



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“REDISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AGUA E
IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO PARA LA CENTRAL DE
HORMIGONADO DE LA PLANTA PREFABRICADOS DE
LA EMPRESA PÚBLICA CEMENTERA DEL ECUADOR.”**

**ZUMBA NOVAY EMBER GEOVANNY
CHAFLA AUQUILLA DANILO FERNANDO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2016**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-05-11

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**ZUMBA NOVAY EMBER GEOVANNY
CHAFLA AUQUILLA DANILO FERNANDO**

Titulada:

**“REDISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AGUA E
IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA
CENTRAL DE HORMIGONADO DE LA PLANTA PREFABRICADOS DE LA
EMPRESA PÚBLICA CEMENTERA DEL ECUADOR.”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos Santillán.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jorge Freire M.
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Manuel Morocho A.
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ZUMBA NOVAY EMBER GEOVANNY

TÍTULO DE LA TESIS: “REDISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AGUA E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA CENTRAL DE HORMIGONADO DE LA PLANTA PREFABRICADOS DE LA EMPRESA PÚBLICA CEMENTERA DEL ECUADOR.”

Fecha de Examinación: 2017-02-08

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIBUNAL DEFENSA			
Ing. Jorge Freire M. DIRECTOR			
Ing. Manuel Morocho A. ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CHAFLA AUQUILLA DANILO FERNANDO

TÍTULO DE LA TESIS: “REDISEÑO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE AGUA E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA CENTRAL DE HORMIGONADO DE LA PLANTA PREFABRICADOS DE LA EMPRESA PÚBLICA CEMENTERA DEL ECUADOR.”

Fecha de Examinación: 2017-02-08

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIBUNAL DEFENSA			
Ing. Jorge Freire M. DIRECTOR			
Ing. Manuel Morocho A. ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ember Geovanny Zumba Novay

Danilo Fernando Chafía Auquilla

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Chafla Auquilla Danilo Fernando y Zumba Novay Ember Geovanny, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Ember Geovanny Zumba Novay
Cédula de Identidad: 060308264-5

Danilo Fernando Chafla Auquilla
Cédula de Identidad: 060449104-3

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a toda mi familia.

A mis padres Raúl y Fanny quienes han estado a mi lado en todo momento apoyándome incondicionalmente, gracias a su esfuerzo, trabajo, dedicación y paciencia, he logrado formarme como persona y como profesional.

A mis hermanos Santiago, Silvana y Mónica ya que son mi guía y mi inspiración, además son un pilar fundamental en mi vida.

Danilo Fernando Chafra Auquilla

Mi tesis se la dedico a Dios, quien supo guiarme por el camino del bien, darme fortaleza para seguir adelante en los momentos más difíciles de mi vida, enseñándome a encarar las adversidades sin perder la dignidad, ni desfallecer en el intento.

A mí querida madre la Lcda. Delia Novay Torres quien con su comprensión y ternura siempre estuvo brindándome sus consejos, comprensión, amor, ternura y en los momentos más dificultosos dándome valor.

A mí hermano Fernando Zumba y a Mario Boada quienes son ejemplo de fortaleza en los momentos de dificultad.

A mí esposa Lcda. Zulay Orozco y a mi hijo Jhair Sebastián Zumba Orozco quienes son la parte de inspiración en todo lo que hago y pretendo hacer.

Ember Geovanny Zumba Novay

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y poder ser un miembro productivo de la sociedad.

A mi familia, amigos y compañeros que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito esta etapa de mi vida, además quiero agradecer de manera especial a los Ingenieros Julio López, Manuel Morocho y Jorge Freire, por el apoyo incondicional que me brindaron para poder desarrollar este trabajo.

Danilo Fernando Chafra Auquilla

Mi más sincero agradecimiento a Dios, a mi familia y a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme sus conocimientos y así poder ser un excelente profesional.

Quiero agradecer a los Ingenieros Fernando González, Byron Vaca, Manuel Morocho, Julio López y Jorge Freire, por su apoyo para la culminación de este trabajo.

Ember Geovanny Zumba Novay

RESUMEN

El rediseño e implementación de un plan de mantenimiento para el sistema de inyección de agua de la central de hormigonado de la Planta de Prefabricados de la Empresa Pública Cementera del Ecuador (EPCE). Estará basado en la implementación de un sensor de caudal online, el mismo que ayudará a tener un mejor control del caudal (l/min) en la producción de hormigón. Todo equipo debe estar en constante mantenimiento, brindando una alta confiabilidad y eficiencia en la planta hormigonera, el mantenimiento es un proceso donde interactúa hombre y máquina para generar ganancias. El plan de mantenimiento realizado ayudará a mejorar la conservación de los equipos y sistemas de la producción de hormigón. El plan de mantenimiento que se elaboró está conformado por fichas de características, análisis de criticidad, banco de tareas, procedimientos de trabajo, procedimientos de seguridad, frecuencias, herramientas, materiales, repuestos y equipos, para que los operadores puedan ejecutar las tareas de mantenimiento de forma apropiada y segura en la empresa. El servicio de la empresa estará en la calidad de mantenimiento que se brinde a cada uno de los equipos ya que es de suma importancia tener una visión a futuro, planificar y programar el mantenimiento para cubrir toda el área en el tiempo planificado. Mediante este trabajo el sistema de inyección de agua de la central de hormigonado tendrá un control exacto de agua que ingresa a la mezcladora con un medidor de caudal online BURKET. Los equipos críticos tendrán un análisis vibracional cada 8760 horas y en base al cual se deberá programar las paradas de mantenimiento y ajustar las frecuencias del banco de tareas.

PALABRAS CLAVE: <REDISEÑO>, <PLAN DE MANTENIMIENTO>, <SEGURIDAD OPERACIONAL>, <CENTRAL DE HORMIGONADO>, <MANTENIABILIDAD>, <CONFIABILIDAD>, <CRITICIDAD>.

ABSTRACT

The redesign and implementation of a maintenance plan for the water injection system of the concrete plant of the Prefabricated Plant of the Cement Company of Ecuador (EPCE). It will be based on the implementation of an online flow sensor, which will help to have a better flow control (l/min) in the production of concrete. All equipment must be in constant maintenance, providing a high reliability and efficiency in the concrete mixer plant, maintenance is a process where man and machine interact to generate profits. The maintenance plan will help to improve the conservation of equipment and system for the production of concrete. The maintenance plan that has been developed is made up of characteristic sheets, criticality analysis, task bank, work procedures, safety procedures, frequencies, tools, materials, spare parts and equipment, so that operators can perform the maintenance tasks in an appropriate and safe way in the Company. The service of the company will be in the quality of maintenance that is provided to each of the teams since it is of utmost importance to have a visión for the future, to plan and to schedule the maintenance to cover the whole área in the planned time. Through this work the wáter injection System of the concrete plant will have an exact control of water that enters to the mixer with te BURKET online flow meter. Critical equipment will have a vibrational analysis every 8760 hours and on the basis of which the maintenance shutdowns must be programmed and adjust the frequencies of the task bank.

KEY WORDS: <REDISIGN>, <MAINTENANCE PLAN>, <OPERATIONAL SAFETY>, <CONCRETE CENTRAL>, <MAINTENANCE>, <RELIABILITY>, <CRITICITY>.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Antecedentes.....	16
1.2 Problema.....	17
1.3 Justificación.....	17
1.4 Objetivos.....	18
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	18
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	18
2 MARCO TEÓRICO	20
2.1 El hormigón premezclado y su proceso de elaboración.....	20
2.1.1 <i>Hormigón premezclado</i>	20
2.1.2 <i>Proceso de elaboración del hormigón premezclado</i>	20
2.1.3 <i>Áreas y equipos de la planta hormigonera</i>	22
2.1.3.1 <i>Alimentación de agregados</i>	22
2.1.3.2 <i>Recepción de cemento</i>	22
2.1.3.3 <i>Alimentación de cemento</i>	23
2.1.3.4 <i>Alimentación de agua</i>	23
2.1.3.5 <i>Alimentación de aditivos</i>	23
2.1.3.6 <i>Dosificación de agregados</i>	23
2.1.3.7 <i>Dosificación de cemento</i>	23
2.1.3.8 <i>Dosificación de agua</i>	23
2.1.3.9 <i>Dosificación de aditivos</i>	23
2.2 El agua en el hormigón.....	24
2.3 Sistema de inyección de agua.....	24
2.3.1 <i>Taza de flujo de un fluido</i>	24
2.3.2 <i>Factores de selección de un medidor de flujo.</i>	25
2.3.3 <i>Medidor de flujo de turbina</i>	25
2.3.4 <i>Accesorios para tuberías</i>	27
2.3.5 <i>Válvulas</i>	28
2.3.6 <i>Bombas</i>	29
2.3.6.1 <i>Bomba centrífuga</i>	30
2.3.6.2 <i>Características</i>	30
2.4 Sistema integral del mantenimiento.	30
2.4.1 <i>Definición, objetivos y tipos de mantenimiento para la planta</i>	30
2.4.2 <i>Categorización de maquinaria o equipos</i>	32
2.4.3 <i>Políticas de mantenimiento acorde con la categoría del equipo o máquina.</i> ..	32
2.4.3.1 <i>Para la categoría (A)</i>	32
2.4.3.2 <i>Para la categoría (B)</i>	32
2.4.3.3 <i>Para la categoría (C)</i>	33
2.4.4 <i>Objetivos del mantenimiento</i>	33
2.4.5 <i>Ventajas y desventajas del mantenimiento</i>	33
2.4.6 <i>Costos del mantenimiento</i>	34
2.4.7 <i>Implementación de un sistema de mantenimiento</i>	34
2.4.7.1 <i>Determine las metas y objetivos</i>	35

2.4.7.2	<i>Establecer los requerimientos para el mantenimiento</i>	35
2.4.8	<i>Reunir y organizar los datos</i>	35
2.4.9	<i>Estado técnico de la maquinaria o equipos</i>	35
2.4.10	<i>Tipos de servicios prestados en el sistema de mantenimiento</i>	36
2.4.10.1	<i>Servicio diario del equipo</i>	36
2.4.10.2	<i>Revisión</i>	37
2.4.10.3	<i>Reparación pequeña</i>	37
2.4.10.4	<i>Reparación mediana</i>	38
2.4.10.5	<i>Reparación general</i>	38
2.4.10.6	<i>Reparación imprevista</i>	39
2.4.11	<i>Causas posibles para el surgimiento de averías</i>	39
2.4.12	<i>Documentos para el control del mantenimiento</i>	39
3.	ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS	41
4.	REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA DE LA CENTRAL DE HORMIGONADO	77
4.1	Sistema actual	77
4.2	Componentes del sistema de agua	77
4.3	Productos y recetas	79
4.4	Problema del sistema de agua.....	80
4.5	Solución del problema	82
4.5.1	<i>Análisis del equipo requerido</i>	82
4.5.2	<i>Características del equipo adquirido</i>	83
4.5.3	<i>Diseño y principio de funcionamiento</i>	85
4.5.4	<i>Partes</i>	85
4.6	Instalación.....	86
4.6.1	<i>Procedimiento</i>	86
4.7	Verificación del funcionamiento del sensor de caudal.....	90
5.	PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	91
5.1	Planificación del mantenimiento	91
5.2	Programación del mantenimiento	130
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
6.1	Conclusiones.....	132
6.2	Recomendaciones.	133

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Ficha de datos técnicos de la mezcladora.	41
2. Categorización de la mezcladora.	42
3. Ficha de datos técnicos del moto vibrador.	43
4. Categorización del moto vibrador.	44
5. Ficha de datos técnicos de tolva de descarga.	45
6. Categorización de tolva de descarga.	46
7. Ficha de datos técnicos del moto vibrador.	47
8. Categorización del moto vibrador.	48
9. Ficha de datos técnicos del moto vibrador.	49
10. Categorización del moto vibrador.	50
11. Ficha de datos técnicos del motor principal de la mezcladora.	51
12. Categorización del motor principal de la mezcladora.	52
13. Ficha de datos técnicos de centralina hidráulica de mezcladora.	53
14. Categorización de central hidráulica de mezcladora.	54
15. Ficha de datos técnicos de motor de centralina hidráulica.	55
16. Categorización de motor de centralina hidráulica.	56
17. Ficha de datos técnicos de electro válvula agua.	57
18. Categorización de electro válvula de agua.	58
19. Ficha de datos técnicos de banda transportadora.	59
20. Categorización de banda transportadora.	60
21. Ficha de datos técnicos de motor de banda transportadora.	61
22. Categorización de motor de banda transportadora.	62
23. Ficha de datos técnicos de tolva dosificadora de agregados.	63
24. Categorización de tolva dosificadora.	64
25. Ficha de datos técnicos de motor principal de skip.	65
26. Categorización de motor principal de skip.	66
27. Ficha de datos técnicos de silo de cemento.	67
28. Categorización de silo de cemento.	68
29. Ficha de datos técnicos de motor de tornillo sin fin.	69
30. Categorización de motor tornillo sin fin.	70
31. Ficha de datos técnicos de tornillo sin fin.	71
32. Categorización de tornillo sin fin.	72
33. Ficha de datos técnicos de compresor de pistón.	73
34. Categorización de compresor de pistón.	74
35. Ficha de datos técnicos de bomba de agua.	75
36. Categorización bomba de agua.	76
37. Recetas de hormigón.	79
38. Tabla de errores sistema de agua.	82
39. Análisis del equipo requerido.	82
40. Datos generales del sensor de caudal.	83
41. Datos técnicos del sensor de caudal.	84
42. Tabla de inspección del moto vibrador.	91
43. Inspección del moto vibrador.	91
44. Inspección del moto vibrador.	93
45. Inspección de la carcasa de la mezcladora.	94
46. Revisión del silo de cemento.	95
47. Inspección del motor del silo de cemento.	96
48. Cambio de rodamientos del motor principal de la mezcladora.	97

49.	Lubricación del motor principal de la mezcladora.....	98
50.	Cambio del sello del tornillo sin fin.....	99
51.	Lubricación del tornillo sin fin.....	100
52.	Revisión de la balanza dosificadora.....	101
53.	Lubricación de los ejes de la balanza de cemento.....	102
54.	Cambio de cojinetes antifricción del tornillo sin fin.....	103
55.	Cambio de rodamientos del motor del tornillo sin fin.....	104
56.	Inspección de la tolva dosificador de agregados.....	105
57.	Inspección del motor de la banda transportadora.....	106
58.	Cambio de rodamientos del motor de la banda transportadora.....	107
59.	Revisión y lubricación del moto reductor de la banda transportadora.....	108
60.	Lubricación de la banda trasportadora.....	109
61.	Revisión de banda trasportadora y rodillos.....	110
62.	Lubricación de rodillos de la banda transportadora.....	111
63.	Cambio de rodillos y banda transportadora.....	112
64.	Limpieza y revisión de celdas de pesaje de áridos.....	113
65.	Limpieza de guidores de tolvas y lubricación de compuertas de áridos.....	114
66.	Revisión del sistema de suministro de agua.....	115
67.	Inspección de la bomba de agua.....	116
68.	Cambio de sellos y álabes de la bomba de agua.....	117
69.	Cambio de rodamientos del motor de la bomba.....	118
70.	Revisión de tuberías de agua.....	119
71.	Limpieza del sistema de dispersión de agua.....	120
72.	Revisión del compresor de pistón.....	121
73.	Cambio de rodamientos del motor del compresor de pistón.....	122
74.	Cambio de aceite del compresor de pistón.....	123
75.	Limpieza de filtros de aire del compresor.....	124
76.	Inspección del tablero de control principal.....	125
77.	Limpieza del sistema eléctrico del tablero de control principal.....	126
78.	Inspección eléctrica general.....	127
79.	Limpieza general.....	128
80.	Análisis vibracional de equipos críticos.....	129
81.	Programación del mantenimiento año 2017.....	130

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Recepción de agregados para el hormigón.....	20
2. Alimentación del silo de agregados	21
3. Silo de cemento	22
4. Medidor de flujo de turbina.....	27
5. Accesorios para unir tramos de tuberías	27
6. Accesorios para cambiar la dirección de una línea	27
7. Accesorios para cambiar el diámetro de una línea.....	28
8. Partes de una válvula.....	29
10. Bomba de agua.....	77
11. Conjunto válvula mariposa con actuador, electroválvula y bobina	78
12. Distribuidor de agua.....	78
13. Válvulas: anti retorno de 2 pulgadas	78
14. Válvula de bola de 1 pulgada.	79
15. Consola central.....	80
16. Electroválvulas.....	81
17. Panel indicador de consola de control.....	81
18. Partes del sensor de caudal.....	85
19. Instalación correcta del sensor.	86
20. Purga del sistema.....	86
21. Sensor de caudal.....	87
22. Montaje del sensor de caudal	87
23. Conexión de manguera.....	88
24. Manguera de alta presión instalada	88
25. Amplificador de señal.	89
26. Tablero de conexiones eléctricas.	89
27. Medidor de caudal en funcionamiento.....	90

LISTA DE ANEXOS

- A Codificación de equipos de la central de hormigonado
- B Significado de codificación
- C Orden de trabajo
- D Solicitud de materiales y herramientas
- E Tabla historial de fallas
- F Plano central de hormigonado

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Dentro de la zona tres del país el desarrollo industrial se ha visto reflejado actualmente con un progreso a nivel tecnológico siendo así una de las empresas más representativas, la Unión Cementera Nacional UCEM C.E.M. Planta Chimborazo conocida hasta el 2014 como la Cemento Chimborazo S.A; es así que al año 2007 se crea la planta de prefabricados, proyecto que dinamizó fuentes de trabajo para la provincia, produciéndose los denominados durmientes de hormigón que sirvieron para la rehabilitación de la línea férrea del país.

A finales del 2014 esta planta es reconvertida, creándose la Empresa Publica Cementera del Ecuador EPCE, con la misión de intervenir de manera efectiva en la gestión del negocio del cemento y sus derivados, contemplando la venta de piezas prefabricadas de hormigón para la edificación. Especialmente paneles macizos o aligerados o de fachada, así como losas alveolares para la construcción de todo tipo de edificios entre otros para viviendas, oficinas, edificios industriales o comerciales. (EPCE, 2016)

La planta inicia sus actividades con el objetivo de solucionar las necesidades de los constructores en el área de hormigón en la provincia de Chimborazo, ubicada a 15 minutos de la ciudad de Riobamba en la vía Panamericana Sur, teniendo como premisa puntualidad, responsabilidad, agilidad en el trabajo de piezas de construcción con el mejor hormigón premezclado y dosificado.

