cada equipo, teniendo como parámetros de medición, las características de vibración, la variación de temperaturas y el aumento del consumo de energía. Los elementos característicos de una señal de vibración son: Su frecuencia, su ángulo de fase y su amplitud, esta última puede ser medida como un desplazamiento, velocidad o aceleración. Como cada máquina tiene preestablecidos sus parámetros de funcionamiento en condiciones óptimas y sus límites permitidos de vibración, cuando estos patrones varían indican los cambios en las condiciones de funcionamiento del equipo, que al ser analizados determinan las medidas correctivas que se deben tomar, programando la reparación u operación del equipo con el conocimiento real de sus necesidades. (Palencia, O. G. (2006))

2.6.1 Beneficios del mantenimiento predictivo

La inversión que se haga en mantenimiento predictivo es totalmente justificada, si se logra el objetivo fundamental del programa con los siguientes ahorros derivados de los beneficios generales, entre los cuales podemos considerar: (Palencia, O. G. (2006))

- La detección precoz de fallas incipientes que convierten los daños en rutinas programadas de mantenimiento.
- La eliminación de las inspecciones periódicas de Mantenimiento preventivo, en que hay que desarmar los equipos.
- Aumento del período entre revisiones detalladas e inspecciones generales de mantenimiento preventivo.
- Eliminación casi total de las fallas inesperadas, lo cual se refleja en una mayor productividad.

- Aumento del factor de servicio por determinación de la severidad de los problemas y disminución del tiempo de paro necesario para hacer las reparaciones debidamente programadas.
- Ahorro y disminución del inventario de repuestos, ya que estos se reemplazan solamente cuando se les ha agotado su vida útil.
- Corrección a tiempo de muchos problemas de montaje que producen fallas recurrentes en la maquinaria.
- Reducción del número de equipos iguales en Stand-Bay gracias al incremento de la confiabilidad de los que se encuentren en operación.
- Ahorro apreciable en los consumos de energía de los equipos, cuando trabajan en óptimas condiciones.
- Garantía del cumplimiento de las características de diseño y aumento general de la seguridad de equipos e instalaciones. (Palencia, O. G. (2006))

Cuando se ha logrado crear conciencia de los beneficios del sistema y se ha tomado la decisión de implantarlo, al evaluar las alternativas se debe tener en cuenta, además, que, debido a la existencia de múltiples métodos y equipos para la medición de vibraciones, todos ellos tienen características diferentes. Los equipos portátiles ofrecen menor protección a menor costo, mientras que los automáticos más sofisticados protegen muy bien las máquinas a un precio considerablemente mayor, pero para cada planta y proceso hay un sistema de medición que efectivamente puede salvar a la empresa de millonarias pérdidas al no incluir en su mantenimiento las técnicas modernas del Mantenimiento Predictivo. (Palencia, O. G. (2006))

2.6.2 Implementación del mantenimiento predictivo

Para la implementación de un sistema de Mantenimiento Predictivo, que lógicamente supone una inversión relativamente considerable, se debe hacer un estudio particularizado de las condiciones de la empresa y un análisis concienzudo, que evalúe y resuelva las alternativas iniciales basándose en los siguientes puntos: (Palencia, O. G. (2006))

Establecimiento de la Necesidad del Sistema para ello se requiere un análisis detallado utilizando dos criterios fundamentales:

- Criterio económico
- Criterio estratégico.
- Costo de mano de obra
- Costo de equipos y repuestos
- Costo de producción perdida. (Palencia, O. G. (2006))

El análisis de costos relaciona la inversión en mantenimiento, como costos directos y costo del tiempo perdido, y cuando éste último es muy alto se justifica un aumento en la inversión, ya que el costo mínimo total ocurre cuando el costo anual, o de un período de tiempo seleccionado, de la producción perdida es aproximadamente igual a la suma del costo anual del personal y demás recursos físicos. (Palencia, O. G. (2006))

El criterio estratégico evalúa la incidencia de diversos factores en la empresa entre los que podemos destacar:

- Volumen de paradas
- Volumen de maquinaria importante
- Comportamiento de los equipos con el deterioro
- Recursos actuales para mantenimiento
- Interdependencia de los equipos en el proceso productivo.

Estos factores, asociados al tamaño y desarrollo tecnológico de la empresa, permiten justificar la adopción del sistema. (Palencia, O. G. (2006))

Ajuste de la Estructura Organizativa del Departamento se requiere separar el personal de Mantenimiento predictivo del grupo de Mantenimiento Correctivo. Para poder llevar a cabo las inspecciones programadas se necesita personal disponible y bien capacitado en la nueva tecnología; de cualquier otra forma, la urgencia de las

operaciones correctivas impide realizar las labores preventivas y predictivas. (Palencia, O. G. (2006))

Cuando la programación de actividades predictivas no es suficiente para copar el personal asignado se puede balancear la carga de trabajo con operaciones de programación y control, u otras labores de Ingeniería de Mantenimiento. (Palencia, O. G. (2006))

Evaluación de las Diferentes Alternativas de Operación existen cuatro alternativas de operación para la implantación de un sistema de Mantenimiento Predictivo. (Palencia, O. G. (2006))

- Contratación del servicio es la opción más sencilla y efectiva ya que no requiere gran inversión y capacitación inicial, y existen las empresas especializadas en la prestación del servicio. Esta alternativa además de ágil, cumple los propósitos de información, capacitación y prueba, para determinar los beneficios del sistema en forma práctica, y analizar su posible implantación posterior por parte de la empresa.
- Medición de variaciones más servicio de análisis es la segunda posibilidad en la implantación del sistema y consiste básicamente en la adquisición por parte de la empresa de equipos de diagnóstico sencillos y de bajo costo, para tomar mediciones en el ámbito general, y poder determinar por la severidad de las vibraciones cuando se requiere solicitar el servicio de análisis más detallado. Esta alternativa tiene como ventajas principales, la menor dependencia del servicio exterior y el ir vinculando al personal propio a la nueva tecnología.
- Medición y grabación de vibraciones más servicio de análisis esta posibilidad presenta una etapa más avanzada que la alternativa anterior y acentúa sus ventajas. Consiste en adicionar una grabadora especializada al equipo de análisis, para grabar los parámetros medidos y enviar al servicio de diagnóstico exterior el casete con la señal que se requiere analizar. Esta etapa de la programación y control de las inspecciones se hace completamente por parte de la empresa y solamente se requiere contratar el servicio de análisis especializado, mientras se entrena y capacita al personal propio.

- Medición y análisis con equipos propios es el nivel más complejo de la implementación, requiere de la adquisición del equipo de análisis apropiado y la asignación de personal previamente capacitado para su operación. En esta alternativa se considera el equipo de análisis como un elemento integrante del sistema de mantenimiento y se justifica la inversión cuando se desea eliminar las paradas de planta por el alto costo de tiempo perdido. La decisión de la alternativa más aconsejable se debe basar en un análisis económico apropiado de acuerdo con las condiciones particulares de la maquinaria, tipo de proceso y tamaño de la empresa. (Palencia, O. G. (2006))

Determinación del Sistema de Control el control periódico de los niveles de vibración puede llevarse a cabo de diferentes formas y con diferentes niveles de instrumentación de acuerdo con la alternativa seleccionada. Para ello se recomienda clasificar los equipos a incluir en el programa dentro de las tres categorías fundamentales: (Palencia, O. G. (2006))

- Máquinas de propósito general (no críticas). Requieren medidores de vibración simple y analizadores de espectro; estos equipos pueden ser inspeccionados por un técnico experimentado, que si encuentra vibraciones anormales reporta la necesidad de una inspección más profunda.
- Máquinas mayores o semicríticas. Debido a que su falla causa paradas mayores, requiere analizadores de tiempo real (RTA) y utilización de monitores con una frecuencia al menos bimensual; estos equipos pueden ser manejados por un Ingeniero principiante o un técnico bien entrenado que cuando encuentre condiciones anormales debe incrementar el control mientras llega el momento de la reparación.
- Máquinas críticas. Debido a que su falla causa paradas críticas de producción requieren en lo posible medición continua con acelerómetros fijos, o análisis de vibración en línea con equipos RTA automáticos con pantalla y sistemas de monitores soportados con procesadores de diagnóstico, con una frecuencia al menos mensual. La maquinaria crítica debe ser analizada por Ingenieros de Mantenimiento Predictivo, quienes además deben registrar las condiciones de trabajo, temperaturas,

velocidades, presiones, consumo de energía y demás variables del proceso que son auxiliares para un correcto diagnóstico. (Palencia, O. G. (2006))