La planta presenta problemas de producción, debido a existen inconvenientes en el sistema de control de inyección de agua, además no cuenta con un adecuado plan de mantenimiento.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo forma profesionales que brindan soluciones a los problemas de las empresas dando un aporte a la sociedad, con estudios y diseños de construcción, por lo que el presente estudio tiene como objetivo brindar una alternativa al problema implementando un plan de mantenimiento y un rediseño en

el sistema de inyección de agua para mejorar la calidad de la producción y la eficiencia de toda la central de hormigonado de la planta prefabricados de la Empresa Pública cementera.

1.2 Problema

Actualmente se evidencia un desfase en los tiempos de fabricación de hormigón, debido a que el sistema de agua de la central de hormigonado no cuenta con un control adecuado del caudal que ingresa a la fase de mezclado, generando retrasos en la producción.

Este diseño del sistema de agua, limita el funcionamiento de la central de hormigonado ya que, al momento de dosificar el agua para las diferentes recetas, el control de la cantidad de agua que ingresa a la mezcladora, se lo realiza por tiempos y de forma visual, generando retrasos con respecto a los demás sistemas de la central, que se encuentran automatizados.

Otro de los problemas que se presenta en la central de hormigonado, es que no cuenta con un adecuado plan de mantenimiento, lo que reduce la confiabilidad del equipo.

1.3 Justificación

Mediante el presente trabajo se ayudará a la formación profesional de los trabajadores del área de mantenimiento de la Planta de Prefabricados de la Empresa Pública Cementera del Ecuador (EPCE) y se obtendrá un mejor rendimiento de la central de hormigonado, reduciendo paros imprevistos lo cual beneficiara económicamente a la planta ya que se reducirán los tiempos improductivos, adicional a ello, se analizará los distintos sistemas entre ellos de agua que está dentro de la línea productiva.

En la mayoría de las obras de arquitectura e ingeniería se utiliza prefabricados de hormigón, además, pueden utilizarse en muchos de los procesos que se desarrollan durante la construcción de edificios u obra pública: cimentaciones, elementos para obra civil, cerramientos prefabricados, elementos lineales, tuberías, elementos de forjado, mobiliario urbano y piedra artificial, canalizaciones, pavimentación, edificación modular, otro tipo de soluciones.

Debido a las grandes ventajas que presentan las piezas prefabricadas de hormigón, La Empresa Pública Cementera del Ecuador (EPCE) inició el proyecto Prefabricados para la edificación en el año 2014, contemplando la venta de piezas prefabricadas de hormigón para la edificación, específicamente paneles macizos o aligerados estructurales o de fachada, así como losas alveolares para la construcción de todo tipo de edificios tales como viviendas, oficinas, instalaciones comerciales o industriales.

Debido a la demanda de piezas prefabricadas, la central de hormigonado requiere tener sus equipos en condiciones óptimas y disponibles, conocido el análisis de la problemática, se observó que existen problemas en el sistema de inyección de agua principalmente en uno de sus equipos críticos siendo este el mixer o también conocido como mezcladora.

Por tal motivo se requiere implantar un plan de mantenimiento y dar la mejora al sistema antes mencionado mediante un rediseño.

El desarrollo de este trabajo consistirá en rediseñar el sistema de inyección de agua de la central de hormigonado de la planta de Prefabricados de la Empresa Pública Cementera del Ecuador (EPCE), lo cual permitirá mejorar la producción, reducir tiempos de fabricación, aumentar la velocidad del sistema, reducir los costos de operación, a través de lo cual se beneficiará considerablemente a la empresa.

En el área de mantenimiento se obtendrá un mejor rendimiento de los equipos y sistemas, lo cual beneficiará económicamente a la planta ya que se reducirá los tiempos improductivos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general. Realizar el rediseño del sistema de inyección de agua e implementar un plan de mantenimiento para la central de hormigonado de la planta de prefabricados de la Empresa Pública Cementera del Ecuador (EPCE).

1.4.2 Objetivos específicos

Evaluar y categorizar los diferentes los equipos y sistemas que conforman la central de hormigonado.

Evaluar el estado actual del sistema de inyección de agua de la central de hormigonado.

Rediseñar el sistema de inyección de agua en base a la dosificación requerida por la central de hormigonado.

Elaborar un plan de mantenimiento para la central de hormigonado.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 El hormigón premezclado y su proceso de elaboración

2.1.1 *Hormigón premezclado.* De acuerdo a (ARIAS, 2004), el hormigón es un material compuesto, que consiste de manera esencial en una mezcla uniforme, entre cemento, agua, agregados de diversos tamaños y aditivos.

El cemento y el agua se combinan químicamente y cuando se seca forma un material parecido a la roca.

El porcentaje de los elementos que componen el hormigón es de 45% de agregado fino (arena), 34% de agregado grueso, 13% de cemento y 8% de agua. (ARIAS, 2004)

2.1.2 *Proceso de elaboración del hormigón premezclado.* Se puede describir el proceso de elaboración del hormigón premezclado de la siguiente manera:

El material es procesado en la central de hormigonado a través de un mixer o mezcladora.

El material agregado es apilado en campos abiertos y según el tipo de material. Al material agregado se le da un tratamiento de hidratación (una corrección de humedad para el diseño).

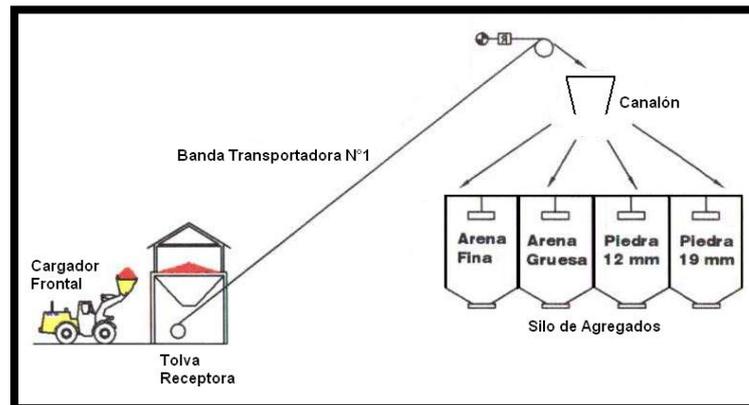
Figura 1. Recepción de agregados para el hormigón.



Fuente: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/14686>

Un cargador frontal alimenta de material agregado a una tolva receptora, y esta a su vez alimenta de material a una banda transportadora de rodillos (banda transportadora), que transporta el material hasta el silo de agregados. En el interior del silo existen varios compartimentos, en donde el material se distribuye mediante un canalón a cada compartimiento según su tipo (ARIAS, 2004).

Figura 2. Alimentación del silo de agregados



Fuente: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/14686>

De acuerdo a (ARIAS, 2004), el silo de agregados alimenta a una balanza (celdas de carga) y la cantidad de material lo determina el tipo de hormigón a producirse.

La balanza de dosificación de agregados alimenta de material a una banda transportadora de rodillos, que descarga el material a la tolva de dosificación hacia el mixer, la descarga es directa y en seco.

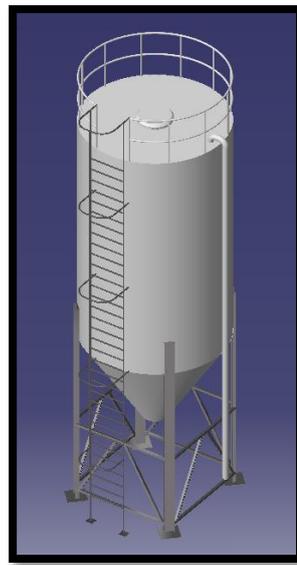
El hormigón es trasladado al proceso que luego servirá para la fabricación de edificación, específicamente paneles macizos o aligerados estructurales o de fachada, así como losas alveolares para la construcción de todo tipo de edificios tales como viviendas, oficinas, instalaciones comerciales o industriales y durmientes (ARIAS, 2004).

El cemento es descargado a través de un compresor hacia el silo de 48 toneladas. mediante un transportador neumático (soplador y una válvula rotatoria), el cemento es transportado al silo de consumo; al sufrir una falla en el transporte neumático, existe un transporte por medio de un tornillo sin fin que alimenta a la balanza dosificadora de

cemento y esta a su vez directamente a los camiones hormigoneros. Todo silo tiene un sistema de aereador y vibradores eléctricos que cumplen la función de evitar que el cemento se pegue a las paredes de los silos.

El silo de consumo de cemento alimenta a una balanza mediante una válvula tipo mariposa, en donde la cantidad de cemento lo determina el tipo de hormigón a producirse (ARIAS, 2004).

Figura 3. Silo de cemento



Fuente: <https://delineacionindustrial.files.wordpress.com/2011/09/foto-silo-blog1.jpg>

2.1.3 Áreas y equipos de la planta hormigonera. De acuerdo a (ARIAS, 2004), la planta hormigonera se puede dividir en nueve áreas, que son:

2.1.3.1 *Alimentación de agregados.* La cual la conforman los siguientes equipos:

- Tolva de agregados
- Banda transportadora
- Silo de agregados

2.1.3.2 *Recepción de cemento.* La cual la conforman los siguientes equipos:

- Compresor de aire
- Silo de cemento

2.1.3.3 *Alimentación de cemento.* La cual la conforman los siguientes equipos:

- Soplador de aire
- Válvula rotativa
- Silo de cemento

2.1.3.4 *Alimentación de agua.* La cual está conformada por:

- Cisterna de agua
- Sistema de agua (tuberías, accesorios, equipos)

2.1.3.5 *Alimentación de aditivos.* La que está conformada por:

- Tanques de abastecimiento

2.1.3.6 *Dosificación de agregados.* La cual la conforman los siguientes equipos:

- Balanza de agregados
- Banda transportadora
- Tolva metálica

2.1.3.7 *Dosificación de cemento.* La cual la conforman los siguientes equipos:

- Balanza de cemento
- Tornillo transportador

2.1.3.8 *Dosificación de agua.* La cual la conforman los siguientes equipos:

- Bomba de agua
- Electroválvulas

2.1.3.9 *Dosificación de aditivos.* La cual la conforman los siguientes equipos:

- Dosificador de aditivo

2.2 El agua en el hormigón

El agua, considerada como materia prima para la confección y el curado del hormigón debe cumplir con determinadas normas de calidad. Las normas para la calidad del agua varían de país a país, en el Ecuador rige la norma NTE INEN 2617:2012 HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. AGUA PARA MEZCLA. REQUISITOS (INEN, 2012), esta calidad también pueden tener alguna variación según el tipo de mezcla se requiera realizar. Debido a la importancia del agua es necesario conocer los componentes del sistema encargado de suministrar este fluido indispensable dentro de la producción del hormigón, en este caso abordaremos conceptos fundamentales sobre este fluido y sobre los componentes que forman parte del sistema de agua de la central de hormigonado.

2.3 Sistema de inyección de agua

El sistema de inyección está compuesto por varios elementos como: tuberías, accesorios y de la misma manera equipos, tanto eléctricos y electrónicos, con el fin de identificar estos elementos es necesario conocer varios conceptos que se presentan a continuación.

2.3.1 Taza de flujo de un fluido. De acuerdo a (MOTT, 2006), la cantidad de fluido que pasa por un sistema por unidad de tiempo puede expresarse por medio de tres términos distintos

- *Flujo volumétrico (Q).* Es el volumen de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.
- *Flujo en peso (W).* Es el peso del fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.
- *Fluido másico (M).* es la masa de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.

El más importante de los tres y el que más se utiliza es el flujo volumétrico y se calcula con la ecuación

$$Q = Av$$

Donde A es el área de la sección y v es la velocidad promedio de flujo y de acuerdo al SI su unidad es m^3/s

2.3.2 Factores de selección de un medidor de flujo. De acuerdo a (MOTT, 2006), la medición adecuada del flujo es una función importante dentro de cualquier organización que emplee fluidos para realizar sus operaciones regulares. Se refiere a la capacidad de medir la velocidad, el flujo volumétrico, el flujo másico de cualquier líquido o gas, por esto, es pertinente realizar una correcta elección del medidor adecuado.

La selección del tipo básico del medidor de flujo y su sistema indicador depende de varios factores tales como:

- *Rango.* Los medidores que existen comercialmente miden flujos que van desde unos cuantos mililitros por segundo (mL/s) para experimentos precisos, hasta metros cúbicos por segundo (m^3/s) para el agua de riego y sistemas municipales de agua potable y residual. Entonces, para una instalación particular de medición debe conocerse el orden general de la magnitud del flujo volumétrico, así como el rango de variaciones esperadas. (PILCO, 2015)
- *Exactitud requerida.* Virtualmente cualquier dispositivo de medición del flujo que se instale y opere en forma apropiada tiene una exactitud dentro del 5% del flujo real, la mayor parte de los medidores comerciales poseen una exactitud del 2%, y hay algunos de los que se afirma es el 0,5%. (PILCO, 2015)
- *Tipo de indicación.* Los factores por considerar al elegir el tipo de indicador de flujo incluyen si el control automático va a actuar sobre la salida, si el operador necesita vigilar esta y si existen condiciones ambientales severas. (PILCO, 2015)
- *Tipo de fluido.* El rendimiento de algunos medidores de flujo se ve afectado por las propiedades y condiciones del fluido. Una consideración fundamental es conocer factores importantes como la viscosidad, temperatura, corrosión, conductividad eléctrica, visibilidad, propiedades lubricantes y homogeneidad. (PILCO, 2015)
- *Otros factores.* En la mayoría de casos, también debe considerarse el tamaño físico del aparato, su costo, el sistema de presión y la aptitud del operador. (PILCO, 2015)

2.3.3 Medidor de flujo de turbina. De acuerdo a (ROMERO, 2016), los medidores de flujo de turbina van provistos de una hélice que gira cuando la corriente de líquido

incide sobre ella. La velocidad de giro es proporcional al caudal, y para determinarla, se emplea un captador que genera pulsos cuando gira la hélice. Este captador genera:

- Pulso cada vez que un aspa de la hélice pasa frente a él, en caso de los medidores de flujo de turbina de acero inoxidable y los de plástico de líquidos corrosivos, y
- Pulsos por cada vuelta de la hélice, en el caso de turbinas económicas.

De esta forma se obtiene un tren de pulsos cuya frecuencia permite determinar el caudal.

Las principales ventajas que presentan estos medidores de flujo son

- Bajo coste de adquisición relativo.
- Buena precisión y repetitividad de la medida.
- Algunos modelos pueden medir líquidos muy corrosivos.
- Resiste a altas temperaturas (250°C) y presiones (300 Bar) bajo pedido.

Entre los inconvenientes podemos destacar:

- No puede medir líquidos viscosos ni con sólidos en suspensión
- Tiene partes internas móviles por lo que puede deteriorarse por golpes de ariete o si se trabaja a un caudal bastante superior al máximo.

Los medidores de flujo de turbina se fabrican en diferentes tipos de materiales dependiendo de la aplicación a que se vaya a dedicar, pudiendo ser de acero inoxidable, de diferentes plásticos, e incluso de latón (ROMERO, 2016).

Estos equipos se pueden fabricar con diferentes salidas eléctricas dependiendo de las necesidades del cliente:

- Salidas digitales (impulsos)
- 3 hilos - efecto hall
- 2 hilos – bobina con amplificador compatible Namur
- 3 hilos – bobina con amplificador NPN o PNP

Figura 4. Medidor de flujo de turbina



Fuente: <https://www.burkert.com/en/type/S030>

2.3.4 Accesorios para tuberías. De acuerdo a (ROSAS, y otros, 2016), las principales funciones de los accesorios.

- Se utilizan en las conducciones para:

Unir tramos de tuberías; por ejemplo, los coples y las tuercas unión.

Figura 5. Accesorios para unir tramos de tuberías



Fuente: <http://es.slideshare.net/mahulig/tema-1-tubos-tuberias-y-accesorios-13270625>

- Cambiar la dirección de la línea; por ejemplo, codos o tees

Figura 6. Accesorios para cambiar la dirección de una línea



Fuente: <http://es.slideshare.net/mahulig/tema-1-tubos-tuberias-y-accesorios-13270625>

- Cambiar el diámetro de la línea: por ejemplo, reducciones

Figura 7. Accesorios para cambiar el diámetro de una línea



Fuente: <http://es.slideshare.net/mahulig/tema-1-tubos-tuberias-y-accesorios-13270625>

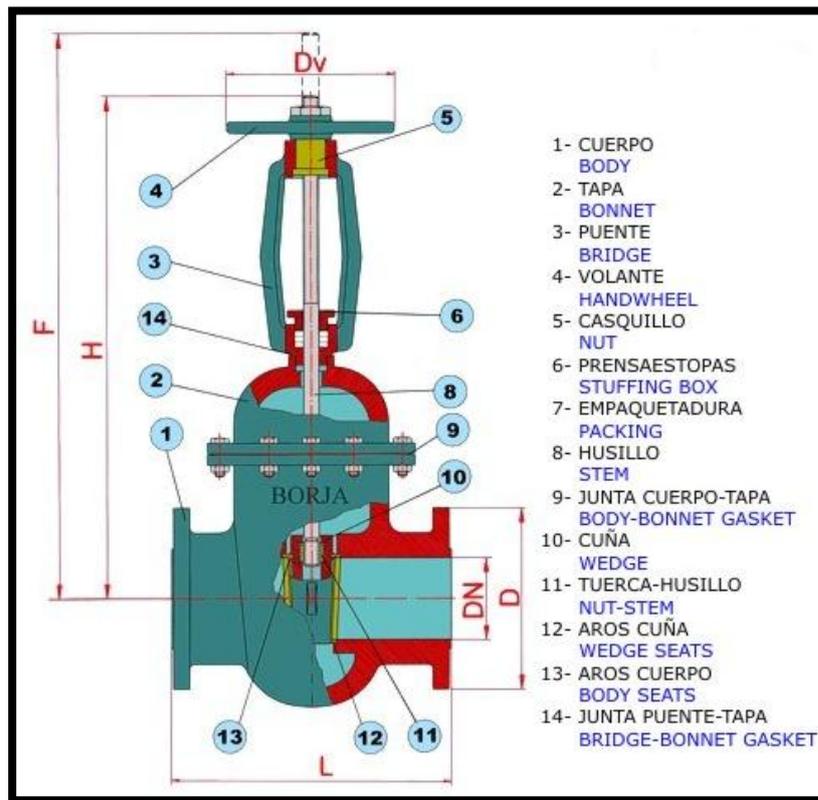
- Conectar diferentes ramas de la línea; por ejemplo, tees, cruces y yes.

2.3.5 Válvulas. De acuerdo a (ROSAS, y otros, 2016), la válvula es un mecanismo que sirve para regular el flujo de una tubería y esta regulación puede ser desde cero (válvula totalmente cerrada), hasta el flujo total (válvula totalmente abierta), y pasa por todas las posiciones intermedias, entre esos extremos.

La válvula está constituida por:

- El cuerpo, el cual tiene el ducto para el paso del fluido y los asientos.
- El bonete, que junto con el cuerpo constituyen el armazón general de la válvula, permite el paso del vástago y aloja parte del elemento de cierre cuando la válvula está abierta.
- El estoperero, o caja de empaque del bonete, sirve para sellar la salida del vástago, por medio de empaques y está formado por el buje de asiento y el bonete.
- El asiento, es la parte de la válvula que junto con la cuña o el disco realizan el cierre por el contacto de sus superficies.
- El vástago es el elemento principal para transmitir el movimiento al mecanismo de cierre y que junto al volante constituyen las partes móviles de la válvula.

Figura 8. Partes de una válvula



Fuente: <http://www.bombasborja.com/valvula-compuerta-metal-36.html>

2.3.6 Bombas. Las bombas son convertidores de energía mecánica (procedente del motor que los arrastra) en energía hidráulica (fundamentalmente en forma de energía cinética y de presión). La energía mecánica puede tener origen: eléctrico, diésel, gas, vapor (LORENZO, y otros, 2009)

En principio existen dos grandes grupos de bombas:

- *Turbomáquinas (rotodinámicas).* Son aquellas en las que en el rotor de la bomba (parte móvil), se transfiere momento cinético al fluido y luego, dentro del propio cuerpo de la bomba, en el difusor y el caracol, se transforma el exceso de energía cinética en energía de presión.
- *De desplazamiento (reciprocantes).* Son aquellas en las que se aplica una determinada fuerza (o par si son rotativas) a una serie de cámaras de trabajo que se van llenando y vaciando en forma periódica. En resumen, utiliza la energía transmitida por un elemento móvil (pistón) dentro de un receptáculo cerrado (cilindro).

2.3.6.1 *Bomba centrífuga.* Las Bombas centrífugas también llamadas rotodinámicas, son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. Una bomba centrífuga es una máquina que consiste de un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o cárter, o una cubierta o coraza. Se denominan así porque la cota de presión que crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga. Las paletas imparten energía al fluido por la fuerza de esta misma acción. Es aquella máquina que incrementa la energía de velocidad del fluido mediante un elemento rotante, aprovechando la acción de la fuerza centrífuga, y transformándola a energía potencial a consecuencia del cambio de sección transversal por donde circula el fluido en la parte estática, la cual tiene forma de voluta y/o difusor. (ACUÑA, 2015)

2.3.6.2 *Características.* La característica principal de la bomba centrífuga es la de convertir la energía de una fuente de movimiento (el motor) primero en velocidad (o energía cinética) y después en energía de presión. (ACUÑA, 2015)

- Existen bombas centrifugas de una y varias etapas. En las bombas de una etapa se pueden alcanzar presiones de hasta 5 atm, en las de varias etapas se pueden alcanzar hasta 25 atm de presión, dependiendo del número de etapas.
- Las bombas centrifugas sirven para el transporte de líquidos que contengan sólidos en suspensión, pero poco viscosos.
- Su caudal es constante y elevado, tienen bajo mantenimiento.
- Este tipo de bombas presentan un rendimiento elevado para un intervalo pequeño de caudal, pero su rendimiento es bajo cuando transportan líquidos viscosos.
- Este tipo de bombas son las usadas en la industria química, siempre que no se manejen fluidos muy viscosos.
- Estas bombas son adecuadas para bombear agua limpia, sin sólidos abrasivos (ACUÑA, 2015).

2.4 Sistema integral del mantenimiento.

2.4.1 *Definición, objetivos y tipos de mantenimiento para la planta.* “Mantenimiento es el conjunto de medidas o acciones necesarias para asegurar el normal funcionamiento de una planta, maquinaria o equipo, a fin de conservar el servicio para el cual han sido diseñadas dentro de su vida útil estimada”.

Los principales objetivos del servicio de mantenimiento son:

- Reducir al mínimo los costos debido a las paradas por averías accidentales (de la maquinaria o equipos) que conlleven a pérdidas de producción; teniendo también en cuenta lógicamente, los costos de mantenimiento correspondientes. (ARIAS, 2004)
- Limitar la degradación de la maquinaria a fin de evitar una manufactura de productos defectuosos o de rechazos. (ARIAS, 2004)
- Asesorar en el desarrollo e implementación de mejoras en el diseño de maquinarias y equipo; con el propósito de disminuir la probabilidad de averías, y de idear métodos más fáciles de reparación y alargamiento del ciclo de vida de la maquinaria y equipo en cuestión. (ARIAS, 2004)
- Planeación, desarrollo y ejecución de las políticas y los programas de mantenimiento para los equipos de la planta de prefabricados.
- Asesoría en selección y compra de equipos para reposición.

El mantenimiento puede ser dividido en los siguientes grupos:

- *Mantenimiento Autónomo.* Es una de las etapas de la preparación de las condiciones de implantación del TPM por parte del comité de implantación. Posteriormente en la etapa de implantación, en la formación del personal en la metodología del TPM es una actividad importante. (ALADON, 1991)
- *Mantenimiento Predictivo o basado en la condición.* Consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición. Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial) (ALADON, 1991)
- *Mantenimiento Preventivo o basado en el tiempo.* Consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos de tiempo establecidos por diseño en un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.
- *Mantenimiento Detectivo o búsqueda de fallas.* Consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y eliminarlas en caso de falla (falla funcional). (ALADON, 1991)
- *Mantenimiento Correctivo o a la rotura.* Consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la

falla (falla funcional), cuando esta ocurre de urgencia o emergencia. Se lo considera Reparación.

- *Mantenimiento Mejorado o de rediseños.* Consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación (ALADON, 1991).

2.4.2 *Categorización de maquinaria o equipos.* De acuerdo a (ZAMORA, y otros, 1984) se consideran 4 aspectos selectivos y 7 parámetros directivos para la categorización de la maquina o equipos.

Las categorías pueden ser:

- Categoría (A)
- Categoría (B)
- Categoría (C)

2.4.3 *Políticas de mantenimiento acorde con la categoría del equipo o máquina.*

2.4.3.1 *Para la categoría (A).* Lograr la máxima disponibilidad de la maquina o equipos, para lo cual se recomienda realizar lo siguiente:

- **Mantenimiento Predictivo.** Utilización de técnicas de ultrasonido, vibraciones, termografía, análisis de aceites, etc., sin escatimar costos.
- **Mantenimiento Preventivo.** Emplea un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- **Mantenimiento Correctivo.** En el caso de reparaciones imprevistas.

2.4.3.2 *Para la categoría (B).* Reducir los costos de mantenimiento sin que ello perjudique la disponibilidad de los equipos o maquinaria, para lo cual se recomienda realizar lo siguiente:

- **Mantenimiento Predictivo.** Usarlo en casos necesarios.
- **Mantenimiento Preventivo.** Emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- **Mantenimiento Correctivo.** En el caso de reparaciones imprevistas.

2.4.3.3 *Para la categoría (C)*. Disminuir los costos de mantenimiento, para lo cual recomendamos lo siguiente:

- Mantenimiento predictivo. Casi cero.
- Mantenimiento preventivo. Emplear un sistema de mantenimiento preventivo planificado.
- Mantenimiento correctivo. En el caso de reparaciones imprevistas.

Un programa de mantenimiento preventivo puede incluir otros sistemas de mantenimiento y pueden ser considerados todos en conjunto como un programa de mantenimiento preventivo (ZAMORA, y otros, 1984).

2.4.4 *Objetivos del mantenimiento*. De acuerdo a (NAVARRETE, 1989) los objetivos son:

- Reducir las paradas imprevistas del equipo.
- Conserva la capacidad de trabajo de las máquinas.
- Contribuir al aumento de la productividad del trabajo.
- Lograr que las máquinas funcionen ininterrumpidamente, a la máxima eficiencia con desgaste mínimo prolongando al máximo su vida útil.
- Conservar en perfecto estado de funcionamiento los medios de producción con un costo mínimo.
- Elevar el nivel de utilización de las capacidades de producción.
- Aumentada disponibilidad técnica a un costo razonable.
- Conservar o restituir a los equipos, máquinas e instalaciones el estado técnico que le permita su función productiva de servicios.

2.4.5 *Ventajas y desventajas del mantenimiento*. Entre las ventajas encontramos:

De a (NAVARRETE, 1989) las desventajas son:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.

- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto, sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

Entre las desventajas encontramos:

- Cambios innecesarios.
- Problemas iniciales de operación.
- Costo en inventarios.
- Mano de obra.

2.4.6 *Costos del mantenimiento.* Un aspecto muy importante a tener en cuenta a la hora de implantar un Mantenimiento industrial es el control del costo. Inicialmente puede parecer que este tipo de mantenimiento es muy costoso, que sin duda lo es, pero no debemos quedarnos en este dato cuantitativo fijándonos solo en los costes de repuestos, mano de obra o puramente administrativos que conlleva esta técnica (NAVARRETE, 1989)

La implantación de un mantenimiento industrial se defiende comparando los costes derivados de este tipo de mantenimiento con los costes ahorrados con la eliminación de paros de producción, mala calidad o aumento de la seguridad del proceso (NAVARRETE, 1989).

2.4.7 *Implementación de un sistema de mantenimiento.* En la implementación de un sistema de mantenimiento se hace necesario seguir los siguientes pasos, aunque estos pueden tener variaciones dependiendo de cómo este estructurada su organización, de sus políticas y otros factores, pero todas las opciones se pueden manejar en un momento determinado.

2.4.7.1 *Determine las metas y objetivos.* El primer paso para desarrollar un programa de mantenimiento es determinar exactamente qué es lo que se quiere obtener. Usualmente el mejor inicio es trabajar sobre una base limitada y expandirse después de obtener algunos resultados positivos.

2.4.7.2 *Establecer los requerimientos para el mantenimiento.* Decidir qué tan extenso pueda ser el mantenimiento. Qué debe de incluir y dónde debe de iniciar:

- *Maquinaria y equipo a incluir.* La mejor forma de iniciar esta actividad es determinar cuál es la maquinaria y equipo más crítico en la planta.
- *Áreas de operación a incluir.* De acuerdo a (AILLÓN, y otros, 2016), puede ser mejor, seleccionar un departamento o sección de la planta para facilitar el inicio; ésta aproximación permite que concentre sus esfuerzos y más fácilmente realice mediciones del progreso. Es mucho mejor el expandir el programa una vez que probó que se obtienen resultados.
- *Decidir si se van a incluir disciplinas adicionales al sistema de mantenimiento.* De acuerdo a (AILLÓN, y otros, 2016), se debe determinar si implementará rutas de lubricación, realizar inspecciones y hacer ajustes y/o calibraciones, o cambiar partes en base a frecuencia y o uso (mantenimiento preventivo tradicional). Inspecciones periódicas de monitoreo, y análisis de aceite (el cual es parte de un mantenimiento predictivo); lecturas de temperatura, presión, volumen (que es; la condición de monitoreo y forma parte de mantenimiento predictivo por operadores) o cualquier otro subsistema (NAVARRETE, 1989)

2.4.8 *Reunir y organizar los datos.* Esta puede ser una actividad bastante pesada independientemente de sí tiene implementado o no, un sistema completo.

Son diversos los elementos requeridos para ordenar e implementar un sistema de mantenimiento (NAVARRETE, 1989)

2.4.9 *Estado técnico de la maquinaria o equipos.* Es muy importante en el mantenimiento, conocer el estado técnico o condiciones actuales de la maquinaria para poder determinar las condiciones técnicas y funciones en las que se encuentran.

Se puede determinar a través de:

- Una revisión técnica de la maquinaria o equipos.
- Un inventario físico, en base al cual podemos establecer con qué maquinaria o equipos cuenta la empresa.
- Un registro permanente de su estado o condiciones generales, lo cual debería llevarse a manera de historial (BOULART, 1989).

2.4.10 *Tipos de servicios prestados en el sistema de mantenimiento.* De acuerdo a (BOULART, 1989) los tipos de servicios son:

- Servicio diario del equipo.
- Trabajos periódicos.
- Revisión.
- Reparación pequeña.
- Reparación mediada.
- Reparación general.
- Reparación imprevista.

2.4.10.1 *Servicio diario del equipo.* Su objetivo comprobar el estado del equipo, de los mecanismos de dirección, de los elementos de lubricación, así como comprobar el cumplimiento de las normas de trabajo.

Trabajos periódicos: No son más que trabajo que se realizan cada determinado tiempo y son desarrollados por los operadores. Entre estos tenemos:

- Limpieza de los equipos que trabajan en condiciones poco higiénicas: (motores eléctricos, bombas, transportadores, etc.)
- Cambio del aceite del sistema de lubricación del equipo. Este trabajo se realiza según un plan confeccionado con anterioridad.
- Comprobación de la precisión de las holguras y otros factores que se realiza siempre después de las reparaciones (BOULART, 1989).

2.4.10.2 *Revisión*. Se realiza entre una reparación y otra según el plan correspondiente al equipo. Su propósito es comprobar el estado de éste y determinar los preparativos que hay que hacer para la próxima reparación. Los trabajos que se pueden realizar durante una reparación son: De acuerdo a (AILLÓN, y otros, 2016)

- Comprobación de los mecanismos.
- Comprobación del funcionamiento del sistema de lubricación.
- Comprobación del calentamiento no excesivo de las partes giratorias del equipo.
- Comprobación de las holguras entre las uniones móviles y regulación de los mecanismos.
- En algunos casos la reparación se realiza con la separación parcial y limpieza de algunos mecanismos.

2.4.10.3 *Reparación pequeña*. Debido el mínimo volumen de trabajo que durante ella se realiza, es un tipo de reparación preventiva, es decir una reparación para poder predecir posibles defectos del equipo.

Mediante la misma, a partir de la sustitución o reparación de una pequeña cantidad de piezas y con la regulación de los mecanismos se garantiza la explotación normal del equipo hasta la siguiente reparación. Durante la misma se cambian o reparan aquellas piezas cuyo plazo de servicio es igual o menor al periodo de tiempo entre una reparación y la próxima (BOULART, 1989).

Durante la reparación pequeña al equipo no funciona y se realizan los siguientes trabajos: De acuerdo a (AILLÓN, y otros, 2016).

- Desmontaje parcial del equipo: desmontaje de dos o tres mecanismos.
- Limpieza del equipo: limpieza de los mecanismos desmontados.
- Desmontaje parcial: rectificación de las superficies de trabajo, de los cojinetes si éstos son de deslizamiento, ajuste y regulación de los mismos.
- Comprobación de la holgura entre árboles y cojinetes: sustitución de los continentes desgastados, regulación de los mismos.
- Sustitución de las ruedas detectadas con dientes rotos o reparación de las mismas si es posible.

- Sustitución de los elementos de fijación rotos o desgastados (chavetas, tornillos, tuercas, etc.).
- Sustitución de las tuercas desgastadas de los tornillos principales y reparación de la rosca de los mismos.
- Comprobación de los mecanismos de control corrección de los defectos localizados.
- Comprobación reparación de los sistemas de lubricación.
- Comprobación de ruido, vibraciones y calentamiento.

2.4.10.4 *Reparación mediana.* Durante ella el equipo se desmonta parcialmente y mediante la reparación o sustitución de piezas en mal estado se garantiza la precisión necesaria y potencia y del equipo hasta la próxima reparación planificada.

Durante la misma se sustituyen o reparan aquellas piezas cuyo plazo de servicio es igual o menor que el periodo de tiempo que media entre esta reparación y la próxima, o cuyo plazo de servicio es igual o menor que el periodo de tiempo que media entre dos reparaciones medianas. De acuerdo a (AILLÓN, y otros, 2016)

Durante la reparación mediana al equipo no funciona y se realizan los siguientes trabajos:

- Los previstos para una reparación pequeña.
- Desmontaje de los mecanismos.
- Comprobar las holguras y alineamiento.

2.4.10.5 *Reparación general.* Es la reparación planificada de máximo volumen de trabajo, durante la cual se realiza el desmontaje total del equipo, la sustitución o reparación de todas las piezas y todos los mecanismos desgastados, así como de la reparación de las piezas básicas del equipo (BOULART, 1989).

Mediante la reparación general se garantiza la fiabilidad, potencia y productividad del equipo. Durante la misma el equipo no trabaja y se realizan los siguientes trabajos:

- Los previstos para la reparación mediana.
- Desmontaje total del equipo.
- Reparación del sistema de lubricación y sistema hidráulico.
- Rectificación de todas las superficies.
- Comprobación corrección de los defectos del equipo.
- Comprobación de holguras y alineamiento.

2.4.10.6 *Reparación imprevista.* Este tipo de reparación como indica su nombre se efectúa cuando ocurre una avería.

La reparación que necesaria efectuar luego una avería depende de la magnitud de la misma y puede tener la extensión de una reparación pequeña, mediana o general y en casos especiales puede ser necesaria la reposición del equipo (BOULART, 1989).

2.4.11 *Causas posibles para el surgimiento de averías.* De acuerdo a (AILLÓN, y otros, 2016).

- Mala lubricación.
- Sobrecarga del equipo.
- Defecto de operación y tecnológicos.
- Ciclo de reparación inadecuado.
- Mala calidad de la reparación anterior.
- Caída o exceso de voltaje.
- Fallos en la red o sistema provocados por agentes químicos externos.

Las averías deben ser investigadas a los efectos de determinar las causas por las cuales fueron provocadas y tomar medidas encaminadas a evitar su repetición en el futuro.

2.4.12 *Documentos para el control del mantenimiento*

- *Fichas técnicas.* Documento que contiene la descripción de las características de un equipo o máquina de trabajo.
- *Ordenes de trabajo.* Las (OT) son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee.

- *Historial de averías.* Son fichas en los cuales se registra todo sobre los equipos o máquinas, las cuales se encuentran en una forma detallada (MOROCHO, 2006)

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

Tabla 1. Ficha de datos técnicos de la mezcladora.