Después de la determinación del sistema de control más adecuado y la asignación de las correspondientes responsabilidades se recomienda, la utilización permanente de los servicios de información técnica que suministran sobre esta nueva tecnología, las asociaciones y entidades especializadas (API, ASME, NEMA, EPRI, VIBRATION INSTITUTE, etc.), y la capacitación dada por los fabricantes y distribuidores de equipos de diagnóstico. Finalmente, un sistema de control adecuado sirve para lograr en poco tiempo una cuantificación real de los beneficios del sistema predictivo. (Palencia, O. G. (2006))

2.7 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En el cálculo de las instalaciones eléctricas prácticas, ya sean del tipo residencial, industrial o comercial, se requiere del conocimiento básico de algunos conceptos de electricidad que permiten entender mejor los problemas específicos que plantean dichas instalaciones. Desde luego que el estudio de estos conceptos es material de otros temas de electricidad relacionados principalmente con los circuitos eléctricos en donde se tratan con suficiente detalle. Sin embargo, en este capítulo sólo se estudia los conceptos mínimos requeridos para el proyecto de instalaciones eléctricas con un nivel de matemáticas elemental que prácticamente se reduce a la aritmética. La idea es que el material de esta obra lo puedan usar personas que de hecho no tengan conocimientos de electricidad por, un lado, y por el otro, sirva también a personas que necesiten hacer instalaciones eléctricas, sin importar su nivel de preparación en el tema. (Haper, G. E. (1998))

2.7.1 Partes de un circuito eléctrico

Todo circuito eléctrico práctico, sin importar qué tan simple o qué tan complejo sea, requiere de cuatro partes básicas:

- Una fuente de energía eléctrica que puede forzar el flujo de electrones (corriente eléctrica) a fluir a través del circuito.
- Conductores que transporten el flujo de electrones a través de todo el circuito.

- La carga, que es el dispositivo o dispositivos a los cuales se suministra la energía eléctrica.
- Un dispositivo de control que permita conectar o desconectar el circuito.

Un diagrama elemental que muestra estos cuatro componentes básicos de un circuito se muestra a continuación en la figura. La fuente de energía puede ser un simple contacto de una instalación eléctrica, una batería, un generador o algún otro dispositivo; de hecho, como se verá, se usan dos tipos de fuentes: de corriente alterna (CA) y de corriente directa (CD). (Haper, G. E. (1998))

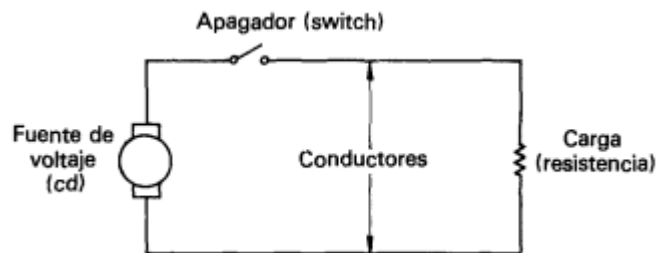


Figura 4. Diagrama circuito eléctrico

2.7.2 Principio de alumbrado

El alambrado de una instalación eléctrica consiste básicamente de tres etapas.

- Elaboración de planos en que se indica por medio de los símbolos convencionales la localización de los principales elementos de la instalación eléctrica.
- Las indicaciones necesarias para el alambrado y diagrama de conexiones para cada uno de los elementos de la instalación, esto es particularmente importante para la instalación misma y sobre todo para el electricista que aún no tiene experiencia.
- Los detalles mismos de la ejecución de cada una de las partes de la instalación eléctrica como son formas de ejecutar las conexiones, número de conductores por elemento, etc.

El conocimiento general de estas tres etapas en el inicio del cálculo o proyecto de una instalación eléctrica, permitirá disponer de la información necesaria para el cálculo propiamente dicho de la instalación eléctrica. (Haper, G. E. (1998))

2.8 MOTORES SÍNCRONOS

Los generadores síncronos pueden operar como generadores o como motores. Cuando operan como motores (conectándolos a una fuente trifásica), reciben el nombre de motores síncronos. Como el nombre lo dice, los motores síncronos funcionan en sincronismo con el campo rotatorio. Por consiguiente, la velocidad de rotación está asociada con la frecuencia de la fuente. Como la frecuencia es fija, la velocidad del motor permanece constante, independientemente de la carga o voltaje de la línea trifásica. Sin embargo, los motores síncronos se utilizan mucho no sólo porque funcionan a velocidad constante sino porque poseen otras propiedades eléctricas únicas. En este capítulo estudiaremos estas propiedades. La capacidad de la mayoría de los motores síncronos oscila entre 150 kW (200 hp) y 15 MW (20 000 hp) y giran a velocidades que van de 150 a 1800 r/min. Por lo tanto, estas máquinas se utilizan principalmente en la industria pesada. En el otro extremo del espectro de potencia se encuentran los motores síncronos utilizados en dispositivos de control y relojes eléctricos. (theodore, W. (2007))

2.8.1 Construcción

La construcción de los motores síncronos es idéntica a la de los generadores de ca de polos salientes. El estator se compone de un núcleo magnético ranurado, el cual porta un devanado imbricado trifásico. Por ello, el devanado también es idéntico al de un motor de inducción trifásico. El rotor tiene un grupo de polos salientes que son excitados por una corriente directa. Las bobinas de excitación están conectadas en serie a dos anillos colectores y la corriente es alimentada al devanado por un excitador externo. Las ranuras también están hechas a lo largo de la circunferencia de los polos salientes. Portan un devanado de jaula de ardilla similar al de un motor de inducción trifásico. Este devanado amortiguador se utiliza para arrancar el motor. . (theodore, W. (2007))

Los motores síncronos modernos con frecuencia utilizan excitación sin escobillas, similar a la utilizada en generadores síncronos. Un generador trifásico relativamente pequeño, llamado excitador, y un rectificador trifásico van montados en un extremo del eje del motor. La corriente directa I_x del rectificador es alimentada directamente a los devanados de polos salientes, sin pasar a través de las escobillas y anillos colectores. La corriente se puede variar controlando la pequeña corriente de excitación I_c que fluye en el devanado de campo estacionario del excitador. . (theodore, W. (2007))

2.8.2 Arranque de un motor síncrono

Un motor síncrono no puede arrancar por sí mismo; en consecuencia, el rotor casi siempre está equipado con un devanado de jaula de ardilla para que pueda arrancar como motor de inducción. Cuando el rotor se conecta a la línea trifásica, el motor acelera hasta que alcanza una velocidad un poco por debajo de la velocidad síncrona. La excitación de I_c se suprime durante este periodo de arranque. . (theodore, W. (2007))

Mientras el rotor se acelera, el flujo rotatorio creado por el estator pasa frente a los polos salientes que se mueven lentamente. Como las bobinas en el rotor poseen un número relativamente grande de vueltas, se induce un alto voltaje en el devanado del rotor cuando gira a bajas velocidades. Este voltaje aparece entre los anillos colectores y disminuye conforme el rotor se acelera, hasta volverse insignificante cuando el rotor se aproxima a la velocidad síncrona. Para limitar el voltaje, y para mejorar el par o momento de torsión de arranque, se ponen en cortocircuito los anillos colectores o se conectan a un resistor auxiliar durante el periodo de arranque. . (theodore, W. (2007))

Si la capacidad de potencia de la línea de suministro es limitada, en ocasiones se tiene que aplicar un voltaje reducido al estator. Como en el caso de motores de inducción, se utilizan autotransformadores o reactores en serie para limitar la corriente de arranque. Los motores síncronos muy grandes (20 MW y más) en ocasiones son acelerados por medio de un motor auxiliar, llamando motor pony. Por último, en

algunas instalaciones grandes el motor puede ser acelerado por una fuente electrónica de frecuencia variable. . (theodore, W. (2007))

2.9 MOTORES MONOFÁSICOS

Los motores monofásicos son los motores eléctricos más conocidos porque se utilizan en aparatos domésticos y herramientas portátiles. En general se emplean cuando no se dispone de potencia trifásica. Existen muchos tipos de motores monofásicos en el mercado, cada uno diseñado para satisfacer una aplicación específica. Sin embargo, limitaremos nuestro estudio al motor de inducción de fase dividida ampliamente utilizado. . (theodore, W. (2007))