Equipo: MEZCLADORA	
Marca: SIMEM	
Modelo: SUN 1500	
País de origen: Vía Rochi, 44-37046 MINERBE(Verona) Italia	
N° de serie: 2120243	
Código de planta: PH-MX	
Significado: PH: premezclado de hormigón; MX: Mezcladora	
	
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Matrícula: 2120243	
Año: 2010	
Peso: kg 6200	
Capacidad de carga: 1500 l, accionamiento manual	
Rendimiento vibrado: 1000 l, accionamiento manual	
Tiempo de mezclado: 30-90 s, accionamiento manual	
Tiempo de descarga: 20-30 s, accionamiento manual	
Sección máxima de los inertes: 40mm, accionamiento manual	
Motores de mezclado: 44 kW, accionamiento manual	
Grupos de mezclas centrales: 2 n, accionamiento manual	
Paletas de mezclados centrales: 2 +2 n, accionamiento manual	
Brazos laterales: 2 n, accionamiento manual	
Paletas laterales de rascado: 2 n, accionamiento manual	
Motor central hidráulica: 2.2 kW, accionamiento manual	
Motor cuchara de carga: 11 kW, accionamiento manual	
Velocidad subida/descenso: 21 m/min, accionamiento manual	
Capacidad cuchara de carga: 1500 l, accionamiento manual	
Peso con cuchara de carga: 5200 Kg, accionamiento manual	

Fuente: (Autores)

Tabla 2. Categorización de la mezcladora.

MEZCLADORA		Categoría			
		A	B	C	
ASPECTOS SELECTIVOS					
Intercambiabilidad	Irreemplazable	X			
	Reemplazable				
	Intercambiable				
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).	X			
	Limitante;(10%-50% prod.)				
	Convencional;(menos10% prod.)				
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo	X			
	Trabaja en un proceso seriado				
	Trabaja en un proceso alternado				
Nivel de utilización	Muy utilizada	X			
	Media utilizada				
	Poca utilizada				
PARÁMETROS DIRECTIVOS					
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta	X			
	Media				
	Baja				
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad				
	Máquina de Media complejidad				
	Máquina de simple complejidad			X	
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales				
	Máquina protegida	X			
	Máquina normal en condiciones severas				
Automatización	Automática	X			
	Semiautomática				
	Máquina totalmente mecánica				
Valor de la máquina	Alto valor	X			
	Medio valor				
	Bajo valor				
Facilidad de aprovisionamiento	Mala				
	Regular	X			
	Buena				
Seguridad operacional	Máquina peligrosa	X			
	Máquina de peligrosidad media				
	Máquina poco peligrosa				
CONCLUSIÓN: Equipo Crítico		Total	10	0	1

Fuente: (Autores)

Tabla 3. Ficha de datos técnicos del moto vibrador.

Equipo: MOTO VIBRADOR
Marca: ITALVIBRAS GIORGIOSILINGARDI S.A
Modelo: MVSI 3/200-S02
País de origen: Italia
N° de serie: 100822695
Código de planta: PH-MX-BC-VI-01
Significado: PH: Premezclado de hormigón; MX: Mezcladora; BC: Báscula de cemento; VI: Moto vibrador; 01: Número de máquina

<p>CARACTERÍSTICAS GENERALES</p> <p>Protección mecánica: IP 66</p> <p>Protección contra impactos: IK 08</p> <p>Temperatura: 120°C</p> <p>Frecuencia: 60 Hz</p> <p>Velocidad: 3600 RPM</p> <p>Fuerza: 2.14 kN</p> <p>Voltaje: 230/460 V</p> <p>Intensidad: 0,6/0,3 A</p> <p>Potencia: 3 kW</p> <p>Factor de potencia: $\text{Cos } \phi$ 0,77</p> <p>Temperatura ambiente máxima: 40° C</p>

Fuente: (Autores)

Tabla 4. Categorización del moto vibrador

MOTO VIBRADOR		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable			
	Reemplazable			
	Intercambiable			X
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).			
	Limitante; (10%-50% prod.)			
	Convencional;(menos10% prod.)			X
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo			
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado			X
Nivel de utilización	Muy utilizada			
	Media utilizada			
	Poca utilizada			X
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta			
	Media			
	Baja			X
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			X
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida			
	Máquina normal en condiciones severas			X
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor			
	Medio valor		X	
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		1	2	8
CONCLUSIÓN: Equipo No Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 5. Ficha de datos técnicos de tolva de descarga.

Equipo: TOLVA DE DESCARGA
Marca: SIMEM
Modelo:
País de origen: ITALIA
N° de serie:
Código de planta: PH-MX-TD-01
Significado: PH: Premezclado de hormigón; MX: Mezcladora; TD: Tolva de descarga; 01: Número de máquina

<p style="text-align: center;">CARACTERÍSTICAS GENERALES</p> <p>Capacidad máxima: 1m³</p>

Fuente: (Autores)

Tabla 6. Categorización de tolva de descarga.

TOLVA DE DESCARGA		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable	X		
	Reemplazable			
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod.)			
	Limitante;(10%-50% prod.)		X	
	Convencional;(menos 10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo			
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado			X
Nivel de utilización	Muy utilizada	X		
	Media utilizada			
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta			
	Media		X	
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad		X	
	Máquina de simple complejidad			
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida		X	
	Máquina normal en condiciones severas			
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor	X		
	Medio valor			
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		4	5	2
CONCLUSIÓN: Equipo Semi Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 7. Ficha de datos técnicos del moto vibrador.

Equipo: MOTO VIBRADOR	
Marca: ITALVIBRAS GIORGIOSILINGARDI S.A	
Modelo: MVSI 3/200-S02	
País de origen: Italia	
N° de serie: 100822708	
Código de planta: PH-MX-TD-VI-01	
Significado: PH: Premezclado de hormigón; MX: Mezcladora; TD: Tolva de descarga; VI: Moto vibrador; 01: Número de maquina	
	
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Protección mecánica: IP 66	
Protección contra impactos: IK 08	
Temperatura: 120°C	
Frecuencia: 60 Hz	
Velocidad: 3600 RPM	
Fuerza: 2.14 kN	
Voltaje: 230/460 V	
Intensidad: 0,6/0,3 A	
Potencia: 3 kW	
Factor de potencia: Cos ϕ 0,77	
Temperatura ambiente máxima: 40° C	

Fuente: (Autores)

Tabla 8. Categorización del moto vibrador.

MOTO VIBRADOR		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable			
	Reemplazable			
	Intercambiable			X
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).			
	Limitante; (10%-50% prod.)			
	Convencional;(menos10% prod.)			X
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo			
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado			X
Nivel de utilización	Muy utilizada			
	Media utilizada			
	Poca utilizada			X
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta			
	Media			
	Baja			X
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			X
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida			
	Máquina normal en condiciones severas			X
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor			
	Medio valor		X	
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		1	2	8
CONCLUSIÓN: Equipo No Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 9. Ficha de datos técnicos del moto vibrador.

Equipo: MOTO VIBRADOR
Marca: ITALVIBRAS GIORGIOSILINGARDI S.A
Modelo: MVSI 3/200-S02
País de origen: Italia
N° de serie: 100822695
Código de planta: PH-MX-SM-VI-01
Significado: PH: Premezclado de hormigón; MX: Mezcladora; SM: Salida de mezcladora; VI: Moto vibrador; 01: Número de máquina

CARACTERÍSTICAS GENERALES
Protección mecánica: IP 66
Protección contra impactos: IK 08
Temperatura: 120°C
Frecuencia: 60 Hz
Velocidad: 3600 RPM
Fuerza: 2.14 kN
Voltaje: 230/460 V
Intensidad: 0,6/0,3 A
Potencia: 3 kW
Factor de potencia: $\cos \phi$ 0,77
Temperatura ambiente máxima: 40° C

Fuente: (Autores)

Tabla 10. Categorización del moto vibrador.

MOTO VIBRADOR		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable			
	Reemplazable			
	Intercambiable			X
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).			
	Limitante; (10%-50% prod.)			
	Convencional;(menos 10% prod.)			X
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo			
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado			X
Nivel de utilización	Muy utilizada			
	Media utilizada			
	Poca utilizada			X
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta			
	Media			
	Baja			X
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			X
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida			
	Máquina normal en condiciones severas			X
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor			
	Medio valor		X	
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		1	2	8
CONCLUSIÓN: Equipo No Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 11. Ficha de datos técnicos del motor principal de la mezcladora.

Equipo: MOTOR PRINCIPAL MEZCLADORA
Marca: SIEMENS
Modelo: 1LA5 220-4YA86
País de origen: ALEMANIA
N° de serie: 80420
Código de planta: PH-MX-MP-01
Significado: PH: Premezclado de hormigón; MX: Mezcladora; MP: Motor eléctrico principal; 01: Número de máquina
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
CARACTERÍSTICAS GENERALES
Índice de Protección Mecánica (IP): 55
Clase de Aislamiento(ICL): F
FRECUENCIA: 60 Hz
Voltaje: 220/440 V (Δ)
Potencia: 60 Hp
Corriente: 146.0/73.0 A
Factor de Potencia: $\cos \phi$ 0,84
Peso: 237 Kg
Temperatura: 15/40 °C
Rendimiento: 95,8
Velocidad: 1776 RPM

Fuente: (Autores)

Tabla 12. Categorización del motor principal de la mezcladora.

MOTOR PRINCIPAL		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable	X		
	Reemplazable			
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).	X		
	Limitante;(10%-50% prod.)			
	Convencional;(menos 10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo	X		
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado			
Nivel de utilización	Muy utilizada	X		
	Media utilizada			
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta	X		
	Media			
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad	X		
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales	X		
	Máquina protegida			
	Máquina normal en condiciones severas			
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor	X		
	Medio valor			
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		9	1	1
CONCLUSIÓN: Equipo Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 13. Ficha de datos técnicos de centralina hidráulica de mezcladora.

Equipo: CENTRALINA HIDRÁULICA DE MEZCLADORA
Marca: SIMEM
Modelo:
País de origen: ITALIA
N° de serie:
Código de planta: PH-MX-CH-01
Significado: PH: Premezclado de hormigón; MX: Mezcladora; CH: Centralina hidráulica; 01: Número de máquina



CARACTERÍSTICAS GENERALES

Aceites recomendados

AGIP OSO 32

AGIP Arnica 32

Castrol Hyspin AWS 32

ESSO Nuto H 32

MOBIL DTE 24

SHELL Tellus 32

CHEVRON EP Hydraulic oil 32

TOTAL Azolla ZS 32

Fuente: (Autores)

Tabla 14. Categorización de central hidráulica de mezcladora.

CENTRALINA HIDRAULICA DE MEZCLADORA		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable			
	Reemplazable		X	
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod.)			
	Limitante;(10%-50% prod.)		X	
	Convencional;(menos10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo			
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado			X
Nivel de utilización	Muy utilizada			
	Media utilizada		X	
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta			
	Media		X	
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad		X	
	Máquina de simple complejidad			
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida		X	
	Máquina normal en condiciones severas			
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor			
	Medio valor		X	
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		1	8	2
CONCLUSIÓN: Equipo Semi Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 15. Ficha de datos técnicos de motor de centralina hidráulica.

Equipo: MOTOR DE CENTRALINA HIDRÁULICA
Marca: M2AA100LA-S
Modelo: 3GAA102001BSE
País de origen: ITALIA
N° de serie: 018324
Código de planta: PM-MX-CH-MT-01
Significado: PM: Premezclado de hormigón; MX: Mezcladora; CH: Centralina hidráulica; MT: Motor eléctrico; 01: Número de máquina

CARACTERÍSTICAS GENERALES
Índice de Protección Mecánica (IP): 55
FRECUENCIA: 50 Hz
Voltaje: 220-240 V (Δ), Potencia: 8,5 kW, Corriente: 2,2 A, Factor de Potencia: $\cos \phi$ 0,81
Voltaje: 380-420 V (Y), Potencia: kW 4,9 kW, Corriente: 2,2 A, Factor de Potencia: $\cos \phi$ 0,81
Velocidad: 1430 RPM (Δ)
Velocidad: 1430 RPM (Y)
FRECUENCIA: 60 Hz
Voltaje: 250-280 V (Δ), Potencia: 8,5 kW, Corriente: 2,5 A, Factor de Potencia: $\cos \phi$ 0,79
Voltaje: 440-480V (Y), Potencia: 4,9 kW, Corriente: 2,5 A, Factor de Potencia: $\cos \phi$ 0,79
Velocidad: 1720 RPM (Δ)
Velocidad: 1720 RPM (Y)

Fuente: (Autores)

Tabla 16. Categorización de motor de centralina hidráulica.

MOTOR DE CENTRALINA HIDRÁULICA		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable			
	Reemplazable		X	
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod.)			
	Limitante;(10%-50% prod.)		X	
	Convencional;(menos10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo			
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado		X	
Nivel de utilización	Muy utilizada			
	Media utilizada		X	
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta			
	Media		X	
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			X
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida		X	
	Máquina normal en condiciones severas			
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor			
	Medio valor		X	
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular			
	Buena			X
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		1	7	3
CONCLUSIÓN: Equipo Semi Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 17. Ficha de datos técnicos de electro válvula agua.

Equipo: ELECTRO VÁLVULA AGUA
Marca: FESTO
Modelo:
País de origen: ALEMANIA
N° de serie:
Código de planta: PM-MX-SA-EV-01
Significado: PM: Premezclado de hormigón; MX: Mezcladora; SA: Sistema de agua; EV: Electro válvula; 01: Número de máquina

<p>CARACTERÍSTICAS GENERALES</p> <p>Construcción: DIN/ISO 5211 DIN3337</p> <p>Temperatura de trabajo: 5-80° C</p> <p>Angulo de rotación: 90°</p> <p>Caudal: 600- 3000 l/min</p> <p>Presión de funcionamiento: 16 Bar</p> <p>Torque: 8-3840 Nm</p> <p>Tipo de bobina compatible: FESTO MSFG 24/42</p> <p>Conexión neumática: Según NAMUR</p>

Fuente: (Autores)

Tabla 18. Categorización de electro válvula de agua.

ELECTRO VÁLVULA DE AGUA		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable			
	Reemplazable		X	
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).			
	Limitante;(10%-50% prod.)		X	
	Convencional;(menos 10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo			
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado		X	
Nivel de utilización	Muy utilizada			
	Media utilizada		X	
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta			
	Media		X	
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			X
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida		X	
	Máquina normal en condiciones severas			
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor			
	Medio valor		X	
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		1	8	2
CONCLUSIÓN: Equipo Semi Crítico				

Fuente: (Autores).

Tabla 19. Ficha de datos técnicos de banda transportadora.

Equipo: BANDA TRASPORTADORA
Marca: SIMEM
Modelo:
País de origen: Italia
N° de serie:
Código de planta: PH-BTA-BT-01
Significado: PH: premezclado de hormigón; BTA: Banda transportadora y agregados; BT: Banda transportadora; 01: Número de maquina

<p>CARACTERÍSTICAS GENERALES</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Capacidad: 130 m³/h</p> <p>Longitud total: 27,60 m</p> <p>Espesor: 0,01 m</p> <p>Ancho: 0,79 m</p> <p>Nivel sonoro: Mayor a 70 dB</p>

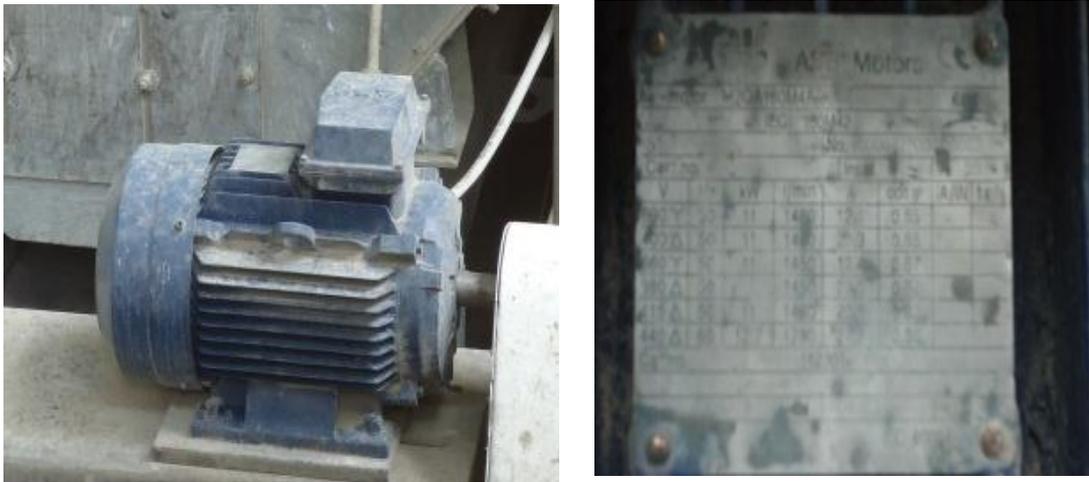
Fuente: (Autores)

Tabla 20. Categorización de banda transportadora.

BANDA TRANSPORTADORA		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable	X		
	Reemplazable			
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).	X		
	Limitante;(10%-50% prod.)			
	Convencional;(menos 10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo	X		
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado			
Nivel de utilización	Muy utilizada	X		
	Media utilizada			
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta			
	Media		X	
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad		X	
	Máquina de simple complejidad			
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales	X		
	Máquina protegida			
	Máquina normal en condiciones severas			
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor	X		
	Medio valor			
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		7	3	1
CONCLUSIÓN: Equipo Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 21. Ficha de datos técnicos de motor de banda transportadora.

Equipo: MOTOR DE BANDA TRANSPORTADORA
Marca: ABB Motors
Modelo: M20A160M4A
País de origen: Italia
N° de serie: 5,00077E+14
Código de planta: PH-BTA-MT-01
Significado: PH: Premezclado de hormigón; BTA: Banda transportadora y agregados; MT: Motor Eléctrico; 01: Número de Máquina

<p>CARACTERÍSTICAS GENERALES</p> <p>FRECUENCIA: 50 Hz</p> <p>Voltaje: 400/380 V (Δ), Potencia: 11 kW, Corriente: 20.9/21.5 A, Factor de Potencia: $\cos \phi$ 0,85 / 0,87</p> <p>Voltaje : 690/660 V (Y), Potencia: 11 kW, Corriente: 12.1/12.4 A, Factor de Potencia: $\cos \phi$ 0,85 / 0,88</p> <p>Voltaje : 415 V (Δ), Potencia: 11 kW, Corriente: 20,5 A</p> <p>Velocidad: 1460/1450 RPM (Δ)</p> <p>Velocidad: 1460/1450 RPM (Y)</p> <p>FRECUENCIA: Hz 60</p> <p>Voltaje: 440 V, Potencia: 12,7 kW, Corriente: 21,7 A (Δ), Factor de Potencia: $\cos \phi$ 0,80</p> <p>Velocidad: 1750 RPM</p> <p>Índice de Protección Mecánica (IP): 55</p> <p>Clase de Aislamiento(ICL): F</p>

Fuente: (Autores)

Tabla 22. Categorización de motor de banda transportadora.

MOTOR DE BANDA TRANSPORTADORA		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable			
	Reemplazable		X	
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod.)	X		
	Limitante;(10%-50% prod.)			
	Convencional;(menos10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo	X		
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado			
Nivel de utilización	Muy utilizada	X		
	Media utilizada			
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta	X		
	Media			
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			X
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida		X	
	Máquina normal en condiciones severas			
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor	X		
	Medio valor			
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		6	3	2
CONCLUSIÓN: Equipo Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 23. Ficha de datos técnicos de tolva dosificadora de agregados.

Equipo: TOLVA DOSIFICADORA DE AGREGADOS
Marca: SIMEM
Modelo:
País de origen: ITALIA
N° de serie:
Código de planta: PH-BTA-TA-01
Significado: PH: Premezclado de Hormigón; BTA: Banda transportadora y agregados; TA: tolva dosificadora de agregados; 01: Número de máquina

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Fuente: (Autores)

Tabla 24. Categorización de tolva dosificadora.

TOLVA DOSIFICADORA DE AGREGADOS		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable			
	Reemplazable		X	
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod.)			
	Limitante;(10%-50% prod.)		X	
	Convencional;(menos10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo			
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado			X
Nivel de utilización	Muy utilizada			
	Media utilizada		X	
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta			
	Media		X	
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			X
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida			
	Máquina normal en condiciones severas			X
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor			
	Medio valor		X	
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		1	6	4
CONCLUSIÓN: Equipo Semi Crítico				

Fuente: (Autores).

Tabla 25. Ficha de datos técnicos de motor principal de skip.

Equipo: MOTOR PRINCIPAL SKIP
Marca: M.G.M (motori elettrici S.P.A)
Modelo: 3~ M
País de origen: ITALIA
N° de serie: 0983731
Código de planta: PH-SK-MT-01
Significado: PH: Premezclado de hormigón; SK: Skip; MT: Motor eléctrico; 01: Número de máquina



CARACTERÍSTICAS GENERALES

Índice de Protección Mecánica(IP): 54

Clase de Aislamiento: (ICL): F

FRECUENCIA: 50 Hz

Voltaje: 400 V (Δ); 890 V (Y)

Potencia: 11 kW

Corriente: 21 A (Δ)

Factor de Potencia: COS ϕ 0,85

Velocidad: 1460 RPM

FRECUENCIA: 60 Hz

Voltaje : 480 V (Δ), 830 V (Y)

Potencia: 13 kW

Corriente: 21 A (Δ)

Factor de Potencia: COS ϕ 0,85

Velocidad: 1750 RPM

Fuente: (Autores)

Tabla 26. Categorización de motor principal de skip.

MOTOR PRINCIPAL SKIP		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable	X		
	Reemplazable			
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).			
	Limitante;(10%-50% prod.)		X	
	Convencional;(menos 10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo	X		
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado			
Nivel de utilización	Muy utilizada	X		
	Media utilizada			
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta	X		
	Media			
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad		X	
	Máquina de simple complejidad			
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales	X		
	Máquina protegida			
	Máquina normal en condiciones severas			
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor			
	Medio valor		X	
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		6	4	1
CONCLUSIÓN: Equipo Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 27. Ficha de datos técnicos de silo de cemento.

Equipo: SILO DE CEMENTO
Marca: SIMEN
Modelo: 3600
País de origen: ITALIA
N° de serie:
Código de planta: PH-SC-01
Significado: PH: Premezclado de hormigón; SC: Silo de cemento; 01: Número de máquina

<p>CARACTERÍSTICAS GENERALES</p> <p>Tipo: SCL / 115</p> <p>Volumen: 115 m³</p> <p>Número de rings: 3x3000 / 1x1500</p> <p>Altura (H): 14400 mm</p> <p>Diámetro: 115 mm</p> <p>Espesor: 4 mm</p>

Fuente: (Autores)

Tabla 28. Categorización de silo de cemento.

SILO DE CEMENTO		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable	X		
	Reemplazable			
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).	X		
	Limitante;(10%-50% prod.)			
	Convencional;(menos 10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo			
	Trabaja en un proceso seriado		X	
	Trabaja en un proceso alternado			
Nivel de utilización	Muy utilizada	X		
	Media utilizada			
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta			
	Media		X	
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			X
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida			
	Máquina normal en condiciones severas			X
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor	X		
	Medio valor			
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		5	3	3
CONCLUSIÓN: Equipo Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 29. Ficha de datos técnicos de motor de tornillo sin fin.

Equipo: MOTOR DE TORNILLO SIN FIN
Marca: ABB MOTORS
Modelo: M2QA160M4A
País de origen: SUIZA
N° de serie: 500048420029004
Código de planta: PH-SC-MT-01
Significado: PH: Premezclado de hormigón SC: Silo de cemento; MT: Motor eléctrico; 01: Número de máquina



CARACTERÍSTICAS GENERALES

Índice de Protección Mecánica(IP): 54

Clase de Aislamiento: (ICL): F

FRECUENCIA: 50 Hz

Voltaje: 400 V (Δ); 11 kW; 1460 RPM; 20,87 A; COS φ 0,85

Voltaje: 690 V (Y); 11 kW; 1460 RPM; 12,10 A; COS φ 0,85

Voltaje: 660 V (Y); 11 kW; 1455 RPM; 12,36 A; COS φ 0,87

Voltaje: 380 V (Δ); 11 kW; 1455 RPM; 21,46 A; COS φ 0,87

Voltaje: 415 V (Δ); 11 kW; 1465 RPM; 20,60 A; COS φ 0,83

FRECUENCIA: 60 Hz

Voltaje: 440 V (Δ); 12,5 kW; 1755 RPM; 21,06 A; COS φ 0,87

Fuente: (Autores)

Tabla 30. Categorización de motor tornillo sin fin.

MOTOR DE TORNILLO SIN FÍN		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable	X		
	Reemplazable			
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).	X		
	Limitante;(10%-50% prod.)			
	Convencional;(menos 10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo			
	Trabaja en un proceso seriado		X	
	Trabaja en un proceso alternado			
Nivel de utilización	Muy utilizada	X		
	Media utilizada			
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta	X		
	Media			
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad	X		
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida		X	
	Máquina normal en condiciones severas			
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor			
	Medio valor		X	
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular		X	
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		6	4	1
CONCLUSIÓN: Equipo Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 31. Ficha de datos técnicos de tornillo sin fin.

Equipo: TORNILLO SIN FÍN
Marca: SIMEN
Modelo:
País de origen: ITALIA
N° de serie:
Código de planta: PH-SC-TS-01
Significado: PH: Premezclado de hormigón; SC: Silo de cemento; TS: Tornillo sin fin; 01: Número de máquina

<p>CARACTERÍSTICAS GENERALES</p> <p>Inclinación: 0-90°</p> <p>Longitud: 6 m</p> <p>Capacidad: 5-100 m³ / h</p>

Fuente: (Autores)

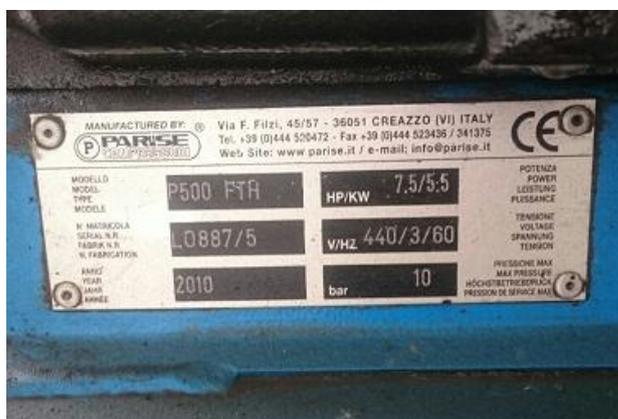
Tabla 32. Categorización de tornillo sinfín.

TORNILLO SINFIN		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable	X		
	Reemplazable			
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).	X		
	Limitante;(10%-50% prod.)			
	Convencional;(menos 10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo			
	Trabaja en un proceso seriado		X	
	Trabaja en un proceso alternado			
Nivel de utilización	Muy utilizada	X		
	Media utilizada			
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta			
	Media		X	
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			X
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida			
	Máquina normal en condiciones severas			X
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor			
	Medio valor		X	
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala	X		
	Regular			
	Buena			
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		5	3	3
CONCLUSIÓN: Equipo Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 33. Ficha de datos técnicos de compresor de pistón.

Equipo: COMPRESOR DE PISTÓN
Marca: PARISE
Modelo: P500 FTH
País de origen: ITALIA
N° de serie: L0887/5
Código de planta: PH-CM-01
Significado: PH: Premezclado de hormigón; CM: Compresor; 01: Número de máquina



CARACTERÍSTICAS GENERALES

Potencia total :7,5 HP

Potencia total: 5.5 kW

Voltaje: 440/3/60 V/ Hz

Presión máxima de servicio: 10 bar

Índice de Protección Mecánica (IP): 55

Clase de Aislamiento(ICL): ΔT (F(B))

Velocidad: 2900/3480 RPM

Factor de Potencia: COS φ 0,85

Fuente: (Autores)

Tabla 34. Categorización de compresor de pistón.

COMPRESOR DE PISTÓN		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable			
	Reemplazable		X	
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).			
	Limitante;(10%-50% prod.)		X	
	Convencional;(menos 10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo			
	Trabaja en un proceso seriado		X	
	Trabaja en un proceso alternado			
Nivel de utilización	Muy utilizada			
	Media utilizada		X	
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta			
	Media		X	
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			X
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida			
	Máquina normal en condiciones severas			X
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor			
	Medio valor		X	
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular			
	Buena			X
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		1	6	3
CONCLUSIÓN: Equipo Semi Crítico				

Fuente: (Autores)

Tabla 35. Ficha de datos técnicos de bomba de agua.

Equipo: BOMBA DE AGUA
Marca: PEDROLLO
Modelo: FG 2-32/200C
País de origen: ITALIA
N° de serie:
Código de planta: PH-BA-01
Significado: PH: Premezclado de hormigón; BA: Bomba de agua; 01: Número de máquina

CARACTERÍSTICAS GENERALES
Motor acoplado: 4kw, 5,5 HP
Velocidad: 3450 RPM
Caudal: 6-27 m ³ /h
Altura: 33-44 m
Temperatura del líquido: 10-90°C
Frecuencia: 60 Hz
Norma de seguridad: EN 733
Presión máxima de trabajo: 10 bar

Fuente: (Autores)

Tabla 36. Categorización bomba de agua.

BOMBA DE AGUA		Categoría		
		A	B	C
ASPECTOS SELECTIVOS				
Intercambiabilidad	Irreemplazable			
	Reemplazable		X	
	Intercambiable			
Importancia productiva	Imprescindible;(más 50% prod).	X		
	Limitante;(10%-50% prod.)			
	Convencional;(menos 10% prod.)			
Régimen de operación	Trabaja en proceso continuo	X		
	Trabaja en un proceso seriado			
	Trabaja en un proceso alternado			
Nivel de utilización	Muy utilizada	X		
	Media utilizada			
	Poca utilizada			
PARÁMETROS DIRECTIVOS				
Parámetro principal de la máquina (precisión)	Alta	X		
	Media			
	Baja			
Mantenibilidad	Máquina de alta complejidad			
	Máquina de media complejidad			
	Máquina de simple complejidad			X
Conservabilidad	Máquina en condiciones especiales			
	Máquina protegida			
	Máquina normal en condiciones severas			X
Automatización	Automática	X		
	Semiautomática			
	Máquina totalmente mecánica			
Valor de la máquina	Alto valor			
	Medio valor		X	
	Bajo valor			
Facilidad de aprovisionamiento	Mala			
	Regular			
	Buena			X
Seguridad operacional	Máquina peligrosa			
	Máquina de peligrosidad media			
	Máquina poco peligrosa			X
Total		5	2	3
CONCLUSIÓN: Equipo Crítico				

Fuente: (Autores)

CAPÍTULO IV

4. REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA DE LA CENTRAL DE HORMIGONADO

4.1 Sistema actual.

La situación actual que presenta PREFA de la EPCE, en especial el sistema de hormigonado es la falta de control en cuanto a la cantidad de agua suministrada a las distintas recetas en la producción de los diferentes prefabricados, tales como losas alveolares, paneles macizos y durmientes de hormigón.

Para análisis de esta problemática es necesario identificar los elementos que conforman el sistema de inyección de agua de la central de hormigonado.

4.2 Componentes del sistema de agua.

El circuito de agua se inicia en un depósito de 150 m³ de capacidad, a partir de este punto encontramos varios componentes que serán los encargados de suministrar el agua para la producción de hormigón o bien a la tubería para el llenado de los depósitos que tienen las cubas hormigoneras.

A continuación, se presenta un soporte fotográfico realizado al sistema de agua de la planta de prefabricado de EPCE ante los elementos principales que conforman el sistema.

Figura 9. Bomba de agua



Fuente: (Autores)

Figura 10. Conjunto válvula mariposa con actuador, electroválvula y bobina



Fuente: (Autores)

Figura 11. Distribuidor de agua



Fuente: (Autores)

Figura 12. Válvulas: anti retorno de 2 pulgadas



Fuente: (Autores)

Figura 13. Válvula de bola de 1 pulgada.



Fuente: (Autores)

4.3 Productos y recetas.

La planta de prefabricados actualmente elabora tres productos:

- Durmientes de hormigón.
- Losas alveolares
- Paneles macizos o aligerados

Cada uno de los productos tiene su respectiva receta, la cual indica las cantidades de los diferentes materiales, como se muestra a continuación:

Tabla 37. Recetas de hormigón.

Recetas					
Producto	Ripio	Arena	Cemento	Aditivo	Agua
Durmientes	900 kg	800 kg	450 kg	3 kg	230 L
Losas	1000 kg	960 kg	430 kg	2,8 kg	250 L
Paneles	900 kg	850 kg	450 kg	3,65 kg	210 L

Fuente: (Autores)

4.4 Problema del sistema de agua.

Desde el año de creación de la empresa en el 2007, la planta produce durmientes de hormigón para la rehabilitación de la línea del ferrocarril en el Ecuador, al año 2014 la planta invierte en tecnología de punta para la producción de nuevos elementos prefabricados.

Con la nueva maquinaria se presentaron nuevas necesidades, entre ellas el control automático del sistema de inyección agua de la central de hormigonado, siendo este sistema el problema detectado en el presente estudio realizado.

Al mejorar el sistema de expulsión de agua en base a un sistema automático, se tendrá un efecto directo en la dosificación a cada una de las recetas de hormigón de los elementos prefabricados, Para lo cual se tomará en cuenta que en la central de hormigonado se encuentran componentes en base a un conjunto de sistemas automáticos obteniéndose una estrategia de utilizar algunos de ellos, con el objetivo de conseguir la mejora del control automático del sistema. De ahí se presenta el soporte fotográfico del sistema de control de variables al proceso de pesos del cemento, aditivos y agregados.

Figura 14. Consola central



Fuente: (Autores)

El sistema de agua actualmente instalado, consta de actuadores y electroválvulas que simplemente permiten el paso del agua hacia las duchas que se encuentran en el interior de la olla amasadora de hormigón.

Figura 15. Electroválvulas.



Fuente: (Autores)

Debido a que solamente existen equipos de apertura y cierre de paso del agua, la consola central no cuenta con la recepción de datos para que el operador encargado pueda visualizar mencionada información con datos en cuanto a la variable de control del agua, resultando un problema ya que los operadores tiene que controlar la cantidad de agua que ingresa a la mezcladora por tiempos de forma visual y lógicamente este método no es nada exacto, por lo tanto resulta imprescindible contar con un equipo que nos permita tener el control exacto de la cantidad de agua que ingresa a cada receta, ya que el exceso o la falta de agua cambia las propiedades del hormigón, teniendo pérdidas productivas.

Figura 16. Panel indicador de consola de control.



Fuente: (Autores)

Este sistema de control por tiempos presenta errores en la dosificación del agua, a continuación, se detallan los errores encontrados con este tipo de control por válvulas de

apertura y cierre, además se detalla el exceso de agua que existe en cada receta producida.

De acuerdo a datos proporcionados por la empresa, el sistema de agua funciona a un caudal de 7 m³/h.

Tabla 38. Tabla de errores sistema de agua

Tabla de Errores					
Producto	Cantidad de agua requerida (L)	Tiempo de ingreso de agua preestablecido (min)	Cantidad de agua que ingresa (L)	Tiempo requerido de ingreso de agua (min)	Exceso de Agua (L)
Durmientes	230	2,05 (2min 3seg)	239,16	1,97 (1min 58seg)	9,16
Losas	250	2,20 (2min 12seg)	256,66	2.14 (2min 8seg)	6,66
Paneles	210	2,00 (2min 0seg)	233,33	1.8 (1min 48seg)	23,33

Fuente: (Autores)

Como se puede evidenciar en la Tabla 38, la cantidad de agua que ingresa a cada receta es mayor a la requerida, de la misma forma el tiempo programado de apertura de válvulas para el ingreso de agua es mayor al requerido.

4.5 Solución del problema.

4.5.1 Análisis del equipo requerido. Ante la problemática antes expuesta, este trabajo presenta la solución al sistema mediante un instrumento automático que sea capaz de indicar con exactitud la cantidad de agua que ingresa a la mezcladora, a continuación, se presenta el análisis de acuerdo a parámetros básicos que debe cumplir el equipo para el control del suministro de agua para la receta del hormigón.

Tabla 39. Análisis del equipo requerido.

Parámetros técnico	Sistema	Equipo	Conclusión
Temperatura del agua	10-18°C	Hasta 100°C	✓
Calidad del agua	Potable	Líquidos limpios	✓
Presión del sistema	Max 10 bar(PN 10)	Hasta PN 16	✓
Diámetro de tubería	DN 25, DN 50	Hasta DN 65	✓

Fuente: (Autores)

Concluido el análisis, realizamos la adquisición de un sensor de caudal online para medición de caudal continua, de marca BURKERT, ya que este equipo cumple con todos los requisitos necesarios para el óptimo funcionamiento en el sistema.