2.9.1 Construcción de un motor de inducción monofásico

Los motores de inducción monofásicos son muy similares a los de inducción trifásica. Se componen de un rotor de jaula de ardilla (idéntico al de un motor trifásico) y un estator. El estator tiene un devanado principal, el cual crea un juego de polos N, S. También tiene un devanado auxiliar más pequeño que sólo opera durante el breve periodo en que arranca el motor. El devanado auxiliar tiene el mismo número de polos que el devanado principal. . (theodore, W. (2007))

2.9.2 Principio de operación

El principio de operación de un motor de inducción monofásico es bastante complejo y puede ser explicado mediante la teoría del campo cruzado. * En cuanto el rotor comienza a girar, se induce una fem de velocidad E en los conductores del rotor cuando atraviesan el flujo del estator. . (theodore, W. (2007))

Este voltaje se incrementa a medida que se incrementa la velocidad del rotor, y hace que fluyan corrientes I_r en las barras del rotor que están frente a los polos del estator. Estas corrientes producen un flujo de ca F_r que actúa perpendicular al flujo del estator. Igualmente, importante es el hecho de que el flujo F_r no alcanza su valor máximo al mismo tiempo que F_s . En realidad, F_r se retrasa casi 90° con respecto a F_s , debido a la inductancia del rotor. . (theodore, W. (2007))

La acción combinada de F_s y F_r produce un campo magnético rotatorio, similar al que se produce en un motor trifásico. El valor de F_r se incrementa conforme se incrementa la velocidad y llega a ser casi igual que F_s a la velocidad síncrona. Esto explica, en parte, por qué el momento de torsión se incrementa conforme el motor se acelera. Podemos entender cómo se produce el campo rotatorio. Es una visión global de las corrientes y flujos creados por el rotor y el estator, respectivamente, a intervalos de tiempo sucesivos. Se supone que el motor está funcionando muy por debajo de la velocidad síncrona, por lo que F_r es mucho menor que F_s . Observando el flujo en las imágenes sucesivas de la figura 18.8, es obvio que la combinación de F_s y F_r produce un campo rotatorio. Además, el flujo es intenso horizontalmente y más o menos débil verticalmente. Por lo tanto, la intensidad del campo a baja velocidad sigue el patrón elíptico. El flujo gira en sentido contrario al de las manecillas del reloj en la misma dirección que el rotor. Además, gira a velocidad síncrona, independientemente de la velocidad real del rotor. A medida que el motor se aproxima a la velocidad síncrona, F_r llega a ser casi igual que F_s y se produce un campo rotatorio casi perfecto. . (theodore, W. (2007))

2.10 PREPARACIÓN DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

Se puede decir que todos los trabajos de mantenimiento deben ser preparados de una u otra manera. Aun cuando existan casos de emergencia se debe proceder sistemáticamente. En la labor de mantenimiento, hacer observaciones metódicas de un trabajo permite a menudo obtener ahorros potenciales. Ello se logra mediante: (Palencia, O. G. (2006))

- El mejoramiento de las condiciones de trabajo.
- La adecuación racional de los puestos de trabajo.
- El adiestramiento de los operarios en procesos simplificados de trabajo.

El personal de mantenimiento dedicado a hacer preparaciones, debe poder reconstruir mentalmente lo que tiene que ser una ejecución correcta, descubrir los puntos claves y todas las dificultades que los ejecutantes puedan encontrar. (Palencia, O. G. (2006))

Efectuar una ordenada preparación de los trabajos tiene como objetivos:

- Reducir el tiempo improductivo de los equipos, por causa de la duración de su mantenimiento.
- Reducir el tiempo de mano de obra directa, utilizada en la realización de los trabajos.
- Adaptar la calidad de trabajo a las necesidades, es decir cada actividad o trabajo tiene sus requisitos de calidad y estos son los que se deben cumplir.
- Simplificar el trabajo, consiste fundamentalmente en eliminar lo inútil y mejorar lo necesario, para que las acciones especificadas sean cada vez más sencillas.
- Lograr una estimación acertada del tiempo de duración del trabajo.

Con una adecuada preparación se logra básicamente, aumentar el porcentaje de tiempo productivo de los trabajadores y por tanto disminuir el tiempo perdido en actividades improductivas, que normalmente representan más de un 50% del tiempo total de labores. (Palencia, O. G. (2006))

Las principales labores improductivas son:

- Búsqueda de herramientas
- Confección o adaptación de la herramienta
- Desplazamiento a almacenes, talleres, etc.
- Esperas por instrumentos o refacciones
- Espera para recibir instrucciones. (Palencia, O. G. (2006))

2.11 PROGRAMACION DE INSPECCIONES GENERALES DE PLANTAS

La inspección general de planta, es uno de los trabajos de mayor importancia que realiza el departamento de mantenimiento porque prácticamente involucra todo el personal ya sea directa o indirectamente. (Palencia, O. G. (2006))

La planificación de las inspecciones generales, requiere técnicas como el CPM, diagrama de GANTT, diagrama de barras, balance de personal y programación de los trabajos, elaborada con meticulosidad por personal con amplia experiencia en mantenimiento. Normalmente la inspección se debe ceñir a un programa anual de inspección de planta, elaborado con mucha anticipación y que se incluya en el programa anual de producción, y en el presupuesto de gastos de operación. (Palencia, O. G. (2006))

La programación de una inspección de planta, requiere la realización de los pasos secuenciales siguientes, para los cuales debe disponerse de un tiempo prudencial de acuerdo con la magnitud de la misma. (Palencia, O. G. (2006))

Programa Tentativo: basado en el programa anual de inspección, planeación elaborará un listado preliminar de los trabajos a ejecutar y enviar copias a cada área involucrada con el fin de que se incluya aquellos a realizar en el campo de su responsabilidad, y se conozcan los que requieren parada de planta. (Palencia, O. G. (2006))

Creación de Cargos Contables: para cada inspección de planta, cuyos costos están incluidos en el presupuesto de gastos de operación, se debe asignar un centro contable específico al que deberá cargarse todos los generados por la ejecución. (Palencia, O. G. (2006))

Programa Definitivo: teniendo en cuenta los trabajos adicionales propuestos, se cita a una reunión en la que participan operaciones, técnica, Ingeniería, inspección, planeación, talleres y el área de mantenimiento correspondiente. En la misma se analizan todos los trabajos pedidos o sugeridos, su alcance, se estudian alternativas de ejecución, se concreta el programa definitivo, los recursos mayores y el tiempo estimado de duración de la inspección de la planta. (Palencia, O. G. (2006))

Planificación Contando con los elementos reunidos en los pasos anteriores se procede a efectuar la planificación correspondiente. Mediante una reunión de planeación se ejecutan las siguientes actividades:

- Analizar cada tarea.
- Fijar técnicas de ejecución.

- Determinar equipos, materiales, herramientas y mano de obra necesarios.
- Definir trabajos de pre y post-parada.
- Confeccionar el organigrama de parada y fijar responsabilidades. (Palencia, O. G. (2006))

Definidos estos aspectos se procede a definir el orden de prioridades, se ejecuta el programa de flechas por el sistema CPM, del cual resulta el tiempo total necesario para la inspección. Del acuerdo posterior entre operaciones, técnica y mantenimiento se fija el tiempo definitivo de la parada. (Palencia, O. G. (2006))

Información: realizada la planificación se convoca a una reunión informativa con todos los sectores de apoyo involucrados, donde se les notifica:

- Fecha de iniciación y terminación de la inspección.
- Cargos contables y costos generales de la inspección.
- Cálculo preliminar de necesidades prioritarias para la inspección.
- Horario de trabajo y requerimientos especiales de mantenimiento.
- Trabajos más importantes.

Trabajos Pre-Inspección: de acuerdo a lo planificado se ejecutan como trabajos de pre-inspección, todos aquellos trabajos auxiliares realizables con la planta operando, así como la ubicación en la misma de todos los recursos de apoyo necesarios, traslado de materiales, herramientas y equipos a usar. (Palencia, O. G. (2006))

Programación: los aspectos a tratar en la etapa de programación son:

- Definir las posibilidades de los elementos humanos y materiales con que cuenta la planta.
- Determinar las necesidades de personal especial a contratar.
- Definir los trabajos a realizar por contratistas.
- Verificar la existencia de materiales y repuestos necesarios.