4.5.2 Características del equipo adquirido. El sensor de caudal de rodets para medición en continuo está especialmente diseñado para su utilización con medios líquidos neutros, ligeramente agresivos y exentos de sólidos. El sensor está compuesto por un fitting compacto (S030) y un módulo electrónico (SE30) que se conectan de forma rápida y sencilla mediante un sistema de bayoneta. (BURKERT, 2016)

Este sensor nos permite una integración económica en los sistemas de tuberías sin necesidad de instalar tuberías adicionales, cuenta con una versión de pulsos de frecuencia de 3 conductores con interfaz directa con PLC (tanto PNP como NPN), además permite la conexión con dispositivos Bürkert en versiones remotas. (BURKERT, 2016)

Tabla 40. Datos generales del sensor de caudal.

Datos Generales	
Compatibilidad	Con todo tipo de fittings S030
Materiales	
Alojamiento, cubierta	PC
Conector de piezas en contacto con el líquido	PA, latón plateado
Fitting, carcasa del sensor	Latón, acero inoxidable 1.4404/316L, PVC, PP o PVDF
Rodete	PVDF
Eje y rodamientos	Cerámicos
Junta	FKM (EPDM opcional)
Conexiones eléctricas	Conector EN 175301-803
Cable de conexión	
Sección transversal	1,5 mm ² máx.
Longitud recomendada	máx. 50 m, blindado
Tensión de alimentación	
Versión pulsos	12-36 V CC
Versión pulsos “Low Power”	12-36 V CC (a través de un transmisor Bürkert)

Tabla 40. (Continuación)

Salida: frecuencia	
Versión pulsos	Transistor NPN/PNP, colector abierto, máx. 100 mA, frecuencia: 0-300 Hz; ½ ciclo de trabajo
Versión pulsos “Low Power”	Transistor NPN, colector abierto, máx. 10 mA, frecuencia: 0-300 Hz; ½ ciclo de trabajo

Fuente: <https://www.burkert.com/en/Media/plm/DTS/DS/DS8030-Standard-ES-ES.pdf>

Tabla 41. Datos técnicos del sensor de caudal.

DATOS DEL EQUIPO COMPLETO (fitting + módulo electrónico)	
Diámetro de tubería	DN 6 a 65
Intervalo de medición	0,3 m/s a 10 m/s
Temperatura máxima del medio.	50 °C (con fitting de PVC) 80 °C (con fitting de PP) 100 °C (con fitting de acero inoxidable, latón o PVDF)
Presión máxima del fluido	PN10 (con fitting de plástico) PN16 (con fitting de metal) (PN40 si lo solicita, véase ficha técnica de S030)
Viscosidad	300 cSt. máx.
Precisión	
Teach-In	≤±0,5% de F.E.* (a 10 m/s)
Factor K estándar	≤±(0,5% de F.E. + 2.5% de la lectura)
Linealidad	≤±0,5% de F.E.* (a 10 m/s)
Reproducibilidad	≤0,4% de la lectura

Fuente: <https://www.burkert.com/en/Media/plm/DTS/DS/DS8030-Standard-ES-ES.pdf>

4.5.3 *Diseño y principio de funcionamiento.* El sensor de caudal 8030 está formado por un módulo electrónico SE30 asociado a un fitting S030 con rodete de medición integrado. Estos elementos se conectan mediante un sistema de bayoneta. (BURKERT, 2016)

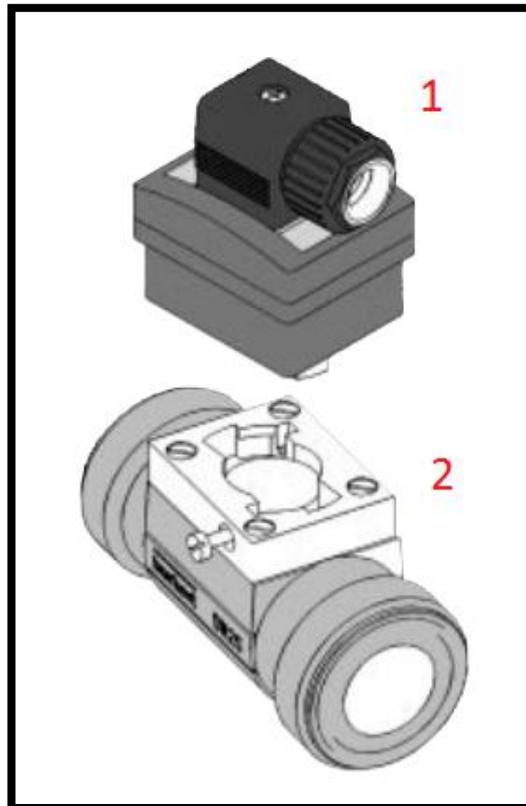
Al circular el líquido a través de la tubería, el rodete se pone en movimiento, produciendo una señal de medida en el transductor. La frecuencia y la amplitud son proporcionales al caudal. (BURKERT, 2016)

Está diseñado para su conexión con cualquier sistema con entrada de frecuencia PNP o NPN de colector abierto. (BURKERT, 2016)

4.5.4 *Partes.* Está compuesto por dos partes:

- Sensor de caudal INLINE 8030 (1)
- Fitting INLINE S030 (2)

Figura 17. Partes del sensor de caudal.

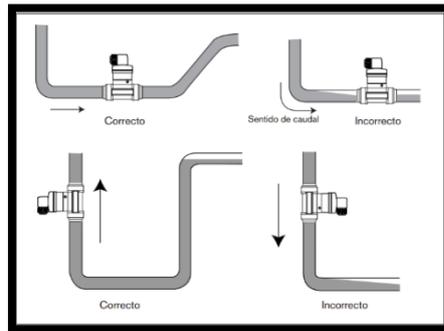


Fuente: <https://www.burkert.com/en/Media/plm/MAN/MA/MAS030-Standard-ES-ES.pdf?id=MAN00000000000000001000095105ESB>

4.6 Instalación.

Para la instalación el fabricante recomienda las posiciones de instalación para que la tubería esté llena de líquido y libre de aire, esto es de vital importancia ya que, si no instalamos el sensor de la forma indicada, este no funcionará correctamente y la medición será errónea.

Figura 18. Instalación correcta del sensor.



Fuente: <https://www.burkert.com/en/Media/plm/MAN/MA/MAS030-Standard-ES-ES.pdf?id=MAN0000000000000001000095105ESB>

4.6.1 Procedimiento. Para el montaje del sensor realizamos una planificación, la cual fue aprobada por el jefe de planta y a continuación realizamos los siguientes pasos:

- El primer paso para la instalación fue detener completamente el funcionamiento de la central de hormigonado, esto se lo realizó desde el panel de control.
- Luego se realizó la purga del sistema de agua para eliminar la presión y así poder realizar la instalación sin peligro.

Figura 19. Purga del sistema



Fuente: (Autores)

- Una vez purgado el sistema realizamos la instalación del sensor con la ayuda de varios operarios.

Figura 20. Sensor de caudal



Fuente: (Autores)

- Con la ayuda de herramientas varias, instalamos el sensor a la tubería de 2 pulgadas y colocamos el conector eléctrico(DIN)

Figura 21. Montaje del sensor de caudal



Fuente: (Autores)

- Luego de instalar el sensor, colocamos una manguera de 2 pulgadas a la salida del fitting del sensor y la sujetamos con una abrazadera, utilizamos manguera de alta presión debido a la curvatura que existe hacia la entrada de las duchas.

Figura 22. Conexión de manguera.



Fuente: (Autores)

Figura 23. Manguera de alta presión instalada



Fuente: (Autores)

- Ya instalado el sensor de caudal, conectamos el cable de conexión al amplificador de señal que está instalado en el tablero de conexiones eléctricas, lo que nos permite incrementar la señal de 100mA que envía el sensor a 1A que es la señal que requiere el panel de control.

Figura 24. Amplificador de señal.



Fuente: (Autores)

Figura 25. Tablero de conexiones eléctricas.

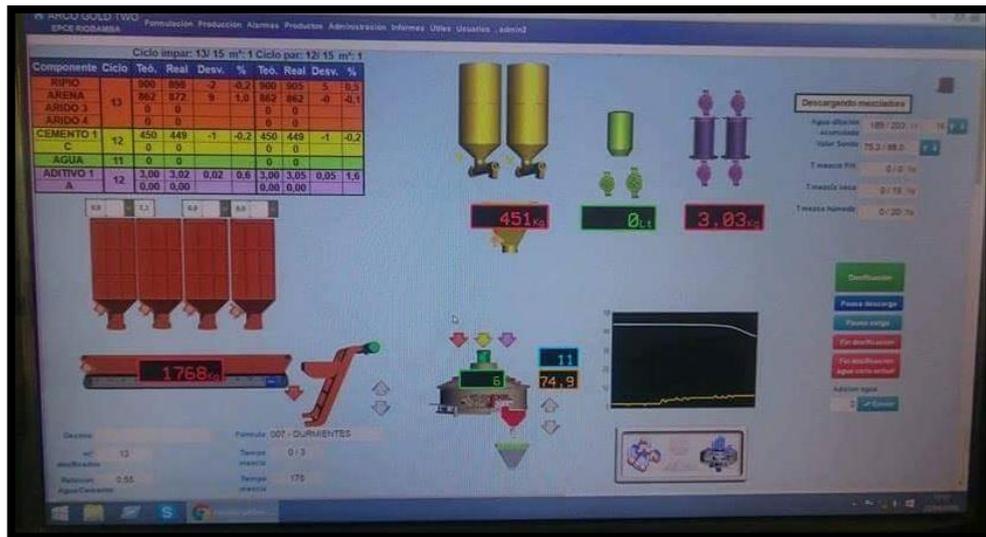


Fuente: (Autores)

4.7 Verificación del funcionamiento del sensor de caudal.

Con la señal amplificada conectamos el sensor al tablero de control y comprobamos que el equipo emite la señal y por lo tanto ya podemos controlar mediante el programa con el que trabaja el tablero el ingreso de la cantidad exacta de agua a cada receta.

Figura 26. Medidor de caudal en funcionamiento.



Fuente: (Autores)

Figura 28. Señal recolectada del sensor de caudal.



Fuente: (Autores)

CAPÍTULO V

5. PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

5.1 Planificación del mantenimiento

Tabla 42. Tabla de inspección del moto vibrador.

Equipo: Báscula de cemento	
Tarea: Inspección del moto vibrador	
Frecuencia: 3000 (h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento de la báscula de cemento • Limpiar el vibrador • Revisión de los accesorios de control • Revisar la corrosión de los anclajes del vibrador • Inspeccionar las borneras de conexión eléctrica en el vibrador • Revisar los anclajes y ajustes si es necesario • Determinación del correcto funcionamiento 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Hexagonal # 5 • Hexagonal # 8 • Destornillador plano 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • No se ha determinado ninguna observación 	

Fuente: (Autores)

Tabla 43. Inspección del moto vibrador.

Equipo: Tolva de descarga	
Tarea: Inspección del moto vibrador	
Frecuencia: 3000 (h)	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento de la tolva de descarga • Limpiar el vibrador • Revisión de los accesorios de control • Revisar la corrosión de los anclajes del vibrador • Inspeccionar las borneras de conexión eléctrica en el vibrador • Revisar los anclajes y ajustes si es necesario • Determinación del correcto funcionamiento del vibrador 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hexagonal # 5 • Hexagonal # 8 • Destornillador plano • Destornillador estrella • Llave mixta # ½ • Espátula 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Brocha 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se ha determinado ninguna observación 	

Fuente: (Autores)

Tabla 44. Inspección del moto vibrador.

Equipo: Salida de mezcladora	
Tarea: Inspección del moto vibrador	
Frecuencia: 3000 (h)	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento de salida de mezcla • Limpiar el vibrador • Revisión de los accesorios de control • Revisar la corrosión de los anclajes del vibrador • Inspeccionar las borneras de conexión eléctrica en el vibrador • Revisar los anclajes y ajustes si es necesario • Determinación del correcto funcionamiento del vibrador 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hexagonal # 5 • Hexagonal # 8 • Destornillador plano • Destornillador estrella • Llave mixta # ½ • Espátula • Cepillo 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Brocha 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se ha determinado ninguna observación 	

Fuente: (Autores)

Tabla 45. Inspección de la carcasa de la mezcladora.

Equipo: Mezcladora	
Tarea: Inspección de la carcasa de la mezcladora.	
Frecuencia: 1000 (h)	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Revisar fisuras • Revisión de los accesorios de control • Revisión de anclaje • Revisar la corrosión • Limpiar • Determinación del correcto funcionamiento de los equipos de la mezcladora 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Palanca de fuerza (40-200Nm) • Dado hexagonal #28 • Llave mixta # 11 • Llave hexagonal # 13 • Llave de boca 3/8 • Llave mixta ¾ • Destornillador plano • Espátula • Linterna • Cepillo 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha • Aceite penetrante multiusos rally 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos alguno 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe revisar el estado de la pintura anticorrosiva que recubre la carcasa para evitar la corrosión. 	

Fuentes: (Autores)

Tabla 46. Revisión del silo de cemento.

Equipo: Silo de cemento	
Tarea: Revisión del silo cemento	
Frecuencia: Mensual	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar fisuras en el silo • Revisión de los accesorios de control • Limpieza de filtros de aire • Revisión ajuste del anclaje y ajuste si es necesario • Limpieza de tubería principal de descarga de cemento • Revisar la corrosión • Limpieza 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Palanca de fuerza (40-200Nm) • Dado hexagonal #28 • Llave mixta ¾ • Destornillador plano • Brocha • Barreta 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Brocha • Franela 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipo alguno 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpiar las bases del silo de cemento para evitar la corrosión y un punto muy importante que es el anclaje del mismo. 	

Fuentes: (Autores)

Tabla 47. Inspección del motor del silo de cemento.

Equipo: Silo de cemento	
Tarea: Inspección del motor del silo de cemento	
Frecuencia: 10000 (h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Limpiar el motor reductor • Revisar fisuras en el reductor • Revisión de los accesorios de control • Revisar la corrosión • Inspeccionar las borneras de conexión eléctrica en el motor • Revisar las guardas, anclajes y ajustes si es necesario • Determinación del correcto funcionamiento del motor reductor del silo 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Palanca de fuerza (40-200Nm) • Dado hexagonal #28 • Llave mixta # 11/16 • Llave mixta #10 • Destornillador plano 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha • Franela • Aceite SAE 140 • Cinta aislante 	
Repuestos: Esta tarea no requiere repuestos	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Acusa grande 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • No sé a determinado observaciones 	

Fuente: (Autores)

Tabla 48. Cambio de rodamientos del motor principal de la mezcladora.

Equipo: Mezcladora	
Tarea: Cambio de rodamientos del motor principal de la mezcladora	
Frecuencia: 13000 (h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Destapar la carcasa • Retirar rodamientos antiguos • Limpiar el motor • Barnizar bobinados • Colocar rodamientos nuevos • Realizar pruebas de funcionamiento 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 11/16 • Hexagonal # 8 • Hexagonal # 5 • Destornillador plano • Destornillador estrella • Extractor de rodamientos (Santiago) • Alicata 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha • Franela • Barniz 	
Repuestos: Rodamientos SKF 6208-2RC1/C3	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Se debe utilizar los equipos adecuado para realizar el respectivo cambio de rodamiento y se debe limpiar bien el área de montaje ya que las impurezas deterioran rápidamente el rodamiento 	

Fuente: (Autores)

Tabla 49. Lubricación del motor principal de la mezcladora.

Equipo: Mezcladora	
Tarea: Lubricación del motor principal de la mezcladora	
Frecuencia: 6000 (h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Drenar el aceite antiguo • Poner el tapón correspondiente • Colocar el aceite nuevo hasta el nivel requerido • Encender el motor para controlar el nivel de aceite adecuado para el trabajo 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 11/16 • Hexagonal # 8 • Hexagonal # 5 • Destornillador plano • Destornillador estrella 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha • Franela • Pliego de lija • Aceite SAE 140 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Graseo 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <p>La lubricación en los equipos tiene como objetivo mantener las tolerancias y extender la vida útil de los mecanismos, los lubricantes cumplen con la función de la reducción de la fricción, disipación del calor y dispersión de los contaminantes.</p>	

Fuente: (Autores)

Tabla 50. Cambio del sello del tornillo sin fin.

Equipo: Tornillo sin fin	
Tarea: Cambio del sello del tornillo sin fin	
Frecuencia: 6000 (h)	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Desconectar el motor de la fuente de alimentación • Sacar la tapa del extremo del sin fin • Desmontar el motor reductor del sin fin • Sacar los sellos antiguos • Limpiar el área y colocar los sellos nuevos • Montar el motor reductor del sin fin • Colocar silicón o aislante en los pernos al momento del montaje del motor reductor • Colocar la tapa del extremo del sin fin • Realizar pruebas de funcionamiento 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 11/16 • Hexagonal # 8 • Hexagonal # 5 • Destornillador plano • Destornillador estrella 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • RTV silicone (ABRO) • Brocha • Franela 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sellos de lana 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda utilizar sellos de lana prensada 	

Fuente: (Autores)

Tabla 51. Lubricación del tornillo sin fin.

Equipo: Tornillo sin fin	
Tarea: Lubricación del tornillo sin fin	
Frecuencia: 6000 (h)	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del motor del tornillo sin fin • Con la llave sacamos los pernos que están en la parte superior de los tubos que contiene al sinfín • Lubricamos con aceite 10W40 tiene que ser viscoso • Colocamos los pernos y ajustamos a un mínimo torque 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llave de boca #7/8 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Franela • Brocha • Aceite SAE 90 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escusa pequeña 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El aceite SAE 90 tiene una excelente estabilidad térmica por lo que están diseñados para una protección anti desgaste que ayuda a prolongando su vida durante condiciones adversas de operación, dando una seguridad de duración en los engranes cónicos espiral, helicoidal y rectos. • Este lubricante tiene un alto grado de viscosidad (IV) y bajo punto de escurrimiento asegurando una firme película lubricante para la protección en un rango amplio de temperatura. 	

Fuente: (Autores)

Tabla 52. Revisión de la balanza dosificadora.