- Verificar la existencia de herramientas y equipos.
- Hacer la distribución de la fuerza de trabajo disponible en la planta.
- Determinar horarios de reunión diaria para análisis y seguimiento de los trabajos.
- Realizar la verificación final del diagrama CPM y su ruta crítica.
- Confeccionar la carpeta general de la inspección.

Apoyo: cumplida la programación se cita a una última reunión general antes de la parada de la planta, con los sectores de apoyo involucrados, donde mantenimiento concreto sus necesidades finales, resultantes de la planificación definitiva.

Ejecución: durante la etapa de ejecución propiamente dicha se debe realizar diariamente, una reunión formal entre operaciones y mantenimiento. En ella se analiza la marcha general de la inspección incluyendo:

- Control de ejecución en tiempo, cantidad y calidad.
- Actualización del programa.
- Toma de decisiones con respecto a situaciones imprevistas.
- Uso de recursos.
- Condiciones de seguridad.

Revisión Final: cada trabajo requiere el control final de mantenimiento y operaciones para obtener el visto bueno de esta última. Al término de la inspección general se debe realizar una revisión de comprobación y control de lo programado con lo ejecutado, y así determinar los pendientes del programa. (Palencia, O. G. (2006))

Trabajos de Post-Inspección: después de finalizada la inspección general se realizarán trabajos adicionales de limpieza, aislamiento, pintura y demás con la finalidad de:

- Mantener el orden del área, favoreciendo sus condiciones de seguridad.

- Reponer el aislamiento deteriorada como consecuencia de las actividades de inspección.
- Reconstruir el estado físico de la planta mediante los trabajos de adecuación y pintura necesarios. (Palencia, O. G. (2006))

Informe Final: el control y análisis detallado de la inspección generan el informe final en el que se resumen los comentarios provenientes de todos los sectores involucrados con sus recomendaciones. (Palencia, O. G. (2006))

CAPITULO 3 DESARROLLO

3.1 CONOCIMIENTO DE LAS LINEAS DE PRODUCCIÓN

Ladrillera mecanizada es una empresa la cual se caracteriza por estar siempre en actualización, ante lo dicho en la empresa existen 3 líneas de producción en las cuales se elabora diferentes productos de barro

3.1.1 Línea de producción 1

La línea de producción número uno o Rinaldi como se le conoce en la empresa es la línea encargada de producir:

- Ladrillo decorativo
- Ladrillo azteca
- Ladrillo modular
- Ladrillo para azador

Todo este tipo de material es creado gracias a las máquinas de línea siguientes:

- Molienda 1
- Maquina 3 “Rinaldi”
- Secadero 3 “Rinaldi”
- Horno túnel
- Brazo y troqueladora de empaque
- Baño de silicón

3.1.2 Línea de producción 2

La línea de producción numero dos o Mori como se le conoce es la encargada de producir:

- Block multiperforado
- Celosía
- Ecomuro
- Barro bloque
- Sistema de viguetas y bovedillas

Todo este tipo de material es producido gracias a las máquinas de línea siguientes:

- Molinada 1
- Maquina Sabo
- Secadero Mori
- Horno Mori
- Brazo y troqueladora de empaque
- Baño de ácido y silicón

3.1.3 Línea de producción 3

La línea de producción número 3 o mejor conocida como línea TCK es la encargada de producir:

- Variedad de tejas (griega, árabe, escocesa, portuguesa esmaltada, Esparta, gales, holandesa, inglesa, media caña, portuguesa, Santorini, tipo S)
- Baldosa
- Baldosa super

- Barro KAPPA

Todo es tipo de material es elaborado gracias a las siguientes maquinas:

- Molienda 2
- Maquina 4
- Secadero TCK
- Horno TCK
- Zona de empaque

3.2 SERVICIO DE MANTENIMIENTO EN LINEA DE PRODUCCIÓN 1

3.2.1 Mantenimiento a contacto 220 V trifásico y 110 V en molienda 1

Se le hizo mantenimiento a un contacto 220 V y 110 V el cual había hecho corto por las impurezas que contaba, se retiró el cable inservible por el corto y se metió cable nuevo, se puso un contacto trifásico nuevo y se le dio mantenimiento al contacto 110 V.



Figura 5. Contactos en mal estado

Resultado

Al darle mantenimiento a los contactos de diferentes voltajes y cableado nuevo se obtuvo una mejor eficiencia, libre de impurezas como lo es el polvo y mejor protección durante el uso de estos



Figura 6. Contactos en función

3.2.2 Instalación de disyuntor trifásico

Se realizó la instalación de un disyuntor trifásico para la protección de contactos 220 V y alumbrado este se tomó de un interruptor termomagnético de 100 A la cual se encuentra en uno de los tableros de molienda



Figura 7. Tablero sin disyuntor

Resultado

Al instalar dicho disyuntor se obtuvo mayor seguridad hacia el manejo de los contactos y protección al alumbrado pues en caso de detectar alguna falla este se botará y permitirá verificar en donde se encuentra el error para poder solucionarlo y no causar fallos dentro de la línea.

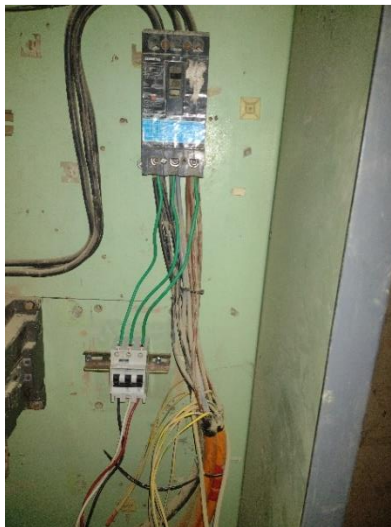


Figura 8. Disyuntor instalado

3.2.3 Mantenimiento a transformador seco de 75 KVA

Se le hizo limpieza en la parte interior del transformador aplicando liquido dieléctrico en la parte interior, así mismo se le aplico afloja todo para poder cambiar las terminales las cuales tenían un desgaste por el uso del transformador, sarro y polvo el cual entra por la parte interior al estar descubierta.

Posteriormente se le lijo con una carda en la parte exterior para poder aplicar pintura y poder restaurar el transformador para su uso en una nueva área de la empresa.



Figura 9. Transformador seco en malas condiciones

Resultado

Al darle mantenimiento al transformador se obtuvo una mejor eficiencia para el uso de este y aumento la seguridad por el retiro de impurezas y el sarro el cual tenía en su interior, también mejoro la vista al ser pintado nuevamente



Figura 10. Transformador seco restaurado

3.2.3 Instalación de detectores magnéticos MN505S en secadero 3

Se crearon las bases para detectores magnéticos en las puertas del secadero 3, así mismo se instalaron para poder tener mayor seguridad dentro de la empresa pues dichos detectores se conectaron al botón de paro general, si las puertas se abren se genera el paro en todo el secadero y no se reestablece hasta que las puertas vuelvan a estar cerradas

Este detector magnético cumple con las normas ISO 13849-1 y SILCL 3 según IEC 62061.



Figura 11. Placas para instalación de detectores magnéticos

Resultado

Se obtuvo una mayor seguridad dentro de la línea de secadero al momento de instalar los detectores magnéticos por la detención de los carros, se genera mas seguridad para el operario o para los departamentos de mantenimiento al momento de que ocurra un desperfecto dentro de este, para estar en mejoras se hace mantenimiento preventivo dentro de la línea de secadero cada 2 semanas.



Figura 12. Detectores magnéticos instalados

3.2.4 Cambio de sensor óptico en salida de secadero 3

En la salida de secadero 3 se tenía una falla por parte de un sensor óptico el cual no lograba detectar los carros que salían con el producto, se identificó cual sensor era el que tenía el problema y se optó por cambiar el sensor junto con el cable para evitar otros problemas por el vapor que salía por la abertura en donde se encontraba el sensor.



Figura 13. Sensor a cambiar

Resultado

Al cambiar el sensor óptico se reestableció la salida automática nuevamente en la salida del secadero y tener una mejor eficiencia dentro de la producción, también durante el cambio de cable se agregó un tubo conduit para que el cable no estuviera expuesto al vapor que salía y no tener algún fallo a futuro.