Equipo: Mezcladora	
Tarea: Revisión de la balanza dosificadora	
Frecuencia: Mensual	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar fisuras en la balanza • Revisión de los accesorios de control • Revisar la corrosión • Revisar los cuellos entre el sin fin y la balanza que no estén tapados ni mojados • Inspeccionar los ejes de la balanza • Determinación del correcto funcionamiento de los ejes de la balanza 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Palanca de fuerza (40Nm) • Dado hexagonal # 12 • Llave mixta # 12 • Llave mista ¾ • Llave mixta ½ • Alicates • Espátula • Linterna • Espátula 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha • Franela 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe tener limpio el cuello existente entre la balanza y el sin fin para no tener problemas en la dosificación 	

Fuente: (Autores)

Tabla 53. Lubricación de los ejes de la balanza de cemento.

Equipo: Mezcladora	
Tarea: Lubricación de los ejes de la balanza de cemento	
Frecuencia: Trimestral	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Limpiar con una brocha el polvo adherido • Limpiar utilizando el lubricante AB 80 para no dejar residuos de suciedad en la superficie de los ejes • Limpiar con WRENCH que es un aceite lubricante en espuma para mantener en un correcto funcionamiento la balanza sin dar valores erróneos 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Destornillador plano • Espátula • Juego de copas hexagonales • Linterna 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha • Removedor AB 80 • Lubricante WRENCH 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Limpiar la superficie superior de la balanza del material que cae al momento del llenado de los áridos • Lubricante Wrench este lubricante contiene aditivos anti desgaste y molibdeno sintético para mejorar el desempeño. 	

Fuente: (Autores)

Tabla 54. Cambio de cojinetes antifricción del tornillo sin fin.

Equipo: Tornillo sin fin	
Tarea: Cambio de cojinetes antifricción del tornillo sin fin	
Frecuencia: 14000h	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Retirar las tapas de las bases de revisión del silo • Retirar la tapa del extremo superior del silo • Aflorar los pernos que sujetan a las bases del tornillo sin fin • Limpiar y aplicar lubricantes AB80 para aflojar los estriados del sin fin • Cambiar las bases del sin fin, los estriados y las arandelas • Ajustar a un torque apropiado los pernos que sujetan las bases del sin fin • Colocar las tapas de las bases de revisión del silo y la tapa del extremo superior del sin fin • Realizar pruebas de funcionamiento 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los equipos de protección personal como mascarilla, guantes y gafas.
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Palanca de fuerza (40Nm) • Llave mixta # 11/16 • Dado hexagonal # 18 mm • Hexagonal # 6 mm • Barretón • Cierra • Destornillador plano 3/8 X 12" 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha • RTV silicone (ABRO) 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cojinetes antifricción 42726 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las arandelas deben ser cortas en forma vertical para montarlas en el sin fin 	

Fuente: (Autores)

Tabla 55.Cambio de rodamientos del motor del tornillo sin fin.

Equipo: Tornillo sin fin	
Tarea: Cambio de rodamientos del motor del tornillo sin fin	
Frecuencia: 13000(h)	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Desconectar el motor de la fuente de alimentación • Sacar la tapa del extremo superior del sin fin • Retirar rodamientos antiguos • Limpiar la tapa • Colocar rodamientos nuevos • Montar la tapa superior en el tornillo sin fin • Realizar pruebas de funcionamiento 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 11/16 • Extractor de rodamientos (Santiago) • Barreta • Destornillador Hexagonal # 5 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha • Franela • Lija # 200 • RTV silicone (ABRO) 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos SKF 6308-2SR1/C3 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar RTV como sello en las uniones y recubrir los pernos para evitar la corrosión • Limpiar el área de montaje 	

Fuente: (Autores)

Tabla 56. Inspección de la tolva dosificador de agregados.

Equipo: Banda transportadora y agregados	
Tarea: Inspección de la tolva dosificador de agregados	
Frecuencia: 1000(h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Revisar fisuras • Revisión de los accesorios de control • Revisión de anclaje • Revisar la corrosión • Limpiar • Determinación del correcto funcionamiento de los equipos de la dosificación de los sistemas 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Palanca de fuerza (40-200Nm) • Dado hexagonal # 28 • Llave mixta # ¾ • Llave de boca # 7/8 • Llave mixta # 10 • Destornillador plano • Destornillador estrella • Linterna 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Franela • Liquid wrench penetrating 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • No sé a determinado ninguna observación 	

Fuente: (Autores)

Tabla 57. Inspección del motor de la banda transportadora

Equipo: Banda transportadora y agregados	
Tarea: Inspección del motor de la banda transportadora	
Frecuencia: 1000(h)	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Limpiar el motor reductor • Revisar fisuras en el reductor • Revisión de los accesorios de control • Revisar la corrosión • Inspeccionar las bornas de conexión eléctrica en el motor • Revisar las guardas, anclajes y ajustes si es necesario • Determinación del correcto funcionamiento del motor reductor de la banda 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 11/16 • Hexagonal # 7 • Destornillador plano • Destornillador estrella 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha • Pliego de lija # 200 • Aceite SAE 140 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se a determinado ninguna observación 	

Fuente: (Autores)

Tabla 58. Cambio de rodamientos del motor de la banda transportadora.

Equipo: Banda transportadora y agregados	
Tarea: Cambio de rodamientos del motor de la banda transportadora	
Frecuencia: 1000(h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el funcionamiento del equipo • Retirar la banda de tracción • Destapar carcasa • Retirar rodamientos antiguos • Limpiar el motor • Barnizar bobinados • Colocar rodamientos nuevos • Colocar carcasa • Realizar pruebas de funcionamiento 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Palanca de fuerza (40-200Nm) • Dado hexagonal • Llave mixta # 28 • Llave mixta # 10 • Extractor de rodamientos (Santiago) • Destornillador plano • Destornillador estrella 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha • Franela 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos SKF 6304-2RS1/C3 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Evitar golpes en los rodamientos 	

Fuente: (Autores)

Tabla 59. Revisión y lubricación del moto reductor de la banda transportadora

Equipo: Banda transportadora y agregados	
Tarea: Revisión y lubricación del moto reductor de la banda transportadora	
Frecuencia: 6000(h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el funcionamiento del equipo • Sacar el tapón de drenaje del aceite • Drenar el aceite antiguo • Colocar el tapón correspondiente • Poner el aceite nuevo hasta el nivel requerido • Encender el motor para controlar el nivel de aceite para el trabajo 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 11/16 • Hexagonal # 8 • Destornillador plano • Destornillador estrella • Espátula 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Brocha • Franela • Aceite SAE140 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Aceite SAE 140 este lubricante es el resultado de combinación de un paquete de aditivos y de aceites básicos de alto grado de refinación, es utilizado para el mantenimiento de cualquier caja de velocidades y diferencial que requieran un aceite con propiedades extremas. 	

Fuente: (Autores)

Tabla 60. Lubricación de la banda transportadora.

Equipo: Banda transportadora y agregados	
Tarea: Lubricación de la banda transportadora	
Frecuencia: 750(h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Limpieza de los rodillos • Con un graseo lubricar los dos extremos del rodillo que tiene la regulación de la banda • En la parte fija existen dos chumaceras que tiene que ser lubricadas por el mismo método del graseo 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave de boca # 12 • Llave mixta # ¾ • Llave mixta # 11/16 • Destornillador plano 3/8 x 12" • Destornillador estrella • Linterna 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha • Franela • Aceite 10W40 • Liquid wrench (penetrating oil) • Aceite penetrante WD-40 • Escusa pequeña 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • No se han determinado ninguna observación 	

Fuente: (Autores)

Tabla 61. Revisión de banda transportadora y rodillos

Equipo: Banda transportadora y agregados	
Tarea: Revisión de banda transportadora y rodillos	
Frecuencia: Diaria.	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Este trabajo se lo debe realizar con la maquina detenida y luego en funcionamiento • Revisar fisuras en la banda transportadora. • Limpieza de los rodillos. • Revisión de anclaje y del rodillo • Revisión de anclaje de rodillos laterales • Calibración de rodillos (en caso de ser necesario) • Revisión de la corrosión en los rodillos. • Limpieza del área ocupada por la banda. 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 3/4 • Llave mixta # 14 • Llave de boca # 7/8 • Destornillador plano 3/8 x 12" 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Brocha • Franela 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos. 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar adecuadamente el estado de unión de la banda, revisar el parche. • La banda transportadora y rodillos conforman un sistema de transporte continuo que se mueve entre tambores por lo general la banda es arrastrada por la fricción de sus tambores. 	

Fuente: (Autores)

Tabla 62. Lubricación de rodillos de la banda transportadora

Equipo: Banda transportadora	
Tarea: Lubricación de rodillos de la banda transportadora.	
Frecuencia: 750 (h)	
Procedimiento de trabajo	Procedimiento de seguridad
<ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo. • Limpiar los rodillos. • Con un engrasador lubricar los dos extremos del rodillo que tiene la regulación de la banda. • Lubricar las chumaceras con el engrasador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas:	
<ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 3/4 • Llave mixta # 12 • Llave mixta # 11/16 • Destornillador plano 3/8 x 12" • Destornillador estrella • Espátula • Alicata • Cepillo de acero • Alicata 	
Materiales:	
<ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Brocha • Franela • Aceite 10W40 • Grasa MT 	
Repuestos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos. 	
Equipos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Engrasador 	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none"> • Evitar filtraciones de grasa hacia la superficie del rodillo porque esto generaría deslizamiento entre la banda y el rodillo 	

Fuente: (Autores)

Tabla 63. Cambio de rodillos y banda transportadora

Equipo: Banda transportadora y agregados	
Tarea: Cambio de rodillos y banda transportadora.	
Frecuencia: 25000 (h)	
Procedimiento de trabajo	Procedimiento de seguridad
<ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo. • Desajustar la banda transportadora. • Desmontar la banda y rodillos. • Colocar los nuevos rodillos y calibrar. • Montar la nueva banda transportadora. • Realizar pruebas de funcionamiento del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas:	
<ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 3/4 • Llave mixta # 14 • Llave mixta # 7/8 • Destornillador plano • Palanca de fuerza 40 Nm • Palanca de fuerza 40-200 Nm • Dado hexagonal # 28 • Espátula • Alicata 	
Materiales:	
<ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Brocha • Removedor AB 80 • Lubricante WRENCH 	
Repuestos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Rodillos • Banda transportadora 	
Equipos:	
<ul style="list-style-type: none"> • 2 tecles de 3 toneladas 	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none"> • Revisar la calibración de rodillos y la correcta unión de la banda transportadora. 	

Fuente: (Autores)

Tabla 64. Limpieza y revisión de celdas de pesaje de áridos.

Equipo: Banda transportadora y agregados	
Tarea: Limpieza y revisión de celdas de pesaje de áridos.	
Frecuencia: Mensual	
Procedimiento de trabajo	Procedimiento de seguridad
<ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo. • Limpiar las celdas de pesaje. • Revisar la existencia de desgaste, rotura o corrosión. • Limpiar y lubricar ejes de balanzas 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas:	
<ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 3/4 • Llave mixta # 1/2 • Llave mixta # 12 • Destornillador plano 3/8 x 12" • Espátula • Cincel • Martillo • Barreta 	
Materiales:	
<ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Brocha • Escoba • Lubricante WRENCH 	
Repuestos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos. 	
Equipos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Compresor. 	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none"> • Son celdas de carga diseñadas para soportar cargas de compresión, tensión y flexión por lo que su mantenimiento debe ser mensual. 	

Fuente: (Autores)

Tabla 65. Limpieza de guidores de tolvas y lubricación de compuertas de áridos.

Equipo: Banda transportadora y agregados	
Tarea: Limpieza de guidores de tolvas y lubricación de compuertas de áridos	
Frecuencia: Mensual	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo. • Abrir la compuerta de la tolva de áridos. • Limpiar cabezas de graseros y quitar residuos de áridos de las compuertas. • Limpiar con una barra los restos de material impregnado en los guidores. • Con un graseo lubricar las compuertas de áridos. • Realizar pruebas de funcionamiento. 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 3/4 • Llave mixta # 1/2 • Llave mixta # 10 • Destornillador plano 3/8 x 12" • Barreta • Pala cuadrada • Martillo • Espátula 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Escoba • Lubricante WRENCH (penetrating oil) 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puntas de graseros 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Engrasador neumático 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar desgaste, roturas o corrosión en los guidores 	

Fuente: (Autores)

Tabla 66. Revisión del sistema de suministro de agua.

Equipo: Sistema de agua	
Tarea: Revisión del sistema de suministro de agua	
Frecuencia: 1000 (h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Revisar accesorios de control • Revisar fugas. • Revisar corrosión • Revisar estado de anclaje • Limpiar equipos de control. 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave de tubo 14" • Llave de tubo 24" • Llave mixta # 10 • Destornillador plano • Destornillador estrella • Llave mixta 3/8 • Cepillo de acero 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Franela • Papel de lija 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • En caso de encontrar fugas corregirlas inmediatamente ya que el sistema pierde presión. • Se recomienda utilizar equipo de ultra sonido para determinar el espesor del tubo. • Revisar que no existan filtraciones por las válvulas • Revisar la pintura anticorrosiva de la tubería. 	

Fuente: (Autores)

Tabla 67. Inspección de la bomba de agua.

Equipo: Sistema de agua	
Tarea: Inspección de la bomba de agua	
Frecuencia: 3000 (h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Limpiar la bomba • Revisar fugas. • Revisar corrosión • Revisar estado de anclaje • Revisar conexiones eléctricas 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 10 • Llave mixta # 1/2 • Llave mixta # 5/16 • Destornillador plano • Destornillador estrella • Alicata 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Franela • Sellador de silicona 784 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • En caso de encontrar fugas corregirlas inmediatamente ya que el sistema pierde presión. • Sellador de silicón 784 está diseñado con tecnología de punta que proporciona una alta calidad además mantiene sus propiedades básicas a lo largo del tiempo, como la elasticidad y la adhesión, altamente resistente a la luz ultravioleta, temperaturas extremas lluvia y la aparición de hongos. 	

Fuente: (Autores)

Tabla 68. Cambio de sellos y álabes de la bomba de agua.

Equipo: Sistema de agua	
Tarea: Cambio de sellos y álabes de la bomba de agua	
Frecuencia: 8000 (h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Limpiar la bomba • Retira la cubierta • Extraer álabes del eje y sellos • Montar el nuevo sello y los álabes de ser necesario. • Rearmar la bomba • Revisar conexiones eléctricas • Realizar pruebas de control 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 10 • Llave mixta # 1/2 • Llave mixta # 5/16 • Llave de tubo 14" • Destornillador plano • Destornillador estrella • Alicata 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Franela • Teflón 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Sello mecánico • Álabes 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Comprobar que no existan fugas de agua en la bomba 	

Fuente: (Autores)

Tabla 69. Cambio de rodamientos del motor de la bomba.

Equipo: Sistema de agua	
Tarea: Cambio de rodamientos del motor de la bomba de agua	
Frecuencia: 13000 (h)	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Desacoplar la bomba del motor • Retira la cubierta • Extraer rodamientos. • Montar nuevos rodamientos • Rearmar el motor y bomba • Revisar conexiones eléctricas • Realizar pruebas de control 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 10 • Llave mixta # 1/2 • Llave mixta # 5/16 • Llave de tubo 14" • Destornillador plano • Destornillador estrella • Alicata • Espátula 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Franela • Teflón • Gasket maker RTV silicone • Sellador de silicona 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos SKF 6205-2RS1/C3 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprobar que no existan fugas de agua en la bomba, colocar silicona en la junta de los pernos para evitar corrosión 	

Fuente: (Autores)

Tabla 70. Revisión de tuberías de agua.

Equipo: Sistema de agua	
Tarea: Revisión de tuberías de agua	
Frecuencia: Trimestral	
Procedimiento de trabajo Con el equipo en funcionamiento <ul style="list-style-type: none"> • Revisar fugas en tuberías de succión y descarga • Revisar funcionamiento de equipos de control con el equipo detenido • Revisar filtros de agua • Revisar válvulas 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 10 • Llave mixta # 1/2 • Llave mixta # 5/16 • Llave de tubo 14" • Destornillador plano • Destornillador estrella 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Franela • Teflón • Sellador de silicona 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Revisar incrustaciones en los tubos y accesorios. • Las tuberías son conductos que cumplen con la función de transportar el agua u otros fluidos y se suele elaborar con materiales diversos 	

Fuente: (Autores)

Tabla 71. Limpieza del sistema de dispersión de agua.

Equipo: Sistema de agua	
Tarea: Limpieza del sistema de dispersión de agua	
Frecuencia: Semanal	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Desactivar el sistema de suministro de agua • Realizar la limpieza de las salidas de agua con la ayuda de un cepillo de acero • Retirar los restos de cemento adherido a la tubería del sistema de dispersión • Realizar pruebas de funcionamiento 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 10 • Cepillo de acero • Espátula • Destornillador plano • Destornillador estrella • Alicata 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Franela • Brocha • Escoba 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Evitar que los residuos del cepillo utilizado para la limpieza obstruyan los orificios de las duchas • Retirar el hormigón adherido a la tubería de las duchas 	

Fuente: (Autores)

Tabla 72. Revisión del compresor de pistón.

Equipo: Compresor de pistón	
Tarea: Revisión del compresor de pistón	
Frecuencia: 1000 (h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Desactivar el funcionamiento del sistema. • Limpiar el compresor • Revisar fisuras • Revisar fugas • Revisar corrosión 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 10 • Llave hexagonal # 6.0 mm • Destornillador plano • Destornillador estrella • Alicata • Espátula 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Brocha • Franela 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Se puede utilizar para esta tarea equipo de ultra sonido para encontrar fugas que pasan desapercibidas a simple vista • Revisar que no estén obstruidos las tomas de aire • Si es necesario purgar el compresor • Observar el estado de las mangueras 	

Fuente: (Autores)

Tabla 73. Cambio de rodamientos del motor del compresor de pistón.

Equipo: Compresor de pistón	
Tarea: Cambio de rodamientos del motor del compresor de pistón.	
Frecuencia: 13000 (h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Detener el funcionamiento del equipo • Retira la cubierta del motor • Extraer rodamientos. • Montar nuevos rodamientos • Limpiar bobinados • Rearmar el motor • Revisar conexiones eléctricas • Realizar pruebas de control 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 10 • Llave mixta # 9 • Llave mixta # 5/16 • Destornillador plano • Destornillador estrella • Alicata • Extractor de rodamientos 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Franela • Brocha • Aceite penetrante multiusos 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos SKF 6205-2RS1/C3 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Limpiar el área de montaje 	

Fuente: (Autores)

Tabla 74. Cambio de aceite del compresor de pistón.