Figura 14. Cambio de sensor

3.2.5 Instalación de interruptor termomagnético de 150 A para 220 V trifásico y cambio de líneas.

En la instalación de este interruptor se generó por el cambio de líneas las cuales se encontraban en acometida subterránea y por la ampliación de la empresa, lo primero que se realizó fue la instalación de una base de tablero y después se colocó un interruptor termomagnético de 150 A marca Siemens, para esta instalación se cableó desde la salida de la subestación eléctrica que se tiene en el área de la línea 1 hasta donde se encontraría el interruptor termomagnético.



Figura 15. Tablero e interruptor a instalar

Ya instalado el interruptor se comenzó a cablear en canaletas aéreas para poder cambiar las líneas que se encontraban en acometida subterránea que se encontraban en el lugar no indicado



Figura 16. Cableado de interruptor

Resultado

Se obtuvieron 3 cambios de líneas de acometida subterránea a líneas en canaletas aéreas, también la instalación de un interruptor el cual funcionara para diversos circuitos que se le quieran agregar en un futuro.



Figura 17. Conexión de líneas al interruptor

3.2.6 Reubicación de tablero para polipastos y retiro de disyuntores sin función

En esta actividad se realizó la reubicación de un tablero el cual contenía disyuntores trifásicos para protección de polipastos, fue golpeado por un montacargas y no quedo en condiciones óptimas, también se retiraron disyuntores los cuales no tenían ninguna función.



Figura 18. Tablero en mal estado

Resultado

Se obtuvo una mejora en el tablero para polipastos, se elevó para que no se volviera a tener que cambiar por algún golpe, así mismo se redujo el tamaño del tablero al retirar los disyuntores los cuales no tenían función.



Figura 19. Reubicación de tablero

3.2.7 Reubicación de centro de carga 220 V trifásico

Se realiza la reubicación de un centro de carga 220 V trifásico el cual alimentaba circuito de alumbrado, circuito de contactos, abanicos y cortadora, para evitar algún accidente como lo es golpe con montacargas y causar un corto que pudiera afectar a la producción.



Figura 20. Centro de carga mal ubicado

Resultado

Al reubicar el centro de carga trifásico se obtuvo una mejor pues se eliminaron las impurezas las cuales se encontraban en él y se mejoró la vista eliminando el cable excedente que existía dentro de él, así mismo se retiraron interruptores termomagnéticos los cuales no alimentaban circuitos y se guardaron para su uso en un futuro.

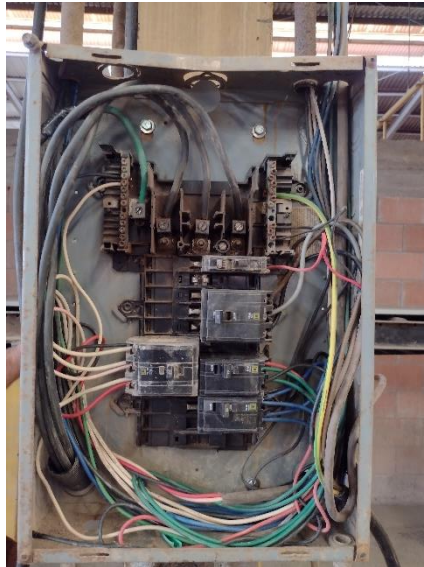


Figura 21. Centro de carga reubicado

3.2.8 Cambio electroválvula y pirómetros en quemador 1

Se realiza mantenimiento al quemador 1 mediante el cambio de una electroválvula y 2 pirómetros los cuales dejaron de funcionar por las altas temperaturas las cuales se emiten en el área del quemador 1 en el secadero, al realizar este cambio se realizó mantenimiento correctivo al remover las piezas inservibles por unas nuevas



Figura 22. Electroválvula dañada

Resultado

En el cambio de válvula y pirómetros se obtuvo el restablecimiento del quemador 1, así mismo se realizó una inspección a las otras válvulas para verificar su estado y calcular cuál será su próximo cambio sin que se afecte la producción



Figura 23. Cambio de electroválvula y pirómetro

3.2.9 Cambio de electroválvula principal en quemador 2

Se realiza mantenimiento a quemador 2 mediante el cambio de una electroválvula la cual se tenía en mal estado, dicho cambio se generó como mantenimiento preventivo, para evitar que el quemador 2 el cual es el principal dentro del secadero se apagara y se tuviera problemas en la producción.



Figura 24. Electroválvula a cambiar

Resultado

Durante el cambio de válvula se hizo limpieza en la zona del quemador retirando cartones, cables y fierros los cuales pudieran causar algún fallo en el quemador, también se realizó el sellado de una fuga de vapor que existía en el área del quemador.



Figura 25. Quemador en funcionamiento con electroválvula nueva

3.2.10 Instalación de sensores ópticos en baños de silicón

Se realizó la instalación de 3 sensores ópticos en el área de baños de silicón esto con el fin de que los operadores de montacargas solo tengan que activar el botón de inicio, para poder realizar esto se metió cable con maya hasta el tablero en el cual se encuentra un PLC y se tomaron salidas para poder hacer los baños de silicón semi automáticos.



Figura 26. Instalación de sensores

Resultado

Se obtuvieron los baños de silicón semi-automáticos, los cuales harán el proceso mucho más rápido y sencillo para los operadores de montacargas, también aumentara la eficiencia en el almacenamiento del producto elaborado dentro de la línea de producción 1.

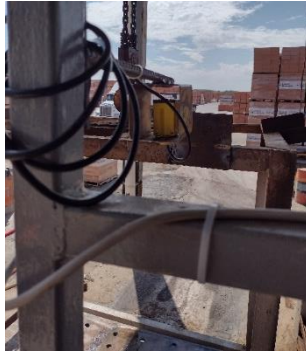


Figura 27. Sensores opticos instalados

3.3 SERVICIO DE MANTENIMIENTO EN LINEA DE PRODUCCIÓN 2

3.3.1 Instalación y reparación de alumbrado en daga, área de Molienda 1

Debido a un corto circuito que ocurrió en el área de oficinas afectó el alumbrado de la daga que se encuentra dentro de Molienda 1, se realizó la instalación de reflectores y reparación de lámparas fluorescentes



Figura 28. Reparación de lámparas

Resultado

Al reparar el alumbrado e instalar reflectores en la daga se obtuvo mejor visibilidad para los trabajadores dentro del turno, el cual debido al corto se tuvo afectaciones en el lapso que no se tuvo visibilidad.



Figura 29. Instalacion de alumbrado

3.3.2 Creación de soportes para reflectores

Durante el mantenimiento general a la línea 2 se realizó la creación de soportes para reflectores los cuales fueron utilizados para alumbrar dentro del secadero morí el cual tenía residuos de barro, se realizaron con tubo el cual fue reciclado, con las siguientes medias altura 1.50 y una base de 30*30



Figura 30. Creación de soportes

Resultado

Se obtuvieron 3 soportes para reflectores los cuales fueron utilizados exitosamente en el secadero morí, también se utilizaron para alumbrar durante un apagón



Figura 31. Reflectores instalados en soportes

3.3.3 Cambio y creación de protección para canaleta

En el área de maquina Sabo se localizó una canaleta en mal estado debido a los golpes del producto el cual caía al vacío, se realizó el cambio de la canaleta por una más resistente, así mismo se crearon soportes y una protección para que al momento que reciba golpes no dañe la canaleta.



Figura 32. Canaleta destruida

Resultado

Se obtuvo el cambio de canaleta y la creación de protección para evitar algún corto o escape de aire comprimido debido a que las canaletas estén en mal estado y dañe algún aparato externo de la maquina Sabo



Figura 33. Canaleta nueva y protección contra golpes

3.3.4 Empalme de cables 2/0 para alimentación de tablero

Durante el mantenimiento general de la línea se encontró el hurto de cable el cual alimentaba el tablero principal de área Sabo, se realizó en empalme de cable mediante una ponchadora hidráulica para poder reconectar a del tablero a su alimentación



Figura 34. Cables sin empalme

Resultado

Se obtuvo el empale de los cables que alimentaban el tablero y se mejoró la seguridad para evitar otro hurto en el área de Sabo



Figura 35. Cables empalmados

3.3.5 Instalación de aire acondicionado en tablero

Se realizó la instalación de un aire acondicionado 110 V en un tablero en el área de Sabo, el cual tenía tiempo con problemas de calentamiento y afectaba el equipo que se encontraba dentro de él.



Figura 36. Aire acondicionado en empaque

Resultado

Se obtuvo una mejora en el tablero después de la instalación del aire acondicionado, se dejó de tener fallos en el equipo y se mejoró la eficiencia de las máquinas, al no estar parando por fallos.



Figura 37. Aire acondicionado instalado

3.3.6 Cambio de fusibles por interruptor termomagnético

Se realizó el cambio de fusibles trifásicos por interruptor termomagnético en el área de Sabo, este cambio se debió a que los fusibles instalados no lograban aguantar la corriente que circulaba por ellos, después del cambio se obtuvo una mejora en la línea pues no se tenían paros innecesarios en la línea de producción



Figura 38. Fusibles en tablero

Resultado

Mediante el cambio de fusibles por interruptor termomagnético se obtuvo una mejor eficiencia en la línea de producción, lo cual se busca cada vez que se realiza el mantenimiento en las líneas de producción.



Figura 39. Interruptor termomagnético en tablero

3.3.7 Reubicación de tablero

Se realizó la reubicación de un tablero que se encontraba en la línea 2 el cual se desmantelo por completo y se retiró por partes con la ayuda de un montacargas, posteriormente se instaló en la línea 3.



Figura 40. Desmantelado de tablero

Resultado

Gracias a la reubicación del tablero de línea 2 a línea 3 se obtendrá un beneficio, al poder instalar nuevo equipo para la mejora en la producción de la línea 3



Figura 41. Tablero reubicado

3.3.8 Instalación de transformador 440 V a 220V para alumbrado de emergencia

Se realizó la instalación de un transformador el cual se conectó de la línea 440 V del generador de emergencia, la cual se activa al momento que se sufre pérdida de energía eléctrica, esto beneficia a los operarios a tener una mejor visión en los turnos nocturnos, dicho transformador se le instaló un sistema de protección.

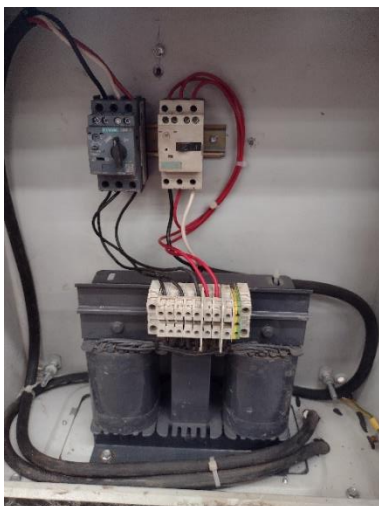


Figura 42. Transformador con protección instalado

Resultado

Se obtuvo la instalación de 2 reflectores y la creación de soportes para ellos, se metió cable de uso rudo para que logre soportar la corriente que circule por ellos.



Figura 43. Reflectores de emergencia instaladas

3.4 SERVICIO DE MANTENIMIENTO EN LINEA DE PRODUCCIÓN 3

3.4.1 Mantenimiento a tablero de maquina cortadora

Se le realizo mantenimiento al tablero de la maquina cortadora el cual sufría de deterioro y daños al momento de hacer el cambio de maquina se le cayeron los soportes que tenía y se le opto por cambiar de tablero y mejorar la vista de los componentes que se encontraban en él.



Figura 44. Tablero en mal estado

Resultado

Se obtuvo una mejora en la vista del tablero, también se le hicieron soportes nuevos para que al momento que hagan cambio de máquinas no se vea afectado por terceros y mejor la eficiencia en la línea de producción.



Figura 45. Tablero restaurado

3.4.2 Instalación de contacto para motor trifásico

Se realizó la instalación de un contacto para un motor trifásico el cual no contaba con ello, al momento de conectar se hacían empalmes y el cable se veía afectado por dichos empalmes, al realizar la instalación se retiró cable el cual no tenía función y se metió cable nuevo para mayor seguridad.



Figura 46. Motor sin contacto

Resultado

Se obtuvo mayor seguridad para el operario al momento de conectar el motor, así mismo se obtuvo seguridad para el motor pues con el contacto se tiene mejor agarre y no se verá afectado por una mala conexión, dicho motor se conectó en delta.



Figura 47. Motor con contacto

3.4.3 Cableado y conexión de clavija para motor trifásico

Se realizó el cableado e instalación de clavija para un motor trifásico el cual se encontraba en mal estado y se le daría uso de nuevo, dicha actividad mejoro la seguridad para el operario al momento de realizar la conexión.



Figura 48. Motor sin cable y clavija

Resultado

Se obtuvo seguridad para el motor al momento de realizar su conexión, también se obtuvo el cableado e instalación de clavija del motor para mejorar y reestablecer el uso de dicho motor para la eficiencia en la línea de producción



Figura 49. Motor con cable y clavija

3.4.4 Creación de base para tablero

Se creó una base para un tablero, la cual se instaló dentro de la línea 3, dicha base se creó con PTR y ángulos los cuales se obtuvieron de la chatarra, se verifico el tamaño y el peso del tablero para hacer la base resistente



Figura 50. Armado de base

Resultado

Se obtuvo una base para tablero y su instalación para poder colocar un tablero el cual será ocupado para el proyecto “dosificadores” en la línea 3.



Figura 51. Base terminada e instalada

3.4.5 Rehabilitación e instalación de tablero

Se rehabilito un tablero el cual se encontraba en almacén, pero tenía desgaste, se le retiraron los dispositivos que aun servían y se guardaron en el almacén, posteriormente se sopeteó y se lavó para poder pintarlo



Figura 52. Tablero en mal estado

Resultado

Se obtuvo la instalación de un tablero y rehabilitación el cual no se encontraba en condiciones óptimas para su uso, también se obtuvieron los componentes que aun estén condiciones adecuadas para un funcionamiento a futuro.



Figura 53. Tablero rehabilitado e instalado

3.4.6 Instalación de bobina de electro freno para un motor trifásico

Se realizó la instalación de una bobina de electro freno para un motor el cual se encuentra en la maquina empujadora, dicha instalación sirve para realizar pruebas a la maquina empujadora y mantener el motor a una velocidad adecuada.



Figura 54. Motor sin bobina de electro freno

Resultado

Al realizar la instalación de la bobina se protege al motor de tener velocidades demasiadas altas, también evita tener que aplicar corriente a cada arranque sé que vaya a realizar.



Figura 55. Motor con bobina de electro freno

3.4.7 Mantenimiento a transformador seco de 45 KVA

Se realiza mantenimiento a un transformador seco el cual estaba en funcionamiento, dicho mantenimiento se logró obtener al paro de la línea por mantenimiento general, dicho mantenimiento consto de retirarle el excedente de polvo y cambiarle los bornes que se encontraban en mal estado, posteriormente se lijo para que pudiera ser pintado.



Figura 56. Transformador seco en mal estado

Resultado

Se obtuvo una mejora en el transformador al retirarle el exceso de polvo y los bornes en mal estado por el uso que se le da, también se le obtuvo una mejor estética al pintarlo y ubicarlo en un lugar donde no se vea afectado por el polvo que se encuentra dentro de la empresa.

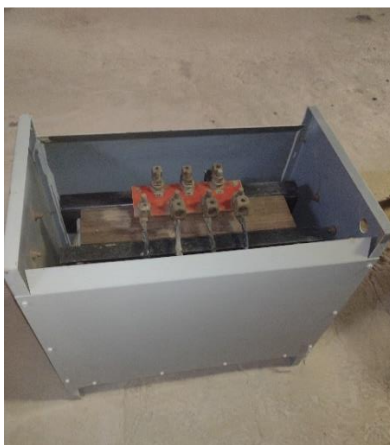


Figura 57. Transformador seco restaurado

3.5 MANTENIMIENTO A OTRAS AREAS

3.5.1 Cambio de motobomba en pozo de la planta

Se realizó el cambio de una motobomba y tubería en el pozo los cuales se encontraban en mal estado, se inició por la desconexión de la bomba, posteriormente se retiraron los tubos que se encontraban dentro del pozo, se sacó la motobomba la cual fue llevada a mantenimiento, finalmente se comenzó a meter la motobomba y tubería nueva para volver a reconectar.