Equipo: Compresor de pistón.	
Tarea: Cambio de aceite del compresor de pistón.	
Frecuencia: Trimestral	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Desactivar el funcionamiento del equipo. • Limpiar el compresor • Retirar el tapón del cárter • Drenar el aceite utilizado • Colocar el tapón • Introducir el nuevo aceite hasta el nivel indicado 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal (EPP).
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave hexagonal # 6.0 mm • Destornillador plano • Destornillador estrella • Espátula 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Aceite MAG 1 (10W30) 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Aceite MAG 1(10W30) es un avanzado aceite totalmente sintético diseñado para tener los motores funcionando como nuevos tienen características como la de protección contra el desgaste, limpieza y un buen rendimiento en general cumpliendo o excediendo las normas recientes de la industria, está fabricado a partir de una mezcla de dominio privado de aceites sintéticos de ultra alto desempeño fortificada con un sistema de componentes aditivos precisamente balanceado, ayuda a proporcionar niveles sin igual de rendimiento y protección al motor a la vez que cumple con las exigentes normas ILSAG GF-5. 	

Fuente: (Autores)

Tabla 75. Limpieza de filtros de aire del compresor.

Equipo: Compresor de pistón	
Tarea: Limpieza de filtros de aire del compresor de pistón.	
Frecuencia: Trimestral	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Desactivar el funcionamiento del equipo. • Limpiar el compresor • Retirar la tapa del filtro de aire • Con un soplete limpiar el filtro • Colocar el filtro nuevamente • Realizar prueba de funcionamiento 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal como mascarilla, guantes y gafas protectoras.
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave hexagonal # 6.0 mm • Destornillador estrella • Destornillador plano • Alicata • Espátula 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Guaipe • Franela • Brocha 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Compresor de aire 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda cambiar los filtros y tratar de utilizar los originales. • Se debe tener mucho cuidado con el ingreso de solidos grandes en el alojamiento del filtro • En el caso de que ingresen solidos a la cavidad del filtro retirar inmediatamente ya que puede provocar daños en el compresor • Fijarse que la tapa quede fijada correctamente 	

Fuente: (Autores)

Tabla 76. Inspección del tablero de control principal.

Equipo: Tablero de control principal	
Tarea: Inspección del tablero de control principal	
Frecuencia: 1000 (h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> • Desactivar el funcionamiento del equipo. • Limpiar el tablero de control • Revisar anclaje • Revisar botoneras • Revisar fusibles • Revisar el correcto funcionamiento del equipo 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal, utilizar gafas, mascarilla y guantes.
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 10 • Destornillador plano 1/8 x 5" • Destornillador estrella 1/8 x 5" • Pinzas • Alicates • Comprobador de fase • Destornillador de bornera 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Brocha • Franela • Esponja • Limpiador de contactos 3M • Cinta aislante 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Multímetro digital • Pinza amperimétrica 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> • No se ha determinado ninguna observación. 	

Fuente: (Autores)

Tabla 77. Limpieza del sistema eléctrico del tablero de control principal.

Equipo: Tablero de control principal	
Tarea: Limpieza del sistema eléctrico del tablero de control principal	
Frecuencia: Mensual	
Procedimiento de trabajo	Procedimiento de seguridad
<ul style="list-style-type: none"> • Desactivar el funcionamiento del equipo. • Limpiar el sistema eléctrico con la ayuda de un soplete a velocidad media • Revisar estado de cables eléctricos • Reajustar bornes • Revisar el correcto funcionamiento del equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal, utilizar gafas, mascarilla y guantes.
Herramientas:	
<ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 10 • Destornillador plano 1/8 x 5" • Destornillador estrella 1/8 x 5" • Pinzas • Alicates 	
Materiales:	
<ul style="list-style-type: none"> • Brocha • Franela • Cinta aislante • Guaípe • Aceite WD-40 	
Repuestos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Fusibles • Cables eléctricos 	
Equipos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Compresor de aire 	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none"> • La utilización del compresor tiende a aflojar cables, revisar el ajuste luego de la limpieza 	

Fuente: (Autores)

Tabla 78. Inspección eléctrica general.

Equipo: Central de hormigonado	
Tarea: Inspección eléctrica general	
Frecuencia: 5000 (h)	
<p>Procedimiento de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desactivar el funcionamiento de la central de hormigonado • Revisar acometidas de alimentación a la central de hormigonado • Comprobar las fases y los voltajes en las acometidas. • Reajustar conexiones eléctricas. • Aislar cables nuevamente de ser necesario. • Cambiar cables de ser necesario. • Limpiar borneras y regletas de conexión. • Realizar pruebas de funcionamiento. 	<p>Procedimiento de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal, utilizar gafas, mascarilla, guantes y zapatos de protección eléctrica.
<p>Herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 10 • Destornillador de borneras • Pinzas • Alicates • Comprobador de fase 	
<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brocha • Franela • Cinta aislante 	
<p>Repuestos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Borneras • Cable eléctrico 	
<p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multímetro digital • Pinza amperimétrica 	
<p>Observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se ha determinado ninguna observación. 	

Fuente: (Autores)

Tabla 79. Limpieza general.

Equipo: Central de hormigonado	
Tarea: Limpieza general	
Frecuencia: Semanal	
Procedimiento de trabajo	Procedimiento de seguridad
<ul style="list-style-type: none"> • Desactivar el funcionamiento de la central de hormigonado • Limpiar todas las áreas de la central de hormigonado, silo de cemento, mezcladora, básculas, etc. • Limpiar con mayor énfasis los tableros de control y mando. 	<ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere de un procedimiento de seguridad, pero se debe utilizar los equipos de protección personal, utilizar gafas, mascarilla, guantes.
Herramientas:	
<ul style="list-style-type: none"> • Llave mixta # 10 • Llave mixta # 12 • Destornillador plano 1/8 x 5" • Destornillador estrella 1/8 x 5" • Espátula • Pinzas • Martillo • Cepillo de acero 	
Materiales:	
<ul style="list-style-type: none"> • Brocha • Franela • Escoba • Detergente • Aceite WD-40 	
Repuestos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea no requiere equipos 	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none"> • No se ha determinado ninguna observación. 	

Fuente: (Autores)

Tabla 80. Análisis vibracional de equipos críticos

Equipo: Equipos críticos	
Tarea: Análisis vibracional de equipos críticos	
Frecuencia: 8760 (h)	
Procedimiento de trabajo <ul style="list-style-type: none"> Retirar protecciones para poder acceder a los equipos Con suma precaución colocar los acelerómetros magnéticos en las posiciones axiales y radiales, dependiendo del equipo. Recolectar la información con el equipo. Con mucho cuidado volver a colocar las protecciones de los equipos. 	Procedimiento de seguridad <ul style="list-style-type: none"> Uso de los EPP obligatorio No cruzar materiales ni repuestos por las partes giratorias
Herramientas: <ul style="list-style-type: none"> Juego de llaves inglesas Destornillador plano 1/8 x 5" Destornillador estrella 1/8 x 5" Juego de copas. Alicate Cepillo de acero 	
Materiales: <ul style="list-style-type: none"> Brocha Franela Desengrasante Aceite WD-40 	
Repuestos: <ul style="list-style-type: none"> Esta tarea no requiere repuestos 	
Equipos: <ul style="list-style-type: none"> Analizador de vibraciones Fluke 810 	
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> Esta tarea debe ser realizado únicamente por especialistas. Los acelerómetros deben colocarse con mucho cuidado y de manera adecuada en sus puntos de medición correspondientes 	

Fuente: (Autores)

5.2 Programación del mantenimiento

Tabla 81. Programación del mantenimiento año 2017

BANCO DE TAREAS	Fre. (h)	En	Fe	Ma	Ab	Ma	Jun	Jul	Ag	Se	Oc	No	Di
		Mezcladora											
Inspección del moto vibrador de la báscula de cemento	3000	3											
Inspección del moto vibrador de la tolva de descarga	3000	3											
Inspección del moto vibrador de la báscula de salida de mezcladora	3000	3											
Inspección de la carcasa de la mezcladora	1000	4							25				
Cambio de rodamientos del motor principal de la mezcladora	13000	4											
Lubricación del motor principal de la mezcladora	6000	5											
Silo de cemento													
Revisión del silo de cemento	Mens.	6	6	6	6	8	8	10	11	11	11	13	13
Inspección del motor del silo de cemento	10000	9											
Cambio de sello de tornillo sin fin	3000	10											
Lubricación del tornillo sin fin	6000	11											
Cambio de cojinetes antifricción del tornillo sin fin	14000	12											
Cambio de rodamientos del motor del tornillo sin fin	13000	16											
Banda transportadora y agregados													
Revisión de la balanza dosificadora	Mens.	18	20	20	20	22	22	24	24	25	25	27	27
Lubricación de los ejes de la balanza de cemento	Trim.	19			19			19			19		
Inspección de la tolva dosificadora de agregados	1000	23								13			
Inspección del motor de la banda transportadora	1000	24								14			
Cambio de rodamientos del motor de la banda transportadora	1000	26								18			

Revisión y lubricación del moto reductor de la banda transportadora	6000		1										
Lubricación de la banda transportadora	750		2					27					
Revisión de la banda transportadora y rodillos	Diar.	Día											
Lubricación de rodillos de la banda transportadora	750		6						3				
Cambio de rodillos y banda transportadora	25000		7										
Limpieza y revisión de celdas de pesaje de áridos	Mens.	13	13	13	13	15	15	17	17	18	18	20	20
Limpieza de guidores de tolvas y lubricación de la compuertas de los áridos	Mens.	17	17	17	17	17	19	19	21	21	23	23	26
Sistema de agua													
Revisión del sistema de suministro de agua	1000		9							30			
Inspección de la bomba de agua	3000		10										
Cambio de sellos y álabes de la bomba de agua	8000		13										
Cambio de rodamientos del motor de la bomba de agua	13000		15										
Revisión de tuberías de agua	Trim.		16			16			16			16	
Sistema neumático													
Limpieza del sistema de dispersión de agua	Sema.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Revisión del compresor de pistón	1000		17								10		
Cambio de rodamientos del motor del compresor de pistón	13000		20										
Cambio de aceite del compresor de pistón	Trim.		20			22			22			22	
Limpieza de filtros de aire del compresor de pistón	Trim.		20			22			22			22	
Sistema Eléctrico													
Inspección del tablero de control principal	1000		21								5		
Limpieza del sistema eléctrico del tablero de control principal	Mens.	27	27	27	27	29	29		1	1	2	2	4
Inspección eléctrica general	5000	30											
Todo el equipo													
Limpieza general	Sema.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Análisis vibracional de equipos críticos	8760	9											

Fuente: (Autores)

Nota: La central de hormigonado trabaja 6 horas diarias, 5 días a la semana

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones.

Se evaluó los equipos y sistemas que componen la central de hormigonado mediante aspectos selectivos y parámetros directivos tales como: intercambiabilidad, importancia productiva, régimen de operación, nivel de utilización, precisión, mantenibilidad, conservabilidad, automatización, valor de la máquina, facilidad de aprovisionamiento y seguridad operacional.

Se categorizó cada equipo de la central de hormigonado en tres categorías, A (crítico), B (Semi crítico), y C (No crítico).

Se evaluó el sistema de inyección de agua que se encontraba instalado en la central de hormigonado.

Se rediseñó el sistema de inyección de agua de la central de hormigonado mediante la instalación de un sensor de caudal online BURKET, que permite controlar la cantidad exacta de caudal que ingresa a la mezcladora.

Se elaboró un plan de mantenimiento para la central de hormigonado de la Planta Prefabricados de la Empresa Pública Cementera del Ecuador, para que los operadores puedan ejecutar las tareas de mantenimiento de forma apropiada y segura.

Se determinó que la mayoría de los equipos que componen la central de hormigonado son críticos, debido a que es un proceso en serie.

Se realizaron las pruebas de funcionamiento del sistema de inyección de agua con el sensor de caudal instalado, logrando obtener la señal de medición del caudal exacto que ingresa a la mezcladora.

Se logró controlar la cantidad exacta de agua que necesita cada receta, aumentando así la eficiencia del sistema, reducción de costos y tiempos de producción.

6.2 Recomendaciones.

Los operadores deben cumplir con los procedimientos detallados en cada una de las tareas programadas.

Para una mejor gestión del mantenimiento el personal encargado debe cumplir con la planificación del mantenimiento.

Proporcionar los equipos adecuados de protección personal dependiendo de la tarea de mantenimiento a realizarse.

Capacitar al personal de mantenimiento sobre el uso y mantenimiento del nuevo equipo implementado en el sistema de inyección de agua para optimizar su funcionamiento y conservabilidad.

Los equipos críticos deben tener un análisis vibracional de acuerdo a lo establecido en la planificación del mantenimiento y en base al cual se deberá programar las paradas de mantenimiento y ajustar las frecuencias del banco de tareas.

BIBLIOGRAFÍA

ACUÑA CEPEDA, Josue Renato. *Automatización de un sistema de riego por goteo para diez naves de invernadero en la plantación Merizalde & Ramírez controlado a través de un HMI.* [En línea](tesis).(Ingeniería). ESPE, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Carrera de Ingeniería en Electromecánica. 2015. pp 19. [Consulta:10 marzo 2016]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10193>.

AILLÓN MAROTO, Edisón Gonzalo; & CASTRO MINIGUANO, Christian Byron. *Elaboración e implementación de un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada y vehículos livianos del GADM de Pelileo.* [En línea](tesis).(Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica. 2016. pp 15-20 [Consulta:11 enero 2016]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23311>

ALADON LTD. *RCM2 – Reliability-Centered Maintenance* [en línea]. 1991. [Consulta:12 enero 2016]. Disponible en:

<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/tipos.asp>

ARIAS ULLOA, Cristian Arturo. *Diseño de un Programa de Mantenimiento Preventivo para una Industria Productora de Hormigón Premezclado.* [En línea](tesis).(Ingeniería). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. 2004. pp 4-10. [Consulta:15 enero 2016]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/14686>.

BOULART RODRÍGUEZ, Luís. *Organización y Planificación del Mantenimiento.* La Habana - Cuba: Pueblo y Educación , 1989. pp 24-26

BURKERT. *Sensor de caudal INLINE para medición de caudal en continuo.* [En línea]. 2016. [Consulta:15 abril 2016]. Disponible en:

<https://www.burkert.com/en/Media/plm/DTS/DS/DS8030-Standard-ES-ES.pdf>.

EPCE. *Plan estratégico 2014-2017.*[En línea]. 2016. pp 7. [Consulta: 21 abril 2016]. Disponible en:

http://www.cemento.gob.ec/pdf.php?file=transparencia%2F2014%2Fplan_estrategico

NTE INEN 2617:2012. *Hormigón de cemento hidráulico. Agua para mezcla. Requisitos.* [En línea]. 2012. [Consulta: 21 mayo 2016] Disponible en:

<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2617.2012.pdf>.

LORENZO, E; et al. *Bombas.* [En línea]. 2009. pp 8.1. [Consulta: 8 abril 2016]. Disponible en:

https://www.fing.edu.uy/imfia/imfiaweb/sites/default/files/Teo8_09_b.pdf.

MOROCHO AMAGUAYA, Manuel. *Texto de Administración del Mantenimiento.* Riobamba - Ecuador, 2006. pp 64-73

MOTT, Robert L. *Mecánica de Fluidos.* Sexta edición. México DF - México: Pearson Educación, 2006. pp 154, 474

NAVARRETE PÉREZ, Enrique. *Mantenimiento Industrial.* Tomo 2. La Habana - Cuba: Pueblo y Educación , 1989.

PILCO NUÑEZ, Alex. *Medición de flujo.*[En línea]. 2009. pp 2-3. [Consulta: 7 junio 2016]. Disponible en: <http://documents.mx/documents/capitulo-4-medicion-del-flujo.html>.

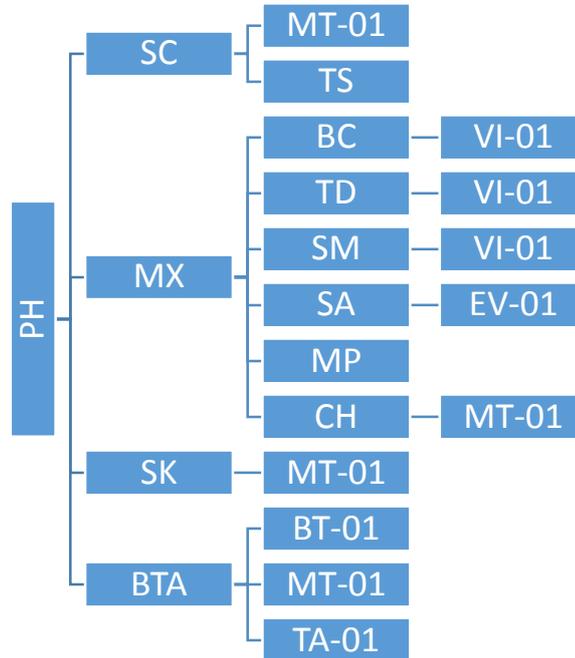
ROMERO, León. *Caudalímetros de turbina.*[En línea]. 2016. [Consulta: 5 marzo 2016]. Disponible en: <http://www.g-flow.com/caudalimetros-turbina>

ROSAS, Lourdes; & GONZÁLEZ, Mahuli. *Flujo de fluidos en fase líquida:tubos, válvulas y accesorios.* [En línea]. 2016.[Consulta: 17 marzo 2016] Disponible en: <http://documents.tips/documents/tema-tubos-tuberias-y-accesorios-56c2b1cac90af.html>.

ZAMORA, C; & FEITO, R. *El Mantenimiento Fabril su Planificación y Organización.* La Habana - Cuba: Editorial Científico-Técnica, 1984.

ANEXOS

Anexo A. Codificación de equipos de la Central de Hormigonado



Anexo B. Significado de codificación

CÓDIGO	SIGNIFICADO
PH	Premezclado de Hormigón
SC	Silo de Cemento
MX	Mezcladora
SK	Skip
BTA	Banda transportadora y agregados
MT	Motor eléctrico
TS	Tornillo Sin fin
BC	Báscula de Cemento
TD	Tolva de Descarga
SM	Salida de Mezcladora
SA	Sistema de Agua
MP	Motor eléctrico Principal
CH	Centralina Hidráulica
MT	Motor
BT	Banda Transportadora
TA	Tolva dosificadora de agregados
VI	Moto vibrador
EV	Electro Válvula
01	Número de máquina