Figura 58. Retiro de motobomba y tubos en mal estado

Resultado

Se obtuvo el cambio de tubería y motobomba del pozo que se encuentra en la planta mejorando la eficiencia de bombeo y almacenamiento de agua



Figura 59. Motobomba y tubería nueva

3.5.2 Cambio de bomba sumergible en casa habitación para aspersores

Se realizó el cambio de una bomba sumergible en una casa habitación la cual se había quemado por un corto circuito, dicha bomba operaba para aspersores que se encuentran en la casa, también se le realizó la instalación de dos pastillas para obtener mas protección hacia la bomba



Figura 60. Bomba sumergible dañada

Resultado

Se obtuvo el cambio de bomba e instalación de protección para que en caso de algún corto este no afecte a la bomba y tenga que ser cambiada nuevamente, con la instalación de protección se ofrece mayor seguridad a los circuitos restantes de la casa habitación.



Figura 61. Bomba sumergible nueva instalada

3.5.3 Cambio de capacitor en área de tableros

Se realizó el cambio de un capacitor el cual ya no contenía la corriente que debería de tener, se midieron los otros capacitores para poder detectar alguna otra falla y solo arrojó a un solo capacitor el cual se decidió cambiar por un capacitor de cilindro.



Figura 62. Capacitores dañados

Resultado

Al realizar el cambio de capacitor se observó que no se tuvo fallas en el área de tableros los cuales operaban de forma correcta.



Figura 63. Capacitor de cilindro instalado

3.6 DESCONEXIÓN Y CONEXIÓN DE MOTOR EN DELTA-ESTRELLA

Se realizó la desconexión de un motor trifásico el cual tenía una configuración en delta-estrella, se verificó cuáles eran los cables de conexión delta y estrella, dicho motor fue llevado a una empresa para que le hicieran mantenimiento pues por el uso que se le da tenía un desgaste importante.

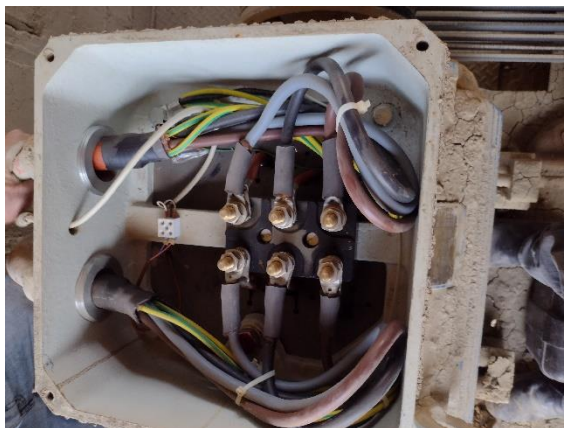


Figura 64. Conexión delta- estrella

Resultado

Al hacer la desconexión de motor trifásico se paró por un tiempo el área de molienda, cuando se trajo el motor restaurado se hizo de nuevo la conexión, la misma conexión delta-estrella para no afectar al motor en su funcionamiento.



Figura 65. Motor trifásico en funcionamiento

CAPITULO 4 RESULTADOS

El mantenimiento realizado en las diferentes líneas de producción dentro de la empresa obtuvo resultados al hacer cambios, reparaciones e instalaciones para mejorar la producción y no tener pérdidas

4.1 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE TRANSFORMADOR 440/220 V

Se realizó el diseño de conexión de un transformador 440/220 V para la actividad 3.3.8 en la cual se instaló un transformador en la bomba de emergencia y se instalaron 2 reflectores

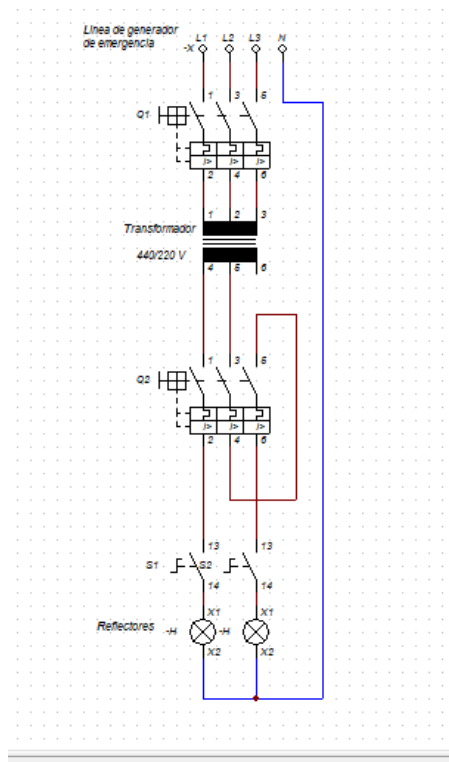


Figura 66. Diagrama de transformador 440/220 V

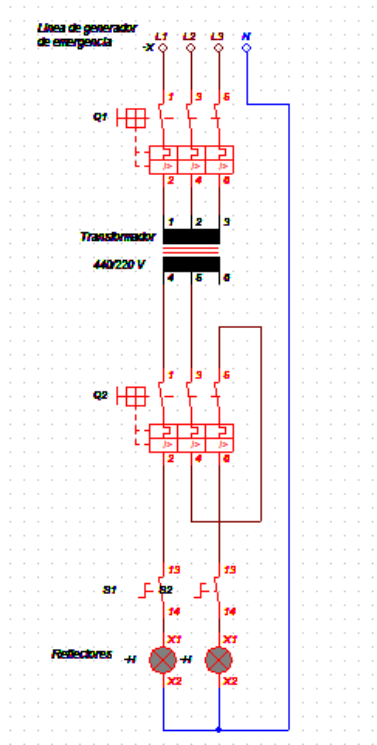


Figura 67. Diagrama de transformador 440/220 V en funcionamiento

4.2 DIAGRAMA CONEXIÓN DELTA-ESTRELLA

Se realizó el diagrama de conexión delta- estrella para un motor trifásico con el fin de entender su funcionamiento el cual principia por la conexión estrella para activar entre el 75 y 80 por ciento de su velocidad nominal, después de un cierto lapso de tiempo se acciona la conexión delta para seguir su marcha sin afectar el motor.

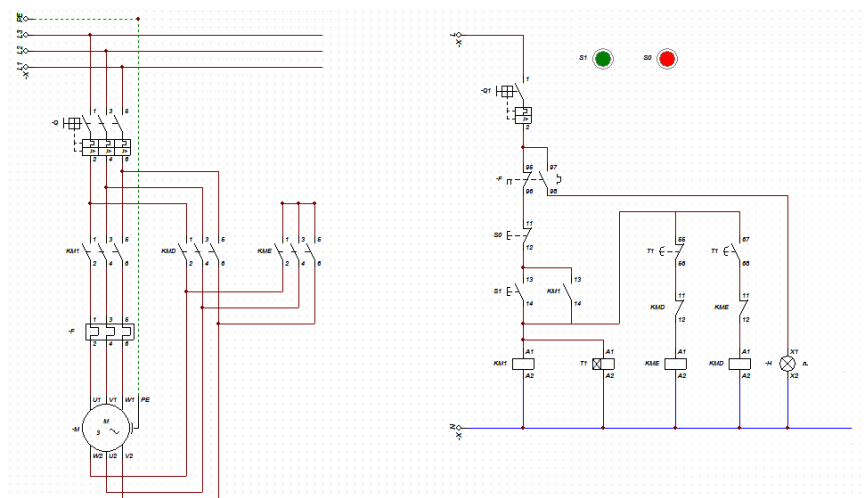


Figura 68. Diagrama unifilar de fuerza y control para una conexión delta-estrella

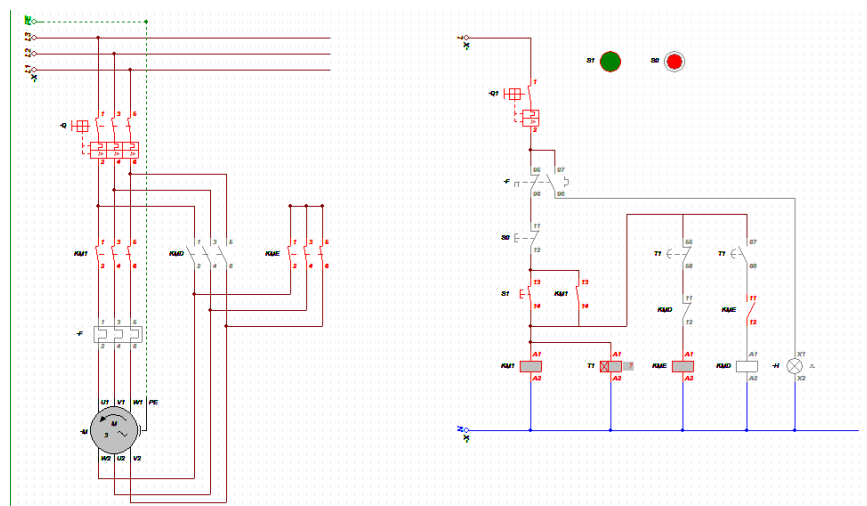


Figura 69. Diagrama en función, arranque en estrella

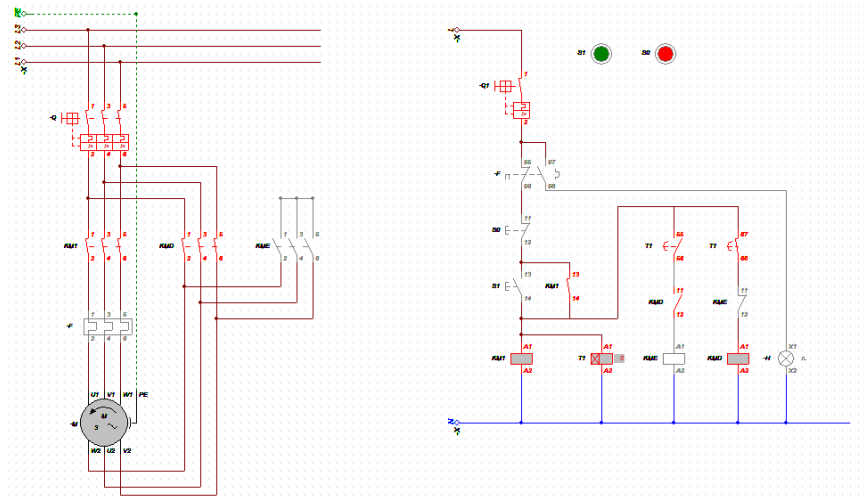


Figura 70. Diagrama en función, accionamiento en delta

4.3 DIAGRAMA DE ELECTRO FRENO DE MOTOR

Se realizó el diagrama de electro freno de un motor de la actividad 3.4.6 en la cual se instaló una bobina de electro freno a un motor trifásico que se estaba usando para pruebas de la maquina empujadora.

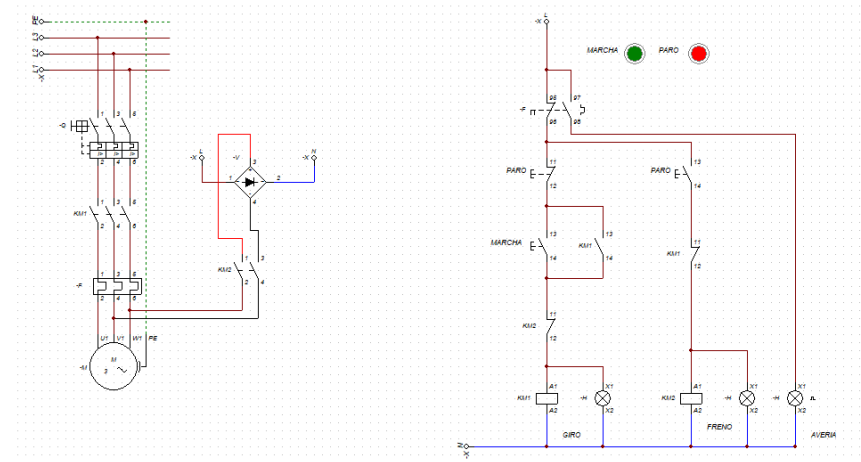


Figura 71. Diagrama unifilar de fuerza y control para la instalación de una bobina de electro freno

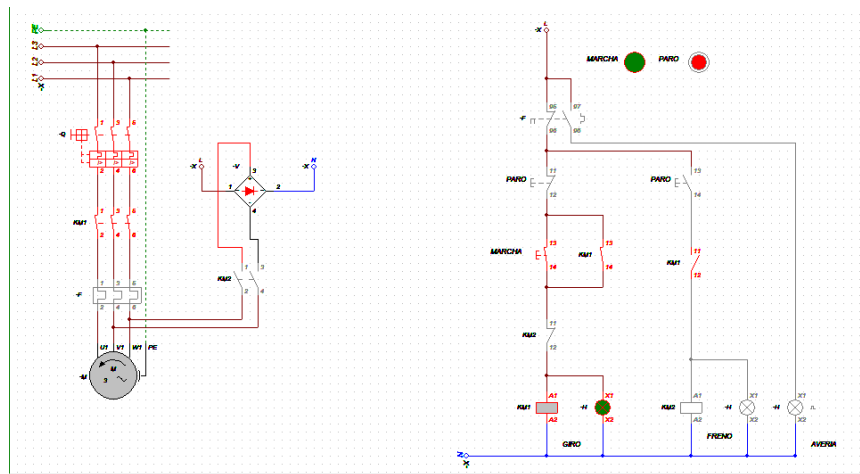


Figura 72. Diagrama de electro freno en marcha

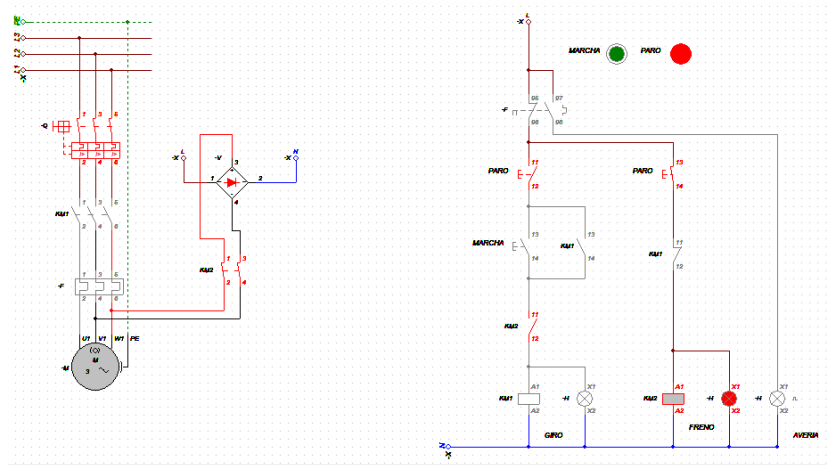


Figura 73. Diagrama de electro freno en paro

CAPITULO 5 CONCLUSIÓN

El mantenimiento eléctrico dentro de la empresa fue fundamental para la conservación de equipos e instalaciones lo que permite tener maximizar la producción en las diferentes líneas que se encuentran dentro de ella.

Así mismo el fin de dicho mantenimiento en mantener el proceso productivo en constante actividad es por ello que no se permite tener ningún fallos, si se llega a generar algún fallo se debe de poner en marcha todos los pasos a seguir para poder resolver en un corto tiempo dicho fallo y no tener perdida en la eficiencia de producción.

En cuanto a la empresa Ladrillera Mecanizada quedo muy agradecido ya que me brindaron la confianza y ayuda para poder culminar mi proyecto y en cuanto al personal de mantenimiento eléctrico quiero mencionar que se tiene buen ambiente laboral ya que me apoyaron en las dudas que surgían acerca de las máquinas y tipos de conexiones que se encuentran dentro de la empresa ya que ellos al darle mantenimiento constante tienen el conocimiento y la destreza para poder despejar dudas.

CAPITULO 6 RECOMENDACIONES DEL PROYECTO

De la experiencia recogida en este proyecto y los resultados generados durante este sería conveniente tomar en cuenta algunos aspectos que se tienen a mejorar con el propósito de optimizar la eficiencia en la producción de la empresa.

- Capacitar lo necesario a los empleados para que sepan el manejo de máquinas e instalaciones que se encuentran dentro de la empresa
- Que la gerencia se comprometa con tener los instrumentos necesarios para poder controlar fallas dentro de la empresa
- Tener un listado en el cual se especifiquen las falla que se generan en la empresa

CAPITULO 7 BIBLIOGRAFIA

Garrido, S. G. (2009). *Mantenimiento industrial*. Madrid: RNOVETEC .

Gutiérrez, L. A. (2005). *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios* . Medellin: AMG.

Gutiérrez, L. A. (2009). *Mantenimiento, Planeación, ejecución y control*. Mexico : Alfaomega Grupo editorial .

Haper, G. E. (1998). *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales* . Mexico : LIMUSA.

Palencia, O. G. (2006). *El mantenimiento general* . Colombia : Universidad pedagogica y tecnologica de colombia .

theodore, W. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia* . Mexico : PEARSON EDUCACIÓN.